

*10 - я Международная научно-
техническая конференция*

**ФИЗИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮ-
ТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

*28 – 30 сентября
2004 г*

г. Харьков

Харьковская научно-производственная корпорация "ФЭД"
Харьковский национальный экономический университет
Одесский национальный политехнический университет
ОАО Завод "Потенциал"
ЗАО Завод "Южкабель"
ОАО ХМЗ "Свет шахтера"

Одесское отделение Инженерной Академии Украины
Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт"
Ассоциация технологов-машиностроителей Украины
Институт сверхтвердых материалов НАН Украины
Институт проблем машиностроения НАН Украины
Институт машин и систем НАН Украины

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»
Харьковский национальный технический университет радиоэлектроники
Харьковский государственный технический университет сельского хозяйства
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
Харьковская государственная академия железнодорожного транспорта

Донецкий национальный технический университет
Сумской государственный университет
Национальная Металлургическая Академия Украины
Севастопольский национальный технический университет
Луцкий государственный технический университет
Херсонский государственный технический университет
Тульский государственный университет

Курский государственный технический университет
Ульяновский государственный технический университет
Саратовский государственный технический университет
Пермский государственный технический университет
ГП "Завод им. Малышева"

АО "Мотор - Січ"
ХГ Авиационное производственное предприятие
ХГ Приборостроительный завод им. Шевченко
Харьковское агрегатное конструкторское бюро
НТК "Эльбор-4"
Гомельское ПО "Кристалл"

Жешувский технологический университет, Польша
Кафедра UNESCO "Интеллектуальное моделирование и адаптация нетрадиционных технологий к
проблемам перспективного обучения и общественного прогресса"

ТРУДЫ 10-Й МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО- ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

"ФИЗИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ"

**INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND
TECHNICAL CONFERENCE**

Харьков 2004

УДК 62-65: 621.382.82

Физические и компьютерные технологии.

Труды 10-й Международной научно-технической конференции, 28-30 сентября 2004г. – Харьков: ХНПК «ФЭД», 2004. – 288 с.

Представлены труды, в которых рассмотрены проблемы технологии машиностроения и обработки материалов; прогрессивные технологии, оборудование, инструменты и технологические системы; проблемы динамики и прочности машин, математики, механики, физики и экономики; проблемы создания и применения компьютерных технологий.

Для специалистов в области машиностроения, научно-технических работников и студентов.

КООРДИНАЦИОННЫЙ СОВЕТ ПО ПРОВЕДЕНИЮ КОНФЕРЕНЦИИ:

Сопредседатели:

Якимов А.В., д.т.н.	(Одесса)	Коломиец В.В., д.т.н.	(Харьков)
Новиков Ф.В., д.т.н.	(Харьков)	Крюк А.Г., к.т.н.	(Харьков)
Фадеев В.А., к.т.н.	(Харьков)	Ларшин В.П., д.т.н.	(Одесса)
Кривошапка Ю.Н., к.э.н.	(Харьков)	Малыхин В.В., к.т.н.	(Курск)
Ткаченко В.П., к.т.н.	(Харьков)	Мовшович А.Я., д.т.н.	(Харьков)
Члены совета:		Морачковский О.К., д.т.н.	(Харьков)
Гринева В.Н., д.э.н.	(Харьков)	Невлюдов И.Ш., д.т.н.	(Харьков)
Дудко П.Д., к.т.н.	(Харьков)	Новиков Г.В., к.т.н.	(Харьков)
Кленов О.С.	(Харьков)	Шепелев А.А., д.т.н.	(Киев)
Ковальчук А.Н.	(Харьков)	Ямников А.С., д.т.н.	(Тула)

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ:

Александров Е.Е., д.т.н.	(Харьков)	Матюха П.Г., д.т.н.	(Донецк)
Воробьев Ю.С., д.т.н.	(Харьков)	Настасенко В.А., к.т.н.	(Херсон)
Гапонов В.С., д.т.н.	(Харьков)	Новоселов Ю.К., д.т.н.	(Севастополь)
Золотарев В.М., к.т.н.	(Харьков)	Новиков С.Г., к.т.н.	(Курск)
Дьяченко С.С., д.т.н.	(Харьков)	Осипов В.А., к.т.н.	(Сумы)
Дитиненко С. А.	(Харьков)	Проволоцкий А.Е., д.т.н.	(Днепропетровск)
Жолткевич Г.Н., д.т.н.	(Харьков)	Савченко Н.Ф., к.т.н.	(Харьков)
Карпушенко В.П., к.э.н.	(Харьков)	Скобло Т.С., д.т.н.	(Харьков)
Клименко С.А., д.т.н.	(Киев)	Сизый Ю.А., д.т.н.	(Харьков)
Королев А.В., д.т.н.	(Саратов)	Тернюк Н.Э., д.т.н.	(Харьков)
Колодяжный А.В., к.т.н.	(Харьков)	Тимощеева Л.А., д.т.н.	(Харьков)
Кохановский В. И., к.т.н.	(Харьков)	Усов А.В., д.т.н.	(Одесса)
Лавриненко В.И., д.т.н.	(Киев)	Худобин Л.В., д.т.н.	(Ульяновск)
Линчевский П.А., д.т.н.	(Одесса)	Шкурупий В.Г.	(Харьков)

Труды воспроизводятся непосредственно с авторских оригиналов.

1. НАУЧНЫЕ КОНЦЕПЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ, МЕХАНИЧЕСКОЙ И ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

УДК 621.923

КИНЕМАТИКА ФОРМИРОВАНИЯ СРЕЗАЕМОГО СЛОЯ ПРИ ЛЕЗВИЙНОЙ И АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ

**Новиков Ф.В., докт. техн. наук, Якимов А.В., докт. техн. наук,
Новиков Г.В., канд. техн. наук, Якимов А.А., канд. техн. наук**
(г. Харьков, г. Одесса, Украина)

Kinematics of formation of a sheared off layer at machining by a cutting tool and an abrasive machining

Резание материалов в силу высокой эффективности и простоты реализации является основным способом формирования поверхностей деталей машин. В отличие от физико-технических способов обработки, он не требует применения дополнительных источников энергии. Для его осуществления достаточно обеспечить превосходство физико-механических свойств инструментального материала над обрабатываемым материалом. Чем значительнее это превосходство, тем выше показатели обработки.

По сути, вся история развития процессов резания связана главным образом с созданием и применением новых инструментальных материалов, обладающих более высокой твердостью, прочностью, теплопроводностью, красностойкостью и другими важными свойствами. Переход от обычных инструментальных сталей к быстрорежущим сталям, твердым сплавам и минералокерамическим материалам, а затем к синтетическим сверхтвердым материалам позволил в десятки и сотни раз повысить производительность обработки и стойкость режущих инструментов, существенно улучшить качество и точность обработки.

Высокие физико-механические свойства инструментальных материалов являются необходимым, но недостаточным условием эффективной обработки. Для того чтобы в максимальной степени использовать потенциальные возможности инструментальных материалов, необходимо знать оптимальные условия их применения: геометрические параметры режущих инструментов, режимы резания и т.д., т.е. располагать глубокими знаниями о закономерностях процесса резания.

В настоящее время сформировалась достаточно полное научное представление о физической сущности процесса резания. Усилиями многих ученых разработана теория резания материалов, основанная в основном на результатах экспериментальных исследований. Вместе с тем, практика обработки материалов резанием непрерывно ставит все новые и новые задачи, решение которых с применением лишь эмпирических подходов затруднено. Процесс резания – чрезвычайно сложный процесс и для его изучения необходимо применение более общих теоретических (аналитических) подходов. Тем более, что процесс резания – это механический процесс, а механика, как известно, наиболее математически формализована из всех естественных наук. Из этого вытекает, что дальнейшее развитие процессов резания материалов немислимо без широкого применения фундаментальных решений механики, теплофизики и других наук, компьютерной техники и современного математического аппарата.

Цель настоящей работы – раскрыть с единых физико-математических позиций закономерности кинематики формирования срезаемого слоя при резании лезвийными и абразивными инструментами.

Рассмотрим наиболее простой в кинематическом отношении вид обработки – строгание. Предположим, необходимо обработать плоскость, удаляя слой припуска толщиной H . Самый простой способ – это применение инструмента с широкой рабочей частью, позволяющего охватить по ширине весь припуск и удалить его за одно прямолинейное движение инструмента. Однако на практике он применение не получил в связи с возникновением очень больших сил резания и проблематичностью создания высокомоощных станков и высокопрочных инструментов. Развитие получили способы обработки, основанные на использовании инструментов с небольшой шириной рабочей части. Съем припуска может осуществляться нижней (а) и боковой (б) гранями рабочей части инструмента с толщиной a и шириной b среза, как показано на рис. 1.

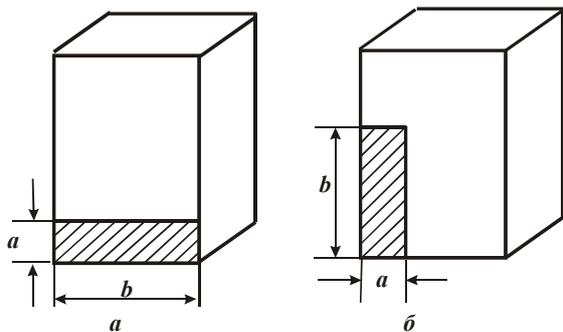


Рис. 1. Возможные формы среза.

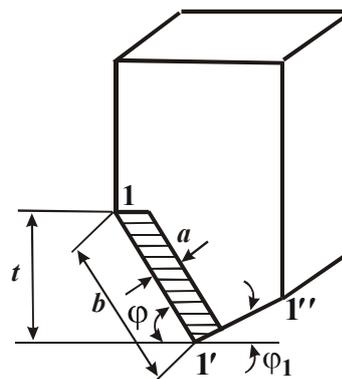


Рис. 2. Форма режущей части инструмента и форма среза.

В первом случае припуск величиной Π снимается за Π/a продольных ходов инструмента. Во втором случае – за один ход инструмента с шириной среза b , равной (как правило) толщине снимаемого припуска Π . Очевидно, второй способ обработки более производителен, т.к. уменьшает количество проходов и соответственно вспомогательное время, затрачиваемое на реверсирование станка.

С целью снижения интенсивности нагрузок, действующих на инструмент (резец), предложено его рабочую часть видоизменить, режущее лезвие $1-1'$ расположить под углом $\varphi < 90^\circ$ (рис.2), который получил название – главный угол резца в плане. Тогда толщина a и ширина b среза определятся

$$a = S \cdot \sin \varphi, \quad (1)$$

$$b = \frac{t}{\sin \varphi}, \quad (2)$$

где S - продольная подача, м; t - глубина резания (может быть меньше или равна величине снимаемого припуска Π), м.

С уменьшением угла φ толщина среза a уменьшается, а ширина среза b - увеличивается. Их произведение $a \cdot b = S \cdot t$, определяющее площадь поперечного сечения среза, не зависит от угла φ , а равно произведению подачи S на

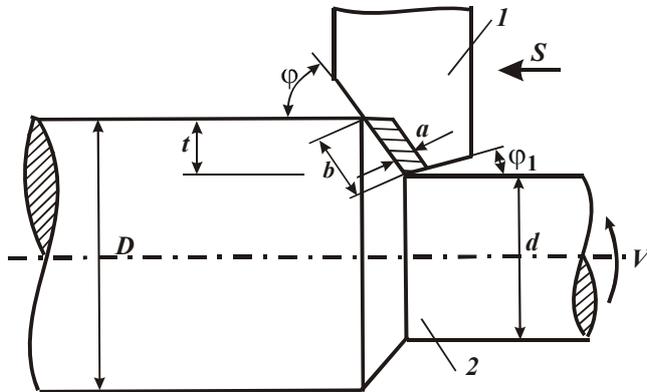


Рис. 3. Расчетная схема продольного точения: 1 – резец; 2 – заготовка.

глубину резания t . Отсюда следует, что создание наклона режущего лезвия (под углом $\varphi < 90^\circ$) позволяет за счет уменьшения толщины среза a уменьшить удельную нагрузку, приходящуюся на единицу ширины среза, и тем самым повысить износостойкость инструмента.

На практике (при строгании, точении и других видах обработки) применяются три формы сечения срезаемого слоя:

- 1) $b < a$ (срезаемый слой – прямой),
- 2) $b = a$ (срезаемый слой – равнобокий),
- 3) $b > a$ (срезаемый слой – обратный).

Однако, случаи 2 и 3 встречаются редко.

Срезаемый слой при продольном точении резцом схематично показан на рис. 3. Толщина a и ширина b среза определяются зависимостями (1) и (2). Глубина резания равна $t = \frac{D-d}{2}$, где D - диаметр обрабатываемой поверхности; d - диаметр обработанной поверхности.

Рассмотрим формирование срезаемого слоя при резании многолезвийными инструментами – цилиндрической и торцевой фрезами. На рис.4 показаны два положения наружной поверхности цилиндрической фрезы, соответствующие времени прохождения точек A_1 и A_2 двумя соседними зубьями фрезы. Заштрихованным показан срезаемый слой. Как видим, толщина срезаемого слоя переменна, изменяется от нуля до максимального значения

$$a_{max} = A_2 A_3 = A_1 A_2 \cdot \cos \alpha. \quad (3)$$

Отрезок $A_1 A_2$ равен длине пути $h = S \cdot \tau$, пройденной фрезой, где S - подача, м/с; $\tau = l/V$ - время, с; l - расстояние между двумя соседними зубьями фрезы, м; V - скорость резания, м/с. Для определения $\cos \alpha$ воспользуемся тригонометрическим условием: $R - t = R \cdot \sin \alpha$, где R - радиус фрезы, м. Тогда $\sin \alpha = 1 - t/R$; $\cos \alpha = \sqrt{2t/R}$. Окончательно максимальная толщина среза a_{max} выразится

$$a_{max} = \frac{2l \cdot S}{V} \cdot \sqrt{\frac{t}{D_\phi}}, \quad (4)$$

где $D_\phi = 2R$ - диаметр фрезы, м.

Уменьшить a_{max} можно уменьшением параметров l, S, t и увеличением V, D_ϕ . Исходя из зависимости (3), наибольшее значение a_{max} достигается при $\alpha = 0 \rightarrow a_{max} = A_1 A_2$. Приведенное условие выполняется, как правило, при резании торцевой фрезой, когда ширина фрезерования

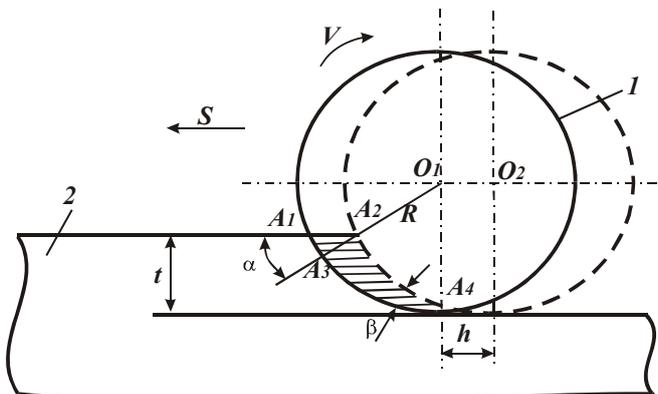


Рис. 4. Расчетная схема цилиндрического фрезерования: 1 – фреза; 2 – обрабатываемый материал.

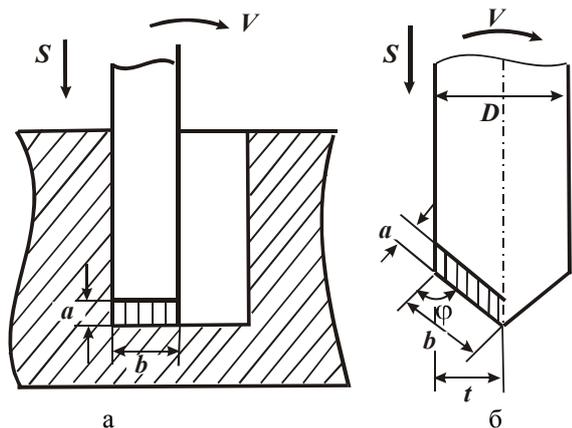


Рис. 5. Расчетная схема сверления.

ширина среза - $b = D/2 \sin \varphi$, глубина резания - $t = D/2$, где D - диаметр сверла, м; S - подача, м. При рассверливании отверстия диаметром d глубина резания равна $t = (D - d)/2$.

При сверлении инструментом с двумя лезвиями толщина среза a будет в два раза меньше, т.е. $a = (S \cdot \sin \varphi) / 2$.

Приведенная выше форма режущей части сверла (рис. 5,б) используется и в других конструкциях осевых

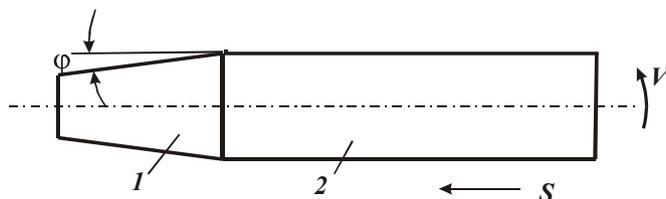


Рис. 6. Принципиальная схема конструкции осевого многолезвийного инструмента для обработки отверстия: 1 – заборная часть; 2 – калибрующая часть.

Для того чтобы добиться более высокого качества и точности обработки, в конструкции инструмента после заборной части располагают калибрующую часть, характеризующуюся тем, что угол в плане φ равен 90° .

Приведенные расчетные схемы цилиндрического и торцевого фрезерования могут быть использованы для анализа плоского шлифования периферией и торцом круга. В этом случае зависимости (4) и (5) останутся прежними с тем лишь отличием, что в качестве параметра l следует рассматривать среднее расстояние между условными режущими зубьями, образованными большим количеством режущих зерен, расположенных на рабочей поверхности круга.

Предположим, условный режущий зуб образован n зёрнами, расположенными на периферии круга. Всего на рабочей поверхности круга находится n_0 режущих зерен: $n_0 = k \cdot B \cdot \pi \cdot D_{кр}$, где k - поверхностная концентрация зерен круга, шт/м²; B - ширина круга, м; $D_{кр}$ - диаметр круга,

м. Тогда количество условных режущих зубьев будет равно $z = n_0 / n$. Соответственно среднее расстояние между условными режущими зубьями определится $l = n / (k \cdot B)$. Зависимость (4) с учетом $S = V_{дет}$, $V = V_{кр}$ примет вид

$$a_{max} = \frac{2n}{k \cdot B} \cdot \frac{V_{дет}}{V_{кр}} \cdot \sqrt{\frac{t}{D_{кр}}}, \tag{6}$$

где $V_{дет}$ - скорость детали, м/с; $V_{кр}$ - скорость круга, м/с.

При круглом наружном и внутреннем шлифовании, а также при фрезеровании цилиндрической поверхности цилиндрической фрезой, параметр a_{max} будет определяться зависимостью (3), в которой следует принять (рис.7)

$$\cos \alpha = \sqrt{2t \left(\frac{1}{R_{кр}} + \frac{1}{R_{дет}} \right)}, \tag{7}$$

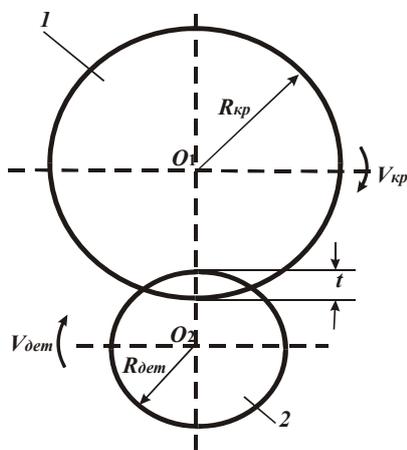


Рис. 7. Расчетная схема круглого наружного шлифования: 1 – круг; 2 – заготовка.

где $R_{кр}, R_{дет}$ - соответственно радиусы круга и обрабатываемой детали, м.

При фрезеровании вместо радиуса круга $R_{кр}$ необходимо рассматривать радиус фрезы $R_{ф}$.

К числу важнейших кинематических параметров фрезерования и шлифования следует отнести длину дуги контакта инструмента с обрабатываемым материалом $L = A_1 A_4$ и угол β (рис.4), определяющий характер изменения толщины среза вдоль дуги контакта инструмента с обрабатываемым материалом. Приблизительно параметр L может быть рассчитан исходя из следующего соотношения:

$$L = \sqrt{D_{ф} \cdot t}. \quad (8)$$

Соответственно угол β определится с учетом зависимостей (8) и (4)

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{a_{max}}{L} = \frac{2l \cdot S}{V \cdot D_{ф}}. \quad (9)$$

Кинематическое условие резания. Для нормального протекания процесса резания, позволяющего реализовать заданную траекторию взаимного движения инструмента и заготовки, необходимо заднюю поверхность инструмента расположить под некоторым углом $\alpha > 0$ (рис.8) по отношению к обрабатываемой поверхности. Угол α принято называть задним углом инструмента. Например, при резании по траектории $B_1 B_2$ (как показано на рис.9) угол α , равный углу наклона траектории резания, определится из геометрического соотношения

$$\operatorname{tg} \alpha \geq \frac{l_0}{l}. \quad (10)$$

При сверлении инструментом с одним лезвием (рис.10) справедливы следующие соотношения:

$$l_0 = S \cdot \tau, \quad l = \pi \cdot D,$$

где S - подача; $\tau = \pi \cdot D / V$ - время одного вращения сверла; D - диаметр сверла; V - скорость резания. Тогда

$$\operatorname{tg} \alpha \geq \frac{S}{V}, \quad (11)$$

т.е. угол α тем больше, чем больше подача S и меньше скорость резания V .

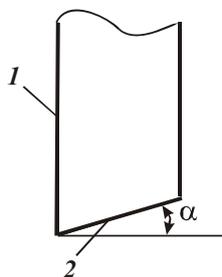


Рис. 8. Форма режущей части резца: 1 – передняя поверхность; 2 – задняя поверхность.

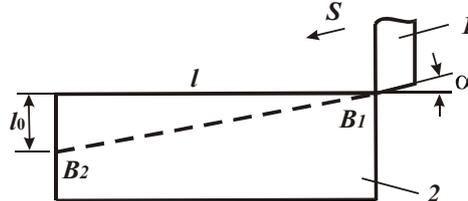


Рис. 9. Расчетная схема угла α : 1 – резец; 2 – заготовка.

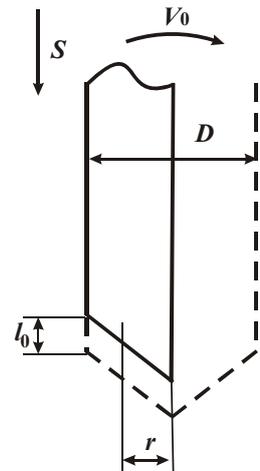


Рис. 10. Расчетная схема угла α при сверлении.

Как известно, скорость резания при сверлении - переменная величина и зависит от текущего радиуса сверла r , рис.11,а.

Наибольшая скорость резания $V = V_0$ достигается при $r = R$, где R - радиус сверла (рис.10), а наименьшая $V = 0$ - при $r = 0$. Исходя из этого, функция $\operatorname{tg} \alpha$ и угол α будут изменяться по законам, показанным на рис.11, б, в. При $r = 0$ угол $\alpha = 90^\circ$. Реализовать это условие затруднено, что с кинематической точки зрения делает процесс резания при сверлении практически неосуществимым. В связи с этим для нормального протекания процесса сверления необходимы новые решения, охватывающие зону резания, близкую к вершине сверла $\alpha \rightarrow 0$.

Произведем расчет заднего угла α для режущего зуба цилиндрической фрезы, рис.12. Чтобы исключить контакт задней поверхности зуба фрезы с обрабатываемым материалом, необходимо обеспечить внедрение металла в рабочую поверхность фрезы (очерченную окружностью диаметром $2R$) на глубину a' за время прохождения точки A зубом фрезы. В результате приходим к расчетному треугольнику, где l_0 - длина проекции задней части режущего зуба фрезы на окружность диаметром $2R$.

Из теоремы синусов имеем

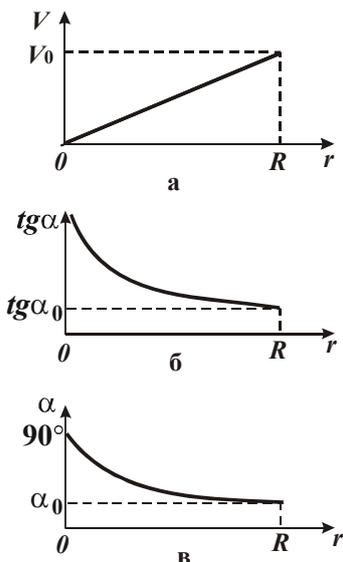


Рис. 11. Зависимости скорости резания V (а), функции $tg\alpha$ (б) и угла α (в) от текущего радиуса r .

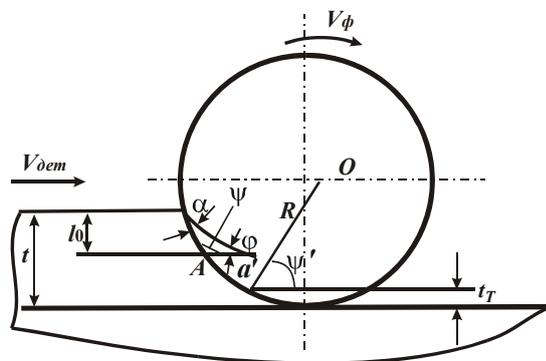


Рис. 12. Схема для расчета угла α при цилиндрическом фрезеровании.

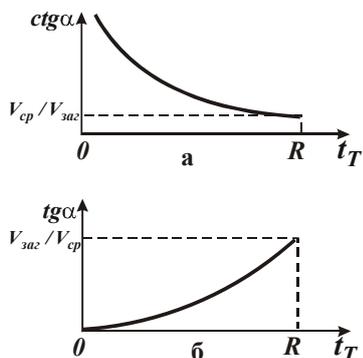


Рис. 13. Графики функций $ctg\alpha$ и $tg\alpha$.

$$\frac{a'}{\sin\alpha} = \frac{l_0}{\sin(180^\circ - \alpha - \psi)}. \tag{12}$$

Откуда

$$ctg\alpha = \frac{l_0}{a' \cdot \sin\psi} - ctg\psi. \tag{13}$$

Параметр a' и функция $\sin\psi$ определяются:

$$a' = V_{dem} \cdot \tau = V_{dem} \cdot l_0 / V_{\phi}, \quad \sin\psi = \cos\psi' \approx \sqrt{2t_m / R},$$

где V_{dem}, V_{ϕ} - соответственно скорость детали и скорость фрезы; t_m - текущее значение глубины резания t .

Тогда с учетом $ctg\psi \approx 0$, имеем

$$ctg\alpha = \frac{V_{\phi}}{V_{dem}} \cdot \sqrt{\frac{R}{2t_m}}. \tag{14}$$

Графически функции $ctg\alpha$ и $tg\alpha$ показаны на рис.13. Наибольший угол α достигается при $t_m = R$. Поскольку случай $t_m = R$, как правило, реализуется при торцовом фрезеровании, то и наибольший задний угол α необходимо создавать на зубе торцевой фрезы.

Кинематическое условие резания при шлифовании. При шлифовании кинематическим условием беспрепятственного перемещения круга относительно заготовки является условие, исключающее контакт (трение) обрабатываемого материала со связкой круга. Набегающий на круг слой материала толщиной, равной глубине резания, должен быть полностью срезан, не доходя уровня связки. В противном случае, в результате интенсивного контакта обрабатываемого материала со связкой круга, в технологической системе возникнут значительные упругие перемещения, которые приведут к остановке круга или его разрушению.

Полученную зависимость (6) для расчета максимальной толщины среза a_{max} при шлифовании представим в виде

$$a_{max} = \frac{2n}{k \cdot B} \cdot \frac{V_{dem}}{V_{kp}} \cdot \sqrt{\frac{t_m}{D_{kp}}}, \tag{15}$$

где t_m - текущее значение глубины шлифования t , $0 < t_m < t$.

Из зависимости (15) следует, что наибольшее значение a_{max} достигается при $t_m = t$.

Количество зерен n , из которых состоит условный режущий зуб шлифовального круга, определим из условия (рис.14,а)

$$2 \cdot a_{max} \cdot tg\gamma \cdot n = B, \tag{16}$$

где γ - половина угла при вершине режущего конусообразного зерна; B - ширина круга.

В пределе $a_{max} \rightarrow b$, где b - максимальная высота выступания вершин зерен над уровнем связки круга.

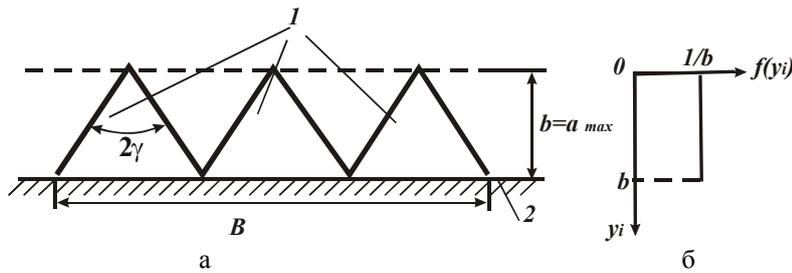


Рис. 14. Схема для расчета параметра a_{max} при шлифовании и график функции $f(y_i)$: 1 – режущие зерна круга; 2 – уровень связки круга.

вершин зерен над уровнем связки круга, подчиняющемся равномерному закону с плотностью $f(y_i) = 1/b$, рис.14,б, параметр k следует представить в виде

$$k = k_0 \cdot \frac{a_{max}}{b}, \quad (19)$$

где k_0 - поверхностная концентрация зерен круга, рассчитываемая для уровня связки круга; y_i - координата, отсчитываемая от уровня максимального выступания зерен над уровнем связки.

Для алмазного круга, по данным проф. Резникова А.Н., параметр k_0 определяется

$$k_0 = \frac{3m \cdot (1 - \varepsilon)}{200\pi \cdot X^2}, \quad (20)$$

где m - объемная концентрация зерен круга; \bar{X} - зернистость круга; $(1 - \varepsilon)$ - безразмерный коэффициент, учитывающий степень выступания вершин зерен над уровнем связки круга, изменяется в пределах 0...1.

Подставим зависимость (20) в (18)

$$a_{max} = \sqrt[3]{\frac{b}{\text{tg}\gamma \cdot k_0} \cdot \frac{V_{dem}}{V_{кр}} \cdot \sqrt{\frac{t}{D_{кр}}}}. \quad (21)$$

С учетом $b = (1 - \varepsilon) \cdot \bar{X}$ и зависимости (20), имеем

$$a_{max} = \sqrt[3]{\frac{200\pi \cdot X^3}{3\text{tg}\gamma \cdot m} \cdot \frac{V_{dem}}{V_{кр}} \cdot \sqrt{\frac{t}{D_{кр}}}}. \quad (22)$$

Исходя из зависимости (22), максимальная толщина среза a_{max} определяется параметрами режима шлифования и характеристиками круга. Изменяя их, можно всегда обеспечить выполнение кинематического условия резания при шлифовании $a_{max} \leq b$.

Таким образом, в работе получены расчетные зависимости параметров срезаемого слоя при резании лезвийными и абразивными инструментами.

Литература

1. Новиков Ф.В., Якимов А.В., Новиков Г.В., Якимов А.А. Модель единого представления кинематики резания. - Физические и компьютерные технологии в народном хозяйстве. – Труды 7-й Межд. научн.-техн. конф., 27-28 мая 2003 г. – Харьков: ХНПК «ФЭД», 2003. – С. 27-28.
2. Теоретические основы резания и шлифования материалов: Учеб. пособие / А.В. Якимов, Ф.В. Новиков, Г.В. Новиков, Б.С. Серов, А.А. Якимов. – Одесса: ОГПУ, 1999.- 450 с.
3. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общей редакцией Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. В десяти томах. – Т. 1. «Механика резания материалов». – Одесса: ОНПУ, 2002. – 580 с.

УДК 621.923

ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ФИНИШНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Новиков Ф.В., докт. техн. наук, Фадеев В.А., канд. техн. наук

(г. Харьков, Украина)

Influence of length of a cut by a single grain on power intensity of process of machining is in-process theoretically exhibited.

Достижение высоких показателей точности и шероховатости при финишной обработке ограничено предель-

ными значениями a_z / ρ , где a_z - толщина среза; ρ - радиус округления режущей кромки зерна. По данным проф. Богомолова Н.И. процесс стружкообразования начинается при значениях $a_z / \rho = 0,04 \dots 0,08$, а по данным проф. Крагельского И.В. - при значениях $a_z / \rho = 0,14 \dots 0,17$. В связи с этим, важной задачей является изыскание путей уменьшения предельных значений a_z / ρ .

Как показано в работе [1], предельные значения отношения a_z / ρ достигаются при условии $\beta = 0^\circ$ (где β -

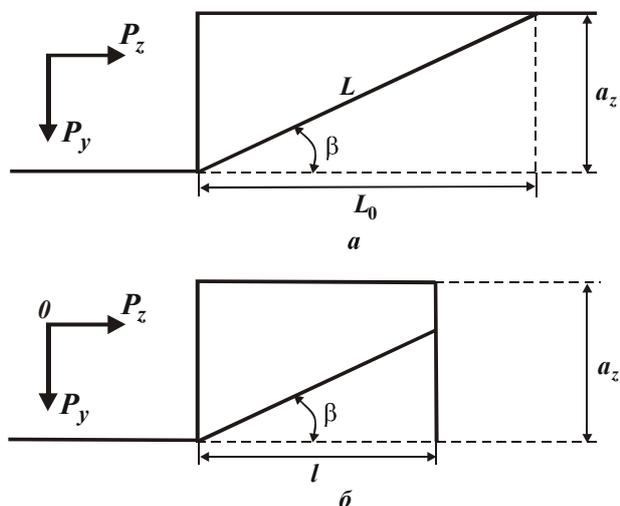


Рис. 1. Расчетные схемы параметров стружкообразования.

Из зависимости (1) нетрудно видеть, что с увеличением угла β касательное напряжение τ изменяется по экстремальной зависимости: первоначально увеличивается до максимального значения, затем уменьшается, рис. 2.

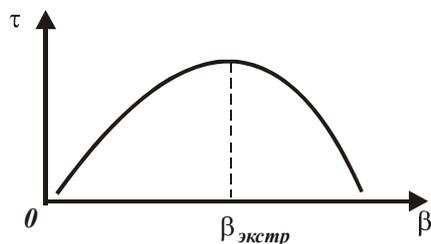


Рис. 2. Зависимость касательного напряжения τ от угла β .

угол сдвига материала в процессе стружкообразования). На рис.1,а показана схема стружкообразования при резании, предложенная проф. Зворыкиным К.А. Используя данную схему и методику расчета параметров силовой напряженности процесса резания [2], проведем анализ выполнения условия $\beta = 0$.

Согласно приведенной расчетной схемы, отделение элементарных объемов материала происходит по плоскости сдвига от действия системы сил P_z и P_y со стороны отдельного зерна. Касательное напряжение τ в плоскости сдвига, расположенной под углом β к направлению движения зерна, определяется

$$\tau = \frac{(P_z \cdot \cos \beta - P_y \cdot \sin \beta)}{S} \cdot \sin \beta, \quad (1)$$

где $S = a_z \cdot b$ - площадь среза, m^2 ; a_z, b - соответственно толщина и ширина среза, м; β - угол сдвига материала.

Для определения положения плоскости сдвига, соответствующей экстремальному значению β , при котором касательное напряжение принимает максимум, продифференцируем функцию τ , описываемую зависимостью (1), по β и производную приравняем нулю. В результате получено

$$\operatorname{tg} 2\beta = K_{ш}, \quad (2)$$

где $K_{ш}$ - коэффициент шлифования.

Выполнить условие $\beta = 0$ можно при условии $K_{ш} \rightarrow 0$. Это предполагает существенное превышение радиальной составляющей силы резания P_y над тангенциальной составляющей силы резания P_z , что

естественно ведет к повышению силовой напряженности силы резания. Следовательно, выполнение условия $\beta = 0$ по данной схеме стружкообразования предполагает повышение энергоемкости обработки.

Рассмотрим другую схему стружкообразования при резании, показанную на рис. 1,б. Она отличается от первой схемы тем, что производится прерывистое микрорезание. Причем, длина среза l меньше длины плоскости сдвига L_0 при обычном микрорезании (рис. 1,а). Касательное напряжение τ в плоскости сдвига в данном случае определяется зависимостью

$$\tau = \frac{(P_z \cdot \cos \beta - P_y \cdot \sin \beta)}{b \cdot l} \cdot \cos \beta = \frac{P_y \cdot (K_{ш} \cdot \cos^2 \beta - 0,5 \cdot \sin 2\beta)}{b \cdot l}. \quad (3)$$

На рис. 3 показан характер изменения двух слагаемых (функций): $K_{ш} \cdot \cos^2 \beta$ и $(-0,5 \cdot \sin 2\beta)$, а также характер изменения суммарной функции τ . Нетрудно видеть, что наибольшее (положительное) значение функции τ для различных значений $K_{ш}$ достигается при $\beta = 0$. Это указывает на то, что сдвиг материала произойдет в плоскости, определяемой углом $\beta = 0$.

В данном случае условие $\beta = 0$ реализуется в процессе стружкообразования при резании, тогда как в предыдущем случае оно выполнялось в процессе упруго-пластического деформирования обрабатываемого материала, т.к. процесс стружкообразования неосуществим. По сути, пришли к принципиально новому решению, исключающему ограничения на предельные значения отношения a_z / ρ . В результате предельные значения отношения a_z / ρ практически равны нулю и понятие "предельные значения отношения a_z / ρ " теряет физический смысл. В этом нетрудно убедиться

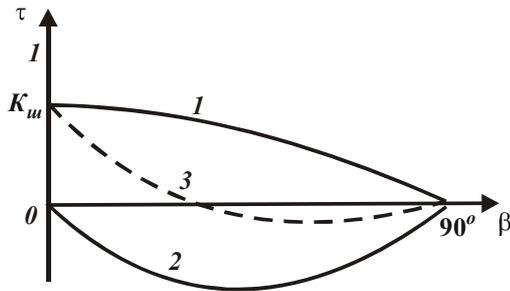


Рис. 3. Характер изменения функции $K_u \cdot \cos^2 \beta$ (кривая 1), функции $(-0,5 \cdot \sin 2\beta)$ (кривая 2) и суммарной функции τ (кривая 3).

ся, анализируя зависимость (3).

Принимая $\tau = \tau_{сдв}$ (где $\tau_{сдв}$ - предел прочности обрабатываемого материала на сдвиг, Н/м²), при $\beta = 0$ зависимость (3) упрощается

$$\tau_{сдв} = \frac{P_z}{\epsilon \cdot l} \quad \text{или} \quad P_z = \tau_{сдв} \cdot \epsilon \cdot l. \quad (4)$$

Из зависимости (4) следует, что условие сдвига материала в плоскости $\beta = 0$ определяется лишь тангенциальной составляющей силы резания P_z , которая зависит от геометрических параметров ϵ, l и предела прочности обрабатываемого материала на сдвиг $\tau_{сдв}$.

Радиальная составляющая силы резания P_y на выполнение условия $\beta = 0$ не влияет, т.к. она не входит в зависимость (4) и,

может принимать любые значения. В предыдущем случае для выполнения условия $\beta = 0$ величина P_y должна была значительно превышать тангенциальную составляющую силы резания P_z . Из этого вытекает, что переход к схеме прерывистого микрорезания позволяет уменьшить радиальную и тангенциальную составляющие силы резания. При этом тангенциальная составляющая силы резания P_z , согласно зависимости (4), определяется главным образом длиной среза l . При $l \rightarrow 0$ можно существенно уменьшить P_z и соответственно P_y .

В данном случае степень затупления режущего зерна теоретически не влияет на тангенциальную составляющую силы резания P_z , она влияет на радиальную составляющую силы резания P_y - увеличивая ее и уменьшая коэффициент шлифования $K_u = P_z / P_y$.

Таким образом, показано существование решения, позволяющего уменьшить предельные значения отношения a_z / ρ вплоть до нуля. Это открывает новые возможности интенсификации процессов финишной механической обработки, обеспечения чрезвычайно высоких показателей точности и шероховатости обработки. Практической реализацией данного решения является применение абразивной обработки (как связанным, так и свободным абразивом) с изменяющейся во времени траекторией образования микросрезов, в идеале обеспечивая взаимоперпендикулярное наложение микросрезов абразивными зернами. В результате приходим к прерывистому микрорезанию с длинами срезов, равными ширине образующихся микронеровностей на обрабатываемой поверхности.

Важным вопросом является определение условий перехода от первой схемы (рис. 1,а) ко второй схеме (рис. 1,б). Для этого, используя расчетную схему (рис. 1,а), определим длину плоскости сдвига L_0 :

$$\frac{a_z}{L_0} = \operatorname{tg} \beta. \quad (5)$$

Выразим функцию $\operatorname{tg} \beta$ через функцию $\operatorname{tg} 2\beta$ и соответственно через коэффициент шлифования K_u , используя известную тригонометрическую зависимость

$$\operatorname{tg} 2\beta = \frac{2 \cdot \operatorname{tg} \beta}{1 - \operatorname{tg}^2 \beta}. \quad (6)$$

Разрешая зависимость (6) относительно функции $\operatorname{tg} \beta$ с учетом зависимости (2), приходим к квадратному уравнению:

$$\operatorname{tg}^2 \beta + \frac{2 \cdot \operatorname{tg} \beta}{K_u} - 1 = 0.$$

Решение квадратного уравнения с учетом несложных преобразований:

$$\operatorname{tg} \beta = -\frac{1}{K_u} + \sqrt{\frac{1}{K_u^2} + 1} = \frac{1}{\left(\sqrt{\frac{1}{K_u^2} + 1} + \frac{1}{K_u} \right)} \approx \frac{K_u}{2}. \quad (7)$$

Тогда, с учетом зависимости (5), имеем

$$L_0 = \frac{2 \cdot a_z}{K_u}. \quad (8)$$

Как видим, длина плоскости сдвига L_0 определяется параметрами a_z и K_u . Чем больше K_u , тем меньше L_0 . Следовательно, повышая режущую способность абразивного инструмента (увеличивая коэффициент K_u), можно уменьшить длину L_0 . При $K_u \rightarrow 0$ (при работе затупленным абразивным инструментом) длина $L_0 \rightarrow \infty$.

Условием перехода от первой схемы (рис. 1,а) ко второй схеме (рис. 1,б) является выражение $L_0 = l$. Тогда с учетом зависимости (8), получим

$$\frac{l}{a_z} = \frac{2}{K_{ш}}. \quad (9)$$

Из зависимости (9) вытекает, что для реализации второй схемы (рис. 1,б) ширина микронеровностей, образующихся на обработанной поверхности, не должна превышать величину l . В таблице приведены расчетные значения отношения l/a_z в зависимости от коэффициента шлифования $K_{ш}$.

Таблица

Расчетные значения отношения l/a_z

$K_{ш}$	1,0	0,5	0,25	0,1
l/a_z	2	4	8	20

При микрорезании единичным зерном величина упругого перемещения y с учетом зависимости (4) определяется

$$y = \frac{P_y}{c} = \frac{P_z}{c \cdot K_{рез}} = \frac{\tau_{сдв} \cdot \delta \cdot l}{c \cdot K_{рез}}. \quad (10)$$

Входящий в зависимость (10) коэффициент резания $K_{рез}$ определим из расчетной схемы, приведенной на рис. 4

$$K_{рез} = \frac{P_z}{P_y} = \operatorname{tg}(90^\circ - \gamma) = \operatorname{ctg} \gamma, \quad (11)$$

где γ - условный (отрицательный) передний угол режущего зерна, определяется из зависимости

$$\frac{a_z}{\rho} = \frac{\rho - \rho \cdot \sin \gamma}{\rho} = 1 - \sin \gamma. \quad (12)$$

Разрешим зависимость (12) относительно функции $\sin \gamma$ и подставим полученное выражение в зависимость (11), представляя последнюю в виде

$$K_{рез} = \frac{\cos \gamma}{\sin \gamma} = \frac{\sqrt{1 - \sin^2 \gamma}}{\sin \gamma} = \frac{\sqrt{x \cdot (2 - x)}}{(1 - x)}, \quad (13)$$

где $x = a_z / \rho$.

Учитывая то, что $x < 1$, в первом приближении примем: $(2 - x) \approx 2$; $(1 - x) \approx 1$. Тогда

$$K_{рез} = \sqrt{2 \cdot x} = \sqrt{2 \cdot \frac{a_z}{\rho}}. \quad (14)$$

Как следует из зависимости (14), коэффициент резания $K_{рез}$ вполне однозначно определяется отношением a_z / ρ . Чем больше a_z / ρ , тем больше $K_{рез}$.

Входящий в зависимость (10) параметр δ (равный максимальной ширине среза), исходя из рис. 4, определяется

$$\delta = 2 \cdot \rho \cdot \cos \gamma. \quad (15)$$

Если подставить в зависимость (10) параметры $K_{рез}$ и δ , определяемые зависимостями (11) и (15), с учетом зависимости (4), то получим

$$y = \frac{2 \cdot \tau_{сдв} \cdot \rho \cdot l}{c} \cdot \sin \gamma = \frac{2 \cdot \tau_{сдв} \cdot \rho \cdot l}{c} \cdot \left(1 - \frac{a_z}{\rho}\right) = \frac{2 \cdot \tau_{сдв} \cdot l}{c} \cdot (\rho - a_z). \quad (16)$$

Учитывая то, что $\rho > a_z$, зависимость (16) можно упростить:

$$y = \frac{2 \cdot \tau_{сдв} \cdot \rho \cdot l}{c}. \quad (17)$$

Как видим, величина упругого перемещения y не зависит от отношения a_z / ρ . Это свидетельствует о том, что в процессе резания можно удалить слой материала, равный по толщине упруго-пластически деформируемому слою, определяемому предельным значением отношения $a_z / \rho = 0,04$.

Исходя из зависимости (17), величина y зависит главным образом от радиуса округления режущей кромки ρ и длины среза l (ширины микронеровности, образующейся на обрабатываемой поверхности). Чем меньше эти параметры, тем меньше величина y .

Зависимость (17) справедлива для условий прерывистого микрорезания единичным зерном. Для условий резания абразивным (или алмазно-абразивным) инструментом, содержащим

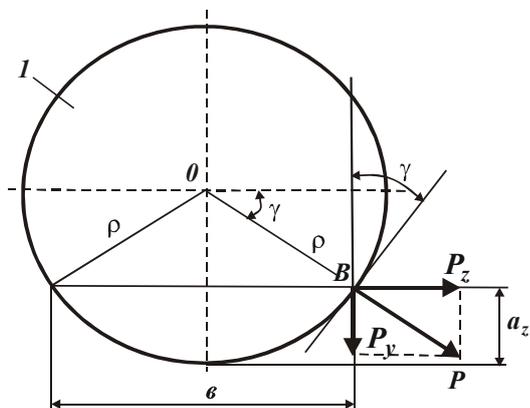


Рис. 4. Расчетная схема процесса микрорезания единичным зерном (1).

на рабочей поверхности n зерен, величина y определится

$$y = \frac{2 \cdot \tau_{сдв} \cdot \rho \cdot l}{c} \cdot n. \quad (18)$$

Представим параметр n в виде: $n = k \cdot F$, где k - поверхностная концентрация зерен на рабочей поверхности алмазно-абразивного инструмента, шт/м²; F - площадь контакта инструмента с обрабатываемой поверхностью, м².

Тогда зависимость (18) опишется

$$y = \frac{2 \cdot \tau_{сдв} \cdot \rho \cdot l}{c} \cdot k \cdot F. \quad (19)$$

Таким образом, получена аналитическая зависимость для расчета величины упругого перемещения y при резании с определенной (заданной) толщиной среза. Величину упругого перемещения y определяет точность размера при обработке.

Литература

1. Фадеев В.А. Математическое моделирование процесса формирования точности и шероховатости при финишной обработке. – Физические и компьютерные технологии в народном хозяйстве. – Труды 8-й Межд. научн.-техн. конф., 9-10 декабря 2003 г. – Харьков: ХНПК “ФЭД”, 2003. – С. 16-21.
2. Теоретические основы резания и шлифования материалов: Учеб. пособие / А.В. Якимов, Ф.В. Новиков, Г.В. Новиков, Б.С. Серов, А.А. Якимов. – Одесса: ОГПУ, 1999.- 450 с.
3. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общей редакцией Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. В десяти томах. – Т. 1. “Механика резания материалов”. – Одесса: ОНПУ, 2002. – 580 с.
4. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общей редакцией Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. В десяти томах. – Т. 3. “Резание материалов лезвийными инструментами”. – Одесса: ОНПУ, 2003. – 546 с.

УДК 621.923

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ И ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ С УЧЕТОМ ОГРАНИЧЕНИЙ ПО КАЧЕСТВУ ОБРАБОТКИ

Новиков Ф.В., докт. техн. наук

(г. Харьков, Украина)

In work the approach to optimization of structure and parameters of technological operation is offered in view of restrictions on quality of processing.

Традиционно задачи оптимизации технологических процессов обработки решаются в рамках структурно-параметрической оптимизации с использованием эмпирических зависимостей основных технологических показателей обработки. Для этого чисто интуитивно на основе производственного опыта выбираются несколько вариантов технологического маршрута, математически описываются и после решения задачи оптимизации выбирается наиболее оптимальный вариант. Затем производится уточненный расчет оптимальных параметров технологических операций (режимов резания и т.д.). Однако, данный подход не гарантирует выбора оптимального варианта технологического маршрута обработки, т.к. в числе рассматриваемых вариантов его может просто не оказаться.

Чтобы более обоснованно подойти к выбору оптимального варианта маршрута обработки (или структуры операции), следует использовать теоретические (аналитические) подходы к решению задач структурно-параметрической оптимизации, основанные на разработанных математических (аналитических) моделях рассматриваемых процессов обработки.

Рассмотрим первоначально задачу оптимизации структуры и параметров операции обработки с учетом

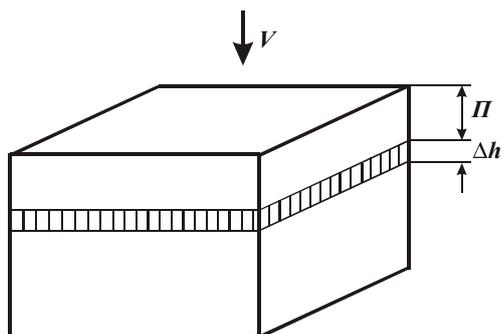


Рис. 1. Расчетная схема.

ограничения по температурному фактору. Предположим, обрабатывается прямолинейный образец по схеме врезного шлифования торцом круга со скоростью радиальной подачи V , рис.

1. Требуется за минимальное время τ удалить припуск величиной H и при этом не допустить распространение образующегося тепла вглубь обрабатываемого образца на величину более Δh . Этим будет обеспечено требуемое качество обработки с точки зрения исключения образования температурных дефектов в поверхностном слое обрабатываемого образца.

Предположим, что величина Δh упрощенно выражается зависимостью

$$\Delta h = A \cdot V_0, \quad (1)$$

где V_0 - скорость радиальной подачи режущего инструмента

(шлифовального круга), м/с; A - размерный коэффициент, учитывающий характеристики режущего инструмента и обрабатываемого материала, режимы резания.

Тогда при обработке в один переход основное время обработки τ определится простой зависимостью

$$\tau = \frac{\Pi}{V_0} = A \cdot \frac{\Pi}{\Delta h}. \quad (2)$$

При обработке в два перехода основное время обработки τ определится как сумма двух слагаемых

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 = \frac{\Pi_1}{V_1} + \frac{\Pi_2}{V_2}, \quad (3)$$

где Π_1, Π_2 - соответственно припуски, удаляемые на первом и втором переходах, м; $V_1, V_2 = V_0$ - соответственно скорости радиальной подачи, реализуемые на первом и втором переходах, м/с.

На первом переходе величина Δh_1 может быть больше, чем на втором переходе Δh_2 . При этом справедливы зависимости

$$\begin{aligned} \Delta h_1 &= A \cdot V_1, \\ \Delta h_2 &= \Delta h = A \cdot V_0. \end{aligned} \quad (4)$$

Величины удаляемых припусков Π_1 и Π_2 определяются из уравнений:

$$\begin{aligned} \Pi_1 + \Delta h_1 &= \Pi + \Delta h, \\ \Pi_2 &= \Delta h_1 - \Delta h. \end{aligned} \quad (5)$$

С учетом зависимости (4) величины Π_1 и Π_2 выразятся

$$\begin{aligned} \Pi_1 &= \Pi + \Delta h - A \cdot V_1, \\ \Pi_2 &= A \cdot V_1 - \Delta h. \end{aligned} \quad (6)$$

Подставим зависимости (6) в зависимость (3)

$$\tau = \frac{\Pi + \Delta h - A \cdot V_1}{V_1} + \frac{A \cdot V_1 - \Delta h}{V_0} = \frac{\Pi + \Delta h}{V_1} + \frac{A \cdot V_1}{V_0} - 2 \cdot A. \quad (7)$$

Здесь параметры $\Pi, \Delta h, V_0, A$ заданы, неизвестна скорость V_1 .

Как видим, скорость V_1 оказывает на основное время обработки τ неоднозначное влияние. Следовательно, имеет место экстремальная зависимость функции τ от скорости V_1 . Для определения экстремума функции τ продифференцируем ее по переменной V_1 и первую производную приравняем к нулю:

$$\tau'_{V_1} = -\frac{(\Pi + \Delta h)}{V_1^2} + \frac{A}{V_0} = 0.$$

Откуда

$$V_1 = \sqrt{\frac{V_0}{A} \cdot (\Pi + \Delta h)} = V_0 \cdot \sqrt{\frac{\Pi}{\Delta h} + 1} = \frac{1}{A} \cdot \sqrt{(\Pi + \Delta h) \cdot \Delta h}. \quad (8)$$

Из зависимости (8) следует, что скорость V_1 больше скорости V_0 ($V_1 > V_0$).

Определим наличие минимума или максимума в точке экстремума. Для этого определим вторую производную функции τ в точке экстремума:

$$\tau''_{V_1} = \frac{2 \cdot (\Pi + \Delta h)}{V_1^3} > 0.$$

Поскольку в точке экстремума вторая производная функции τ положительна, то имеет место минимум функции τ , рис. 2.

Минимальное значение основного времени обработки τ_{min} определим путем подстановки зависимости (8) в (7):

$$\tau_{min} = 2 \cdot A \cdot \left[\sqrt{\frac{\Pi}{\Delta h} + 1} - 1 \right]. \quad (9)$$

Умножим и разделим зависимость (9) на сопряженную величину

$$\left[\sqrt{\frac{\Pi}{\Delta h} + 1} + 1 \right]:$$

$$\tau_{min} = 2 \cdot A \cdot \frac{\Pi}{\Delta h} \cdot \frac{1}{\left[\sqrt{\frac{\Pi}{\Delta h} + 1} + 1 \right]}. \quad (10)$$

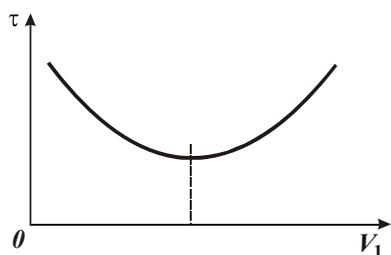


Рис. 2. Зависимость основного времени обработки τ от скорости V_1 .

Исходя из зависимости (10), уменьшить основное время обработки

τ_{min} можно уменьшением отношения $\Pi / \Delta h$, т.е. уменьшением величины снимаемого припуска Π и увеличением толщины прогретого слоя Δh обрабатываемого материала.

Сравним зависимости (2) и (10), определяющие основное время обработки в один и два перехода. Нетрудно видеть, что эти зависимости отличаются лишь множителем

$$\frac{2}{\left[\sqrt{\frac{\Pi}{\Delta h} + 1} + 1 \right]}.$$

Поскольку $\Pi / \Delta h > 0$, то данный множитель всегда меньше единицы. Следовательно, время обработки в два перехода меньше времени обработки в один переход. Чем больше отношение $\Pi / \Delta h$, тем меньше рассматриваемый множитель и выше эффект от применения обработки в два перехода.

Определим величины припусков Π_1 и Π_2 , удаляемых на первом и втором переходах:

$$\Pi_1 = \sqrt{\Pi + \Delta h} \cdot (\sqrt{\Pi + \Delta h} - \sqrt{\Delta h}). \quad (11)$$

Умножим и разделим зависимость (11) на сопряженную величину $(\sqrt{\Pi + \Delta h} + \sqrt{\Delta h})$:

$$\Pi_1 = \frac{\Pi}{1 + \sqrt{\frac{\Delta h}{\Pi + \Delta h}}}. \quad (12)$$

Величина припуска Π_1 , удаляемого на первом переходе, тем больше, чем меньше Δh и больше Π .

Величина припуска Π_2 , удаляемого на втором переходе, равна

$$\Pi_2 = \Pi - \Pi_1 = \frac{\Pi}{1 + \sqrt{\frac{\Pi}{\Delta h} + 1}}. \quad (13)$$

Как видим, величина Π_2 увеличивается с увеличением Δh и Π .

Сравним значения Π_1 и Π_2 . Для этого установим их отношение

$$\frac{\Pi_1}{\Pi_2} = \sqrt{\frac{\Pi}{\Delta h} + 1}. \quad (14)$$

Отношение Π_1 / Π_2 больше единицы и увеличивается с увеличением Π и уменьшением Δh .

Для более полного представления о закономерностях обработки в два перехода определим основное время обработки, затрачиваемое на первом и втором переходах:

$$\tau_1 = \frac{\Pi_1}{V_1} = \frac{A \cdot \Pi}{\left[\sqrt{(\Pi + \Delta h) \cdot \Delta h} + \Delta h \right]}, \quad \tau_2 = \frac{\Pi_2}{V_0} = \frac{A \cdot \Pi}{\left[\sqrt{(\Pi + \Delta h) \cdot \Delta h} + \Delta h \right]}.$$

Из приведенных зависимостей следует, что $\tau_1 = \tau_2$, т.е. справедливы соотношения:

$$\frac{\Pi_1}{V_1} = \frac{\Pi_2}{V_0} \quad \text{или} \quad \frac{\Pi_1}{\Pi_2} = \frac{V_1}{V_0}. \quad (15)$$

Применим полученные зависимости для выработки более общего решения, позволяющего уменьшить основное время обработки (увеличить производительность обработки) с учетом ограничений по качеству обработки (величине Δh).

Исходя из зависимости (10), основной путь уменьшения основного времени обработки τ_{min} состоит в уменьшении величины снимаемого припуска на переходе. Это достигается применением обработки в $n \rightarrow \infty$ переходов (многопереходной обработки) со съемом бесконечно малого припуска $\Delta \Pi = \Pi / n$ на каждом переходе. Тогда, на первом переходе величина Δh (будем ее рассматривать условно $\Delta \bar{h}$) может быть увеличена до значения снимаемого припуска Π , что, согласно зависимости (10), ведет к дополнительному уменьшению основного времени обработки τ_{min} .

На втором переходе величина $\Delta \bar{h}$ уменьшится на величину $\Delta \Pi$, т.е. будет равна $\Delta \bar{h} = \Pi - \Delta \Pi$.

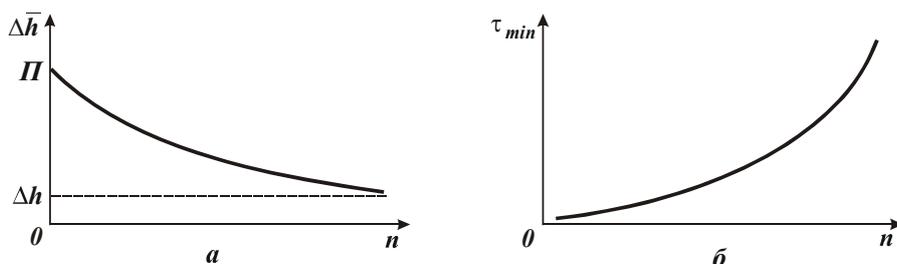
На третьем переходе – $\Delta \bar{h} = \Pi - 2 \cdot \Delta \Pi$ и т.д.

На последнем (n -ном) переходе величина $\Delta \bar{h}$ станет равной заданному (исходному) значению Δh .

На рис.3 показан характер изменения величины $\Delta \bar{h}$ и основного времени обработки τ_{min} по мере увеличения числа переходов n .

Скорость радиальной подачи V_1 с учетом сказанного и, исходя из зависимости (8), опишется

$$V_1 = \frac{\Delta h}{A}. \quad (16)$$

Рис. 3. Зависимости параметров $\Delta\bar{h}$ (а) и τ_{min} (б) от числа переходов n .

На первом переходе скорость V_1 принимает наибольшее значение V_{10} , а на последнем переходе – наименьшее значение V_0 , рис. 4.

Параметры V_{10} и V_0 , согласно зависимости (8), определяются

$$V_{10} = \frac{\Pi}{A}, \quad V_0 = \frac{\Delta h}{A}. \quad (17)$$

Принимая в первом приближении зависимость уменьшения скорости V_1 (с увеличением числа переходов n) линейной, можно определить среднюю скорость

$$V_{cp} = \frac{V_{10} - V_0}{2} = \frac{\Pi - \Delta h}{2 \cdot A}. \quad (18)$$

Зная среднюю скорость V_{cp} , можно определить основное время многопереходной обработки

$$\tau_{min} = \frac{\Pi}{V_{cp}} = \frac{2 \cdot A \cdot \Pi}{\Pi - \Delta h} \approx 2 \cdot A. \quad (19)$$

Рис. 4. Зависимость скорости V_1 от числа переходов n .

Сравнивая данное значение с основным временем обработки в два перехода, описываемое зависимостью (10), видим, что многопереходная обработка характеризуется значительно меньшим временем, т.е. более производительна. Причем, чем больше снимаемый припуск Π и меньше величина Δh , тем значительнее эффект многопереходной обработки.

Таким образом, наибольшую производительность обработки с учетом ограничения по температурному фактору (величине Δh) можно достичь, используя обработку с переменной (уменьшающейся во времени) скоростью радиальной подачи.

Оптимизация структуры и параметров операции обработки с учетом ограничения по точности обработки

Определим наиболее производительный вариант обработки прямолинейного образца (рис. 1) по схеме врезного шлифования торцом круга с учетом ограничения по точности обработки δ , обусловленной упругими перемещениями в технологической системе.

Предположим, что величина упругого перемещения δ упрощенно выражается зависимостью

$$\delta = B \cdot V_0, \quad (20)$$

где V_0 - скорость радиальной подачи шлифовального круга, м/с; B - размерный коэффициент, учитывающий характеристики круга и обрабатываемого материала, режимы резания.

При обработке в один переход основное время обработки τ определится

$$\tau = \frac{\Pi}{V_0} = B \cdot \frac{\Pi}{\delta}. \quad (21)$$

где Π - величина снимаемого припуска, м.

При обработке в два перехода основное время τ определится как сумма двух слагаемых

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 = \frac{\Pi}{V_1} + \frac{\delta_1}{V_2}, \quad (22)$$

где $V_1, V_2 = V_0$ - соответственно скорости радиальной подачи на первом и втором переходах, м/с; δ_1 - величина упругого перемещения, возникающего на первом переходе ($\delta = B \cdot V_0$), который затем удаляется на втором переходе.

Преобразуем зависимость (22)

$$\tau = \frac{\Pi}{V_1} + B \cdot \frac{V_1}{V_0}. \quad (23)$$

В данной зависимости параметры Π , B , V_0 заданы, неизвестным параметром является скорость V_1 . Очевидно, с изменением V_1 основное время обработки τ изменяется по экстремальной зависимости. Для определения точки экстремума функции τ приравняем первую производную τ'_{V_1} нулю

$$\tau'_{V_1} = -\frac{\Pi}{V_1^2} + \frac{B}{V_0} = 0. \quad (24)$$

Откуда

$$V_1 = \sqrt{\frac{\Pi}{B} \cdot V_0} = V_0 \cdot \sqrt{\frac{\Pi}{\delta}} = \frac{1}{B} \cdot \sqrt{\Pi \cdot \delta}. \quad (25)$$

Определим знак второй производной:

$$\tau''_{V_1} = \frac{2 \cdot \Pi}{V_1^3} > 0.$$

Следовательно, в точке экстремума функция τ принимает минимальное значение.

Подставляя в (23) зависимость (25), определим минимальное основное время обработки

$$\tau_{min} = B \cdot \sqrt{\frac{\Pi}{\delta}} + B \cdot \sqrt{\frac{\Pi}{\delta}} = 2 \cdot B \cdot \sqrt{\frac{\Pi}{\delta}}. \quad (26)$$

В результате пришли к зависимости, близкой по структуре к зависимости (10).

Исходя из зависимости (26), уменьшить основное время обработки τ_{min} можно уменьшением величины снимаемого припуска Π и размерного коэффициента B , а также увеличением величины упругого перемещения в технологической системе (точности размера обработки) δ . Заслуживает внимания то, что по длительности первый и второй переходы равны.

Сравнивая зависимости (26) и (21), видим, что основное время обработки в два перехода меньше основного времени обработки в один переход, т.е. обработка в два перехода более производительна.

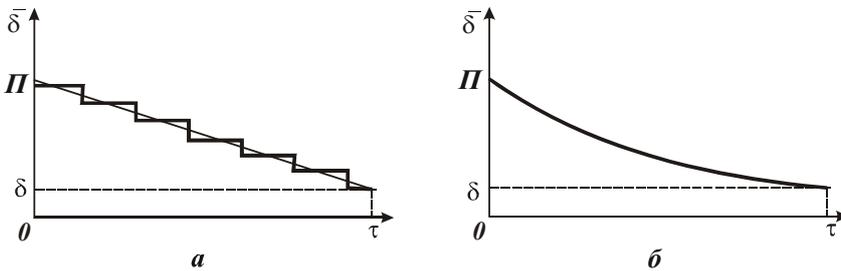


Рис. 5. Зависимости величины $\bar{\delta}$ от времени обработки τ .

Анализируя зависимость (26), можно сделать важный практический вывод.

Уменьшить фактическую величину припуска Π на каждом переходе (и тем самым уменьшить основное время обработки τ_{min}) можно созданием в технологической системе начального натяга величиной Π и его периодическим уменьшением во времени (на переходах) на величину $\Delta\Pi \rightarrow 0$. Тогда на каждом переходе будет удаляться припуск величиной $\Delta\Pi$.

Текущая величина упругого перемещения $\bar{\delta}$ в технологической системе будет уменьшаться с течением времени обработки от значения $\bar{\delta} = \Pi$ (на первом переходе) до заданного значения $\bar{\delta} = \delta$ (на последнем переходе) по линейному закону, как это показано на рис. 5,а.

Изменение величины упругого перемещения $\bar{\delta}$ в диапазоне $\delta < \bar{\delta} < \Pi$, исходя из зависимости (26), создает дополнительный эффект уменьшения основного времени обработки τ_{min} . Иными словами, основное время обработки τ_{min} будет уменьшаться как от уменьшения величины снимаемого припуска на каждом переходе, так и от увеличения величины $\bar{\delta}$.

В общем случае в зависимости (26) вместо параметров Π и δ необходимо рассматривать параметры $\Delta\Pi = \Pi/n$ и $\bar{\delta}$ (где n - количество переходов). Тогда зависимость (26) примет вид

$$\tau_{min} = 2 \cdot B \cdot \sqrt{\frac{\Pi}{n \cdot \bar{\delta}}}. \quad (27)$$

Как отмечалось выше, с течением времени обработки параметр $\bar{\delta}$ уменьшается. В соответствии с зависимостью (27), это ведет к увеличению τ_{min} .

При условии создания начального натяга в технологической системе удаление припуска и уменьшение упругого перемещения может происходить автоматически. Под действием упруго-восстанавливающей силы технологическая система будет стремиться возвратиться в исходное состояние, что обеспечит удаление припуска.

На первом переходе обработки справедливо условие $\bar{\delta} = \Pi$. С течением времени обработки величина $\bar{\delta}$

будет уменьшаться до заданного исходного значения δ , определяемого точностью размера обработки.

Данная схема обработки на практике получила название выхаживание. Как показано в работе [1], интенсивность съема обрабатываемого материала и изменение упругого перемещения во времени при выхаживании подчиняются экспоненциальному закону, рис. 5,б. Величина $\bar{\delta}$ изменяется по нелинейному закону.

Скорость радиальной подачи V_1 , определяемая зависимостью (25), на первом переходе обработки будет равна (с учетом условия $\bar{\delta} = \Pi$):

$$V_{10} = \frac{\Pi}{B}. \quad (28)$$

На последнем переходе обработки (с учетом условия $\Pi = \delta$):

$$V_0 = \frac{\delta}{B}. \quad (29)$$

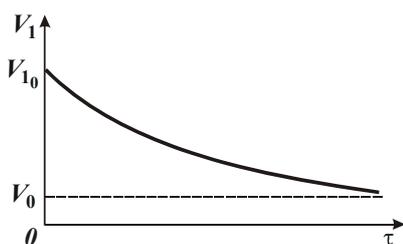


Рис. 6. Зависимость скорости V_1 от времени обработки τ .

Примерный характер изменения скорости радиальной подачи V_1 с течением времени обработки показан на рис. 6. Если в первом приближении принять линейный характер изменения скорости V_1 во времени, то средняя скорость V_{cp} определится

$$V_{cp} = \frac{V_{10} - V_0}{2} = \frac{\Pi - \delta}{2 \cdot B} \approx \frac{\Pi}{2 \cdot B}. \quad (30)$$

Соответственно основное время обработки выразится

$$\tau = \frac{\Pi}{V_{cp}} = 2 \cdot B. \quad (31)$$

В итоге пришли к аналогичному результату, полученному в предыдущем параграфе и описываемому зависимостью (19).

Необходимо отметить, что решение, описываемое зависимостью (31), является более общим по сравнению с решением, описываемым зависимостью (19). Это связано с тем, что, создавая начальный натяг в технологической системе, можно обеспечить уменьшение во времени как величины упругого перемещения $\bar{\delta}$, так и величины $\Delta \bar{h}$ (обусловленной температурным фактором), т.е. двух ограничений обработки одновременно.

Используя схему выхаживания, можно также обеспечить требуемую шероховатость обработки, поскольку с уменьшением скорости радиальной подачи во времени (как известно) параметр шероховатости обработки уменьшается.

Проведенный теоретический анализ справедлив для различных обрабатываемых поверхностей: плоских, цилиндрических (наружных и внутренних) и различных методов механической обработки: лезвийной и абразивной.

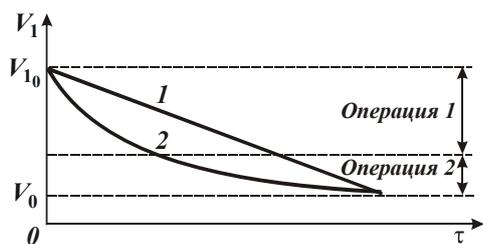


Рис. 7. Зависимости скорости V_1 от времени обработки τ : 1 – линейная зависимость; 2 – нелинейная зависимость.

Как показано выше, припуск на обработку эффективно удалять с переменной (уменьшающейся) во времени скоростью радиальной подачи. Поэтому, наиболее оптимальным вариантом обработки следует рассматривать обработку в одну операцию. Однако, в связи с необходимостью съема относительно больших припусков, как правило, технологических возможностей режущего инструмента не достаточно для обеспечения высокопроизводительного съема припуска и выполнения высоких требований по качеству и точности обрабатываемых поверхностей. В этом случае целесообразно обработку производить в две и более операции. Как показано на рис. 7, на первой операции обеспечивается съем основной части припуска с высокой производительностью обработки. На второй операции формируются параметры качества и точности обрабатываемых поверхностей с меньшей производительностью обработки. При этом наибольший эффект будет достигаться при условии изменения (уменьшения) во времени скорости радиальной подачи (скорости съема припуска).

При этом наибольший эффект будет достигаться при условии изменения (уменьшения) во времени скорости радиальной подачи (скорости съема припуска).

Литература

1. Теоретические основы резания и шлифования материалов: Учеб. пособие / А.В. Якимов, Ф.В. Новиков, Г.В. Новиков, Б.С. Серов, А.А. Якимов. – Одесса: ОГПУ, 1999.- 450 с.
2. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общей редакцией Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. В десяти томах. – Т. 1. “Механика резания материалов”. – Одесса: ОНПУ, 2002. – 580 с.

УДК 621.923

ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ШЛИФОВАНИЯ АЛМАЗНЫМИ КРУГАМИ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СВЯЗКАХ**Новиков Г.В., канд. техн. наук***(г. Харьков, Украина)*

In work experience of development and introduction of high-efficiency technologies of grinding by diamond circles is generalized.

Известные технологии круглого наружного и плоского алмазного электроэрозионного шлифования твердосплавных и быстрорежущих инструментов реализованы с использованием алмазных кругов диаметром не более 300 мм. Это, как правило, не позволяет достичь уровня производительности обычного абразивного шлифования на операциях предварительной обработки и решить проблему перехода на полную алмазную обработку с целью повышения качества шлифованных поверхностей. В связи с этим нами предложено круглое наружное предварительное (съем припуска до 2-х мм на сторону) твердосплавных и быстрорежущих инструментов выполнять с применением крупногабаритных алмазных кругов на металлической связке М2-01 формы 1А1 и диаметром 500 мм, характеризующихся большой рабочей поверхностью, что в сочетании с непрерывной электроэрозионной правкой обеспечивает увеличение стойкости круга, производительности и качества обработки.

Повышение режущей способности круга позволяет снизить силы и температуру резания и интенсифицировать режим шлифования за счет применения увеличенных глубин резания (переход в область глубинного шлифования).

Данная технология алмазного шлифования апробирована и внедрена в инструментальном производстве ПО "Стрела" (г. Оренбург), а также принята для широкого внедрения на предприятиях отрасли, курируемых ПО "Стрела", на операциях круглого наружного шлифования твердосплавных и быстрорежущих многолезвийных инструментов (фрез, разверток, зенкеров, протяжек, сверл и т.д.). В результате решена проблема повышения качества и точности обработки при обеспечении высокого уровня производительности и экономически обоснованного расхода алмаза. Использована схема продольного шлифования с долевой продольной подачей равной 0,5, глубиной шлифования 0,1...0,2 мм и скоростью вращения обрабатываемого инструмента до 5 м/мин. Выбор оптимальной долевой продольной подачи $S_{\delta}=0,5$ связан с обеспечением качественной очистки алмазного круга от продуктов обработки, т.к. созданы условия эффективной периодической электроэрозионной правки "неработающей" половины ширины круга в процессе шлифования. Данный момент играет исключительно важную роль в обеспечении высокой режущей способности круга на протяжении обработки. В особой мере это проявилось на операции шлифования длинных быстрорежущих протяжек. В связи с недостаточно высокой режущей способностью абразивного круга диаметром 600 мм и упругими перемещениями не достигалась требуемая точность обработки (не выше 0,01 мм). Применение новой технологии за счет повышения "остроты" алмазного круга позволило гарантированно обеспечить точность обработки в пределах 0,01 мм, исключить прижоги и другие шлифовальные дефекты обработки.

На этом же предприятии внедрена разработанная технология круглого наружного алмазного шлифования торцом круга задней поверхности крупногабаритных твердосплавных сверл с относительно небольшой скоростью вращения обрабатываемого инструмента (до 5 м/мин) и повышенной глубиной резания (до 0,15 мм). Реализация данной схемы глубинного алмазного шлифования кругом на связке М2-01 стала возможной благодаря организации эффективной электроэрозионной правки, в результате чего решена проблема повышения качества обработки, имевшая место при абразивном шлифовании. Из технологического цикла шлифования исключены абразивные круги, производительность алмазного шлифования стала выше производительности абразивного шлифования.

Разработанная технология круглого наружного и плоского алмазного электроэрозионного шлифования режущих инструментов внедрена на многих предприятиях: Липецком станкоинструментальном заводе, Тульском патронном заводе, Харьковском машиностроительном заводе «ФЭД», Харьковском заводе «Потенциал», Харьковском электроаппаратном заводе, Харьковском тракторном заводе, Мелитопольском компрессорном заводе и ПО "Холодмаш", Курском заводе тракторных запчастей и других. Технология торцевого алмазного шлифования (включая заточку инструментов) с повышенными глубинами резания внедрена на Ярославском и Вильнюсском заводах топливной аппаратуры. Оренбургском тепловозоремонтном заводе, Ульяновском автомобильном заводе и других с высокой эффективностью. Заслуживает особого внимания комплексный подход к решению проблемы алмазной обработки в инструментальном производстве ПО "Куйбышевбурмаш". На этом предприятии длительное время обработка всей номенклатуры изготавливаемых твердосплавных и быстрорежущих инструментов производилась с использованием алмазного электрохимического шлифования, а также обычного абразивного шлифования. Относительно низкая производительность электрохимического шлифования и вредность работы с электролитами предопределили необходимость использования разработанных нами технологий алмазного электроэрозионного шлифования с повышенными глубинами резания. Благодаря возможности увеличения производительности обработки решена проблема перехода на полную алмазную обработку на всех операциях шлифования: круглого, внутреннего, плоского шлифования и заточки инструментов. Станки (более 20 единиц) переоборудованы под электроэрозионное шлифование, укомплектованы изготовленными нами ма-

логабаритными специальными генераторами импульсного тока, реализующими оптимальный электрический режим обработки. В результате внедрения улучшены условия труда и экология производства, снижены потери от брака инструмента на операциях шлифования.

На Гомельском ПО "Кристалл" внедрена эффективная технология плоского алмазного шлифования твердосплавных матриц, используемых в оснастке синтеза алмазов. При шлифовании "чистого" твердого сплава (без присутствия стали), как правило, нет необходимости в непрерывной электроэрозионной правке алмазного круга в силу отсутствия его интенсивного засаливания, здесь достаточно ограничиться периодической правкой. С этой целью разработано специальное устройство для правки круга, которое аналогично алмазному карандашу удерживается в руке рабочего в момент правки и к которому подводится электрический ток от специального генератора импульсного тока. С помощью устройства можно периодически производить подзаправку алмазного круга, восстанавливая его режущую способность. Установлено, что данный способ правки эффективен с периодичностью правки от 15 минут и выше, в особенности при алмазном шлифовании хрупких материалов, не вызывающих интенсивного засаливания круга. Однако требуется переоборудование станка под электроэрозионное шлифование. Способ правки чрезвычайно прост и надежен. Широкая апробация и внедрение разработанных технологий алмазного шлифования в инструментальных производствах показали, что решение проблемы перехода на полную алмазную обработку без применения абразивных кругов в большинстве случаев требует использования крупногабаритных алмазных кругов на металлических связках, т.к. энергии электрических разрядов (при правке) недостаточно для обеспечения высокой режущей способности круга в условиях высокопроизводительного съема материала. Это предопределяет важность и актуальность разработанных технологий шлифования и электрооборудования для их осуществления.

Схема круглого наружного глубинного продольного шлифования использована для создания технологии алмазного шлифования колец из высокопрочных (неметаллических) силицированных графитов для изготовления торцевых уплотнений насосных агрегатов. Электроэрозионная правка алмазного круга на металлической связке осуществляется вне зоны резания с помощью специального правящего устройства. Внедрение технологии на Бердянском заводе "Южгидромаш" позволило в 2...5 раз увеличить производительность обработки и в 2...3 раза уменьшить расход алмаза, обеспечить съем всего припуска (до 2-х мм и более на сторону) за один продольный ход стола станка с высоким качеством обработки.

Торцевое алмазное двухстороннее шлифование керамических пластин на станках мод.3102

Данная схема шлифования на станке с вращающимся столом и непрерывной радиальной подачей в связи с большой площадью контакта двух кругов с обрабатываемыми керамическими пластинами является наиболее производительной из всего многообразия существующих кинематических схем шлифования.

Вместе с тем, высокая силовая напряженность процесса в связи с быстрым затуплением алмазных кругов на металлической связке приводит к растрескиванию тонких керамических пластин, образованию на них сколов и микротрещин, что увеличивает потери от брака. Для определения условий повышения эффективности шлифования рассмотрим полученные нами расчетные зависимости для определения составляющих силы резания P_y и P_z при шлифовании по жесткой схеме с фиксированной производительностью обработки Q :

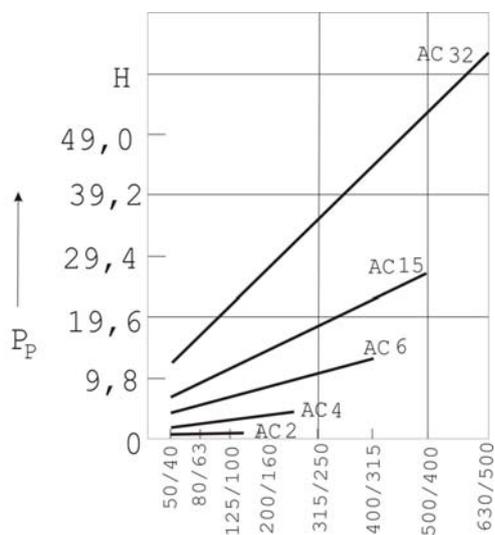


Рис.1. Гарантированные нормы прочности P_p шлифпорошков различных марок синтетических алмазов.

безразмерный коэффициент, учитывающий степень затупления режущего зерна, $0 \dots 1$ ($\eta \rightarrow 0$ – для острого зерна, $\eta \rightarrow 1$ – для затупившегося зерна).

Исходя из зависимости (1), уменьшить P_y можно уменьшением параметров Q и η и увеличением $V_{кр}$. Очевидно, оптимальным условием является уменьшение $\eta \rightarrow 0$, т.к. это не требует снижения производительности обработки Q . Для реализации данного условия необходимо использовать эффективную электроэрозионную правку алмазного круга, обеспечивающую качественное вскрытие алмазонасного слоя, удаление с рабочей поверхности затупившихся зерен, формирование на круге "острого" режущего рельефа.

Рассмотрим характер изменения параметра η , определяемого зависимостью:

$$P_y = \frac{\pi \cdot \text{tg} \gamma \cdot HV \cdot Q}{2 \cdot V_{кр} \cdot (1 - \eta)}, \quad (1)$$

$$P_z = \frac{Q}{V_{кр}} \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot \text{tg} \gamma \cdot \sigma_{сж} \cdot HV}{(1 - \eta)}}, \quad (2)$$

где $HV, \sigma_{сж}$ - соответственно твердость (по Виккерсу) и предел прочности на сжатие обрабатываемого материала, $\text{H}/\text{м}^2$; Q - производительность обработки, $\text{м}^3/\text{с}$; $V_{кр}$ - скорость круга, $\text{м}/\text{с}$; γ - угол при вершине конусообразного зерна; η -

$$\eta = \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{S}{\operatorname{tg}\gamma \cdot x^2} - 1\right)}}, \quad (3)$$

где 2γ - угол при вершине зерна; S - площадь поперечного сечения единичного среза, м²; x - величина линейного износа зерна, м.

Следуя зависимости (3), уменьшить η можно увеличением S и уменьшением x . При $x \rightarrow 0$ параметр $\eta \rightarrow 0$, т.е. основным условием уменьшения η является шлифование "острыми" режущими зернами, исключение образования на них площадок износа. Увеличение S ведет к уменьшению параметра η , однако это связано с увеличением производительности обработки Q , которая входит в числитель зависимости (1) и вызывает рост силы P_y . Таким образом показано, что увеличение параметра S не решает задачи снижения силы P_y .

Для повышения стойкости алмазного круга необходимо обеспечить удаление с рабочей поверхности зерен с заданной величиной линейного износа x . Это можно реализовать путем их объемного разрушения, выбирая соответствующим образом зернистость и марку алмаза. Данный вывод вытекает из зависимости для расчета радиальной составляющей силы резания P_{y1} , действующей на отдельное зерно круга:

$$P_{y1} = 0.5 \cdot \pi \cdot \operatorname{tg}\gamma \cdot HV \cdot \left(\frac{S}{\operatorname{tg}\gamma} + x^2 \right). \quad (4)$$

При фиксированных значениях HV , S , X , γ сила P_{y1} , действующая на отдельное зерно, должна быть равна прочности зерна на раздавливание. Очевидно, с увеличением твердости обрабатываемого материала HV сила P_{y1} увеличивается, что требует применения алмазных кругов на прочных металлических связках с прочными алмазами и повышенной зернистостью. Как показано в работе [1], увеличение зернистости ведет к росту прочности зерна на раздавливание, рис.1. Следовательно, при шлифовании керамик высокой твердости необходимо использовать крупнозернистые алмазные круги на металлических связках типа М2-01. Снижение прочностных характеристик рабочей поверхности круга приведет к уменьшению его стойкости вследствие интенсивного разрушения зерен и их выпадения из связки (например, при использовании кругов на малопрочных органических связках), а чрезмерное увеличение прочностных характеристик круга - к образованию значительных площадок износа на зернах ($\eta \rightarrow 1$) и значительному увеличению сил резания.

Следуя зависимости (4), уменьшение параметров S и x позволяет использовать меньшую зернистость, а также круги, характеризующиеся меньшей прочностью рабочей поверхности (менее прочные связки, алмазные зерна и т.д.).

Для практической реализации условия $\eta \rightarrow 0$ применительно к схеме торцового алмазного двухстороннего шлифования керамических пластин на станке мод. 3102 разработана конструкция правящего устройства для электроэрозионной периодической правки одновременно двух кругов (установленных параллельно), не снимая их со станка.

Устройство обеспечивает работу в автоматическом режиме. Применение устройства позволяет производить качественное вскрытие алмазосодержащего слоя затупившихся кругов, устранение торцового биения кругов, поддержание прямолинейности профиля рабочей части кругов, что способствует снижению сил и температуры резания, повышению производительности, точности и качества обработки, снижению потерь от брака шлифуемых пластин. Уменьшение сил резания снижает нагрузки на радиально-упорные подшипники шпиндельного узла станка и увеличивает надежность его работы. Применение правящего устройства позволяет также уменьшить расход алмаза за счет исключения малоэффективной механической правки кругов. Применение эффективной электроэрозионной правки, обеспечивающей поддержание на круге "острого" режущего рельефа ($\eta \rightarrow 0$), позволило использовать при шлифовании керамики алмазные круги на металлических связках повышенной зернистости (250/200), которые в обычных условиях в связи с невозможностью достаточного вскрытия зерен практически не работоспособны. Данная технология алмазного шлифования внедрена на предприятии радиоэлектроники. Под данную технологию переоборудованы все станки основного производства. На этом же предприятии внедрены технологии профилирования алмазных кругов формы 1А1 диаметром 300 мм, используемых для фасонного шлифования керамических изделий. Технология основана на электроэрозионном воздействии на алмазный круг с помощью специальных правящих электродов. Это позволило решить проблему создания сложных геометрических профилей на круге, повысить производительность и качество фасонного шлифования изделий из керамик высокой твердости. Технология использована при круглом наружном и плоском шлифовании.

Литература

1. Захаренко И.П. Основы алмазной обработки твердосплавного инструмента. – К.: Наук. думка, 1981. – 300 с.
2. Теоретические основы резания и шлифования материалов: Учеб. пособие / А.В. Якимов, Ф.В. Новиков, Г.В. Новиков, Б.С. Серов, А.А. Якимов. – Одесса: ОГПУ, 1999. – 450 с.

УДК 621.9.01

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В ЗОНЕ РЕЗАНИЯ СПЛОШНОГО И ПРЕРЫВИСТОГО КРУГОВ

Якимов А.В., док. техн. наук, Дмитриева С.Ю.

(г. Одесса, Украина)

The article is dedicated to physical processes, which take place in zone of cutting during grinding.

Процесс прерывистого шлифования сопровождается термоциклированием.

При термоциклировании возрастают скорости нагрева и охлаждения поверхностных слоев, что создает условия, существенно отличающиеся от термических процессов, которые протекают при печном нагреве.

Большие скорости нагрева и охлаждения при наличии больших удельных давлений вызывают появление в поверхностном слое структур с повышенным процентным содержанием аустенита и высокой твердостью.

Размах колебаний температур при термоциклировании зависит от размеров режущих выступов l_1 и впадин l_2 и может достигать 200-600 °С. Например, при шлифовании стали X12M кругом $l_1 = 65$ мм, $l_2 = 65$ мм размах колебаний температур равен 400 °С, а при шлифовании кругом $l_1 = 33$ мм и $l_2 = 33$ мм размах колебаний температур в 2 раза меньше (200 °С). Разность ординат между кривыми 1 и 2 (рис. 1) определяет размах колебаний температур за период прохождения режущего выступа и впадины.

Установлено, что на характер структурных превращений в поверхностном слое влияет перераспределение тепла между деталью, кругом и стружкой. Количество тепла, поглощаемое деталью, учитывается коэффициентом тепловоговода K_T .

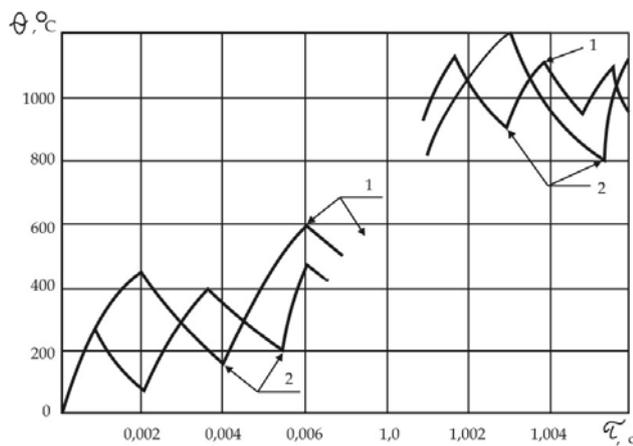


Рис. 1. Изменение температуры во времени. Режим: $t = 0,06$ мм, $V_\delta = 3$ м/с.

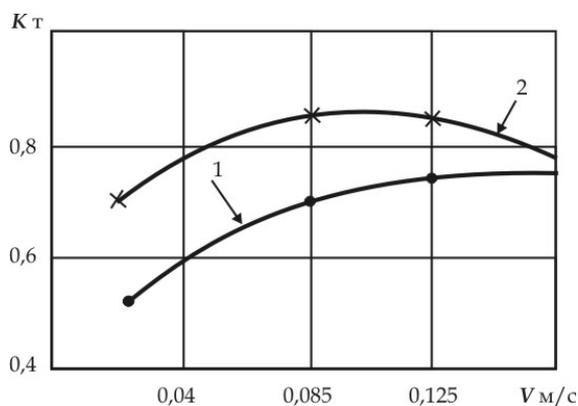


Рис.2. Зависимость коэффициента тепловоговода от скорости движения стола: 1 - прерывистое шлифование; 2 - шлифование сплошным кругом.

Зависимость этого коэффициента от скорости перемещения детали представлена на рис. 2 [1].

При шлифовании сплошным кругом на режиме $V_\delta = 0,0225$ м/с, $t = 0,1$ мм доля тепла, поглощаемая деталью, составляет $K_T = 0,75$, а при шлифовании прерывистым кругом 33A16CT2K6 доля тепла, поглощаемая деталью, уменьшается до $K_T = 0,55$. С увеличением скорости детали коэффициент тепловоговода возрастает. При $V_\delta = 0,125$ м/с коэффициент тепловоговода при прерывистом шлифовании равен $K_T = 0,70$, а при шлифовании сплошным кругом $K_T = 0,84$.

Коэффициент тепловоговода зависит также от отношения скоростей V_{kp}/V_δ . Например, при шлифовании со скоростью перемещения детали $V_\delta = 0,0225$ м/с, $V_{kp} = 30$ м/с, отношение $V_{kp}/V_\delta = 1333$, а при $V_\delta = 0,125$ м/с, $V_{kp}/V_\delta = 240$.

С увеличением отношения V_{kp}/V_δ возрастает количество оборотов шлифовального круга за период прохождения зоны контакта. Следовательно, возрастает доля тепловой энергии, которая уносится кругом из зоны резания.

Кроме этого при прерывистом шлифовании режущие зерна удаляют припуск отдельными тонкими слоями (рис. 3).

Режущие зерна, расположенные на передней кромке режущего выступа, срезают верхний слой (заштрихованная зона). Выделившееся тепло стремится распространиться в глубинные слои металла. Но это тепло не успевает проникнуть на глубину срезаемого припуска t , как следующая группа зерен, расположенных на

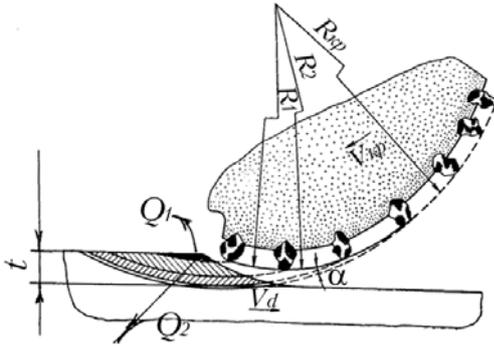


Рис. 3. Баланс тепла при прерывистом шлифовании.

Установлено, что изменение любого параметра режима шлифования приводит к изменению не менее двух теплофизических параметров процесса, которые определяют физико-механическое состояние поверхностного слоя. Например, с уменьшением скорости детали V_0 возрастает максимальная температура, увеличивается глубина прогрева материала, уменьшается скорость охлаждения.

Таблица 1.

$\frac{l_1}{l_1 + l_2}$	Глубина шлифования t мм	Скорости детали V м/с	
		0,06	0,17
1,0	0,1	0,8	—
	0,3	0,6	—
	0,02	—	0,81
0,5	0,1	0,6	—
	0,3	0,4	—
	0,02	—	0,60

С увеличением глубины шлифования возрастают силы резания и мощность, затрачиваемая на резание, увеличивается ширина зоны контакта $2h = \sqrt{Dt}$ круга с изделием, увеличивается площадь контакта и увеличивается время теплового воздействия источника на поверхность обрабатываемой детали. Эти факторы играют исключительно важную роль при формировании физико-механического состояния поверхностного слоя.

Для устранения шлифовочных дефектов необходимо уменьшать температуру и время ее воздействия на шлифуемую поверхность.

Температура в зоне контакта пропорциональна интенсивности теплового потока q и времени воздействия температуры τ

$$T \equiv q \cdot \tau.$$

С увеличением глубины резания увеличивается мощность, затрачиваемая на резание, и, как следствие, возрастает интенсивность теплового потока

$$q \equiv k \cdot N.$$

С другой стороны, с увеличением глубины резания увеличивается площадь контакта. С увеличением площади контакта интенсивность теплового потока будет уменьшаться

$$q \equiv \frac{1}{C \cdot F}.$$

Какой из указанных параметров будет оказывать преобладающее влияние на интенсивность теплового потока. Температура в зоне контакта в различных интервалах глубин шлифования может возрастать, оставаться неизменной или уменьшаться.

С увеличением скорости детали уменьшается время воздействия теплового источника на поверхность

$$\tau_1 \equiv \frac{1}{V_0}.$$

Следовательно, с увеличением скорости температура в зоне контакта будет уменьшаться. С другой стороны, с увеличением скорости увеличивается мощность, затрачиваемая на резание. Пропорционально мощности увеличивается интенсивность теплового потока, а следовательно температура.

Какой из указанных параметров будет оказывать преобладающее влияние? Температура в зоне контакта при изменении скорости детали может возрастать, оставаться неизменной или уменьшаться.

Для управления качеством поверхностного слоя необходимо установить функциональную зависимость глубины проникновения температуры, достаточной для протекания фазовых превращений, с режимом шлифования

(скорость V_δ , глубина шлифования t и скоростью круга), а также теплофизическими свойствами обрабатываемого материала (коэффициентами температуропроводности a и теплопроводности λ).

Максимальную температуру, при которой происходят фазовые превращения на глубине X_{max} , можно найти по уравнению [3]

$$\theta_{X_{max}} = \frac{16q}{\lambda} \cdot \left(\sqrt{\frac{a \cdot h}{V_\delta}} - 0,5 \cdot X_{max} \right) \cdot \left(1 - 0,1 \cdot \sqrt{\frac{a}{V_\delta \cdot h}} \right), \quad (1)$$

где q – интенсивность теплового потока, Вт/м²; h – полуширина теплового источника, мм; V_δ – скорость детали, мм; a – коэффициент температуропроводности, м²/с; λ – коэффициент теплопроводности Дж/м².

Зависимость (1) справедлива для условия $\theta_{X_{max}} \geq 0,5 \cdot \theta_{max}$ (θ_{max} – максимальная температура на поверхности).

Если принять максимальную температуру на глубине $\theta_{X_{max}}$ равную температуре фазовых превращений $\alpha \rightarrow \gamma$, то из уравнения (1) можно найти зависимость для определения глубины проникновения структурных превращений [4, 5]

$$X_{max} = \frac{2 \sqrt{\frac{ah}{V_\delta}} - 0,16 \cdot \frac{a}{V_\delta} - \frac{\theta_{X_{max}} \cdot \lambda}{q}}{1 - 0,1 \cdot \sqrt{\frac{a}{V_\delta h}}}. \quad (2)$$

Данное уравнение справедливо для бесконечно длинного полосового источника. Такую схему можно использовать, например, для плоского шлифования, зубошлифования на станке МААГ (5851) с нулевой настройкой кругов.

Однако есть схемы шлифования, которые имеют ограниченный источник, например, при шлифовании на станке НАИЛС.

С учетом ограниченности теплового источника уравнение для определения глубины проникновения структурных превращений имеет вид [3]

$$X_{max} = \frac{2 \sqrt{\frac{ah}{V_\delta}} - 0,2 \cdot \frac{a}{V_\delta} - \frac{\theta_{X_{max}} \cdot \lambda}{M_0 \cdot q}}{1 - 0,1 \cdot \sqrt{\frac{a}{V_\delta h}}}, \quad (3)$$

где коэффициент M_0 определяется из выражения [3]

$$M_0 = \frac{(1 - e^{-1,1L})H}{11,8 \cdot \sqrt{L}} + (1 - e^{1,1L}), \quad (4)$$

где $L = l \cdot V_\delta / 2a$ (l – абсолютная длина теплового источника); $H = V_\delta \cdot h / 2a$ – безразмерная полуширина теплового источника.

Высокоскоростной нагрев поверхностного слоя до температуры выше критической точки A_{C1} вызывает появление белого нетравящегося слоя с повышенной твердостью $H_{100}=11000$ мПа ... 12000 мПа, при исходной микротвердости до шлифования $H_{100}=8000$ мПа и повышенным процентным содержанием аустенита до 35–40%.

Под упрочненным белым слоем, состоящем из мелкодисперсного мартенсита, залегает зона отпущенных троостито-сорбитных структур с твердостью $H_{100}=4000$ мПа. Количество аустенита в структуре белого упрочненного слоя зависит от процентного содержания углерода. Например, в сталях, содержащих 0,45, 0,7, 1,0 и 1,2% углерода, содержание аустенита в белом слое соответственно равно 5–10, 5–20, 30–35, 45–50%. Как видно, чем больше в стали углерода, тем больше содержание аустенита.

На качество поверхностного слоя при шлифовании оказывает влияние также характеристика круга. Например, при шлифовании стали X12M на режиме $V_{kp} = 35$ м/с, $V_\delta = 0,1$ м/с, $t = 0,022$ мм, кругами 24A16HC25K5, 24A25HC25K5, 24A40HC25K5 получены следующие показатели качества (табл. 2) [2].

Таблица 2

Характеристика круга	Температура °С	Степень отпуска %	Глубина отпуска слоя, мкм
24A16HC25K5	740	27	70
24A25HC25K5	580	17	33
24A40HC25K5	550	13	27

С повышением твердости круга от M2 до C2 температура в зоне контакта возрастает от 440 °С до 580 °С, степень отпуска изменяется от 7 до 17 % и глубина залегания отпущенных структур – от 15 до 33 мкм.

Появление отпущенных структур сопровождается возникновением в поверхностном слое растягивающих напряжений.

Характер протекания фазовых превращений при шлифовании зависит от энергетического комплекса, включающего плотность теплового потока и время воздействия теплового источника

$$E = q \cdot \tau. \quad (5)$$

Этот параметр характеризует энергию, поступающую через единичную площадку поверхности за все время действия источника.

Плотность теплового потока при условии равномерного распределения нагрузки равна

$$q = \frac{k_1 \cdot N}{2h \cdot l}, \quad (6)$$

где N – мощность, затрачиваемая на резание; k_1 – коэффициент тепловода; $2h \cdot l$ – площадь зоны контакта.

Время действия теплового источника определяется его шириной в направлении перемещения и скоростью движения

$$\tau = \frac{2h}{V_0}. \quad (7)$$

После подстановки выражений (6) и (7) в уравнение (5) получим

$$E = q \cdot \tau = \frac{k_1 \cdot N}{l \cdot V_0} \text{ (Дж/мм}^2\text{)}. \quad (8)$$

Здесь мощность шлифования N и коэффициент тепловода с увеличением скорости V_0 возрастает, а коэффициент $\frac{1}{V_0}$ уменьшается. Следовательно, зависимость (8) будет иметь экстремум.

Удельная поверхностная энергия E определяет толщину дефектного слоя δ . В таблице 3 представлена зависимость твердости вторично закаленного поверхностного слоя Ст45 от удельной поверхностной энергии

Таблица 3

E , Дж/мм ²	15	40	90	120
H_{100} (МПа)	8300	10000	7000	4000

Из данных приведенных в таблице 3, видно, что для получения безструктурного мартенсита с высокой твердостью процесс шлифования должен протекать со строго определенной поверхностной энергией. Этот параметр, учитывающий комплексное влияние мощности, затрачиваемой на шлифование, и времени воздействия теплового потока, может быть использован в качестве регулируемого параметра при управлении физико-механическими свойствами поверхностного слоя.

Из анализа данных, приведенных в таблице 3, видно, что при малом значении удельной поверхностной энергии E наблюдается некоторое занижение микротвердости. Здесь мартенсит, полученный при этих условиях, имеет мелкокристаллическое строение, но из-за малого времени воздействия теплового источника диффузионные процессы не успевают полностью завершиться, в результате в структуре имеются включения феррита.

Увеличение длительности воздействия теплового источника приводит к росту игл мартенсита и отпуску, т.е. распаду мартенсита на троостито-сорбитную структуру. При больших значениях E скорость охлаждения может быть ниже критической скорости закалки.

Следовательно, для получения без структурного мартенсита с высокой твердостью процесс шлифования должен протекать со строго определенной поверхностной энергией. Для стали 45 критическая точка E равна 40 Дж/мм² [1].

Проведенный анализ физических процессов, протекающих в зоне шлифования, позволяет сделать следующие выводы:

1. Увеличение стойкости вырубных штампов можно обеспечить путем обеспечения исходной структуры, сформированной после химико – термической обработки.
2. Увеличение стойкости вырубных штампов можно обеспечить путем нанесения на режущих кромках штампов белого нетравящего слоя повышенной твердости.

Литература

1. Ложкина Л.А. Температурный режим тонкостенных деталей при шлифовании // Абразивно – алмазная обработка. – Пермь, 1983. – С.17-20;
2. Якимов А.В. Прерывистое шлифование. Высшая школа. Киев – Одесса 1986. 176 с.;
3. Сипайлов В.А. Тепловые процессы при шлифовании и управление качеством поверхности. – М.:Машиностроение, 1978. – 164 с.;
4. Бояршинов Т.А. Возможности упрочняющего шлифования // Управление качеством в механо – сборочном производстве // – Пермь, 1977. – С.25-27;
5. Политов М.Ф. Исследование и разработка технологических рекомендаций по управлению белого слоя при шлифовании. Дисс...канд.тех.наук. Одесса. 1979 – 255 с.

УДК 621.9.011

ДИАГНОСТИКА РЕЗЬБОШЛИФОВАНИЯ ХОДОВЫХ ВИНТОВ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ

Ларшин В.П., докт. техн. наук, проф., Лищенко Н.В.

(г. Одесса, Украина)

Diagnostic system structural scheme and algorithm its functioning are given.

Передачи винт-гайка качения находят широкое применение в станкостроении, авиации, атомной и военной технике. Высокая кинематическая точность, плавность хода, малый момент трения, высокий к.п.д. – все это предопределило высокую потребность станкостроения и других отраслей промышленности Украины и других стран СНГ в этих передачах. Для выхода с данным продуктом на международный рынок необходимо сертифицировать систему менеджмента качества на предприятии в соответствии со стандартом ISO 9001.

Известны два основных метода обеспечения стабильности качества продукции: контроль продукта и контроль процесса [1]. Помимо таких перспективных направлений в технологии машиностроения как САПР и ЧПУ станками все более актуальным на машиностроительных предприятиях является развитие систем информационной поддержки на всех этапах жизненного цикла продукта, в том числе на этапах подготовки производства и, собственно, производства. В настоящее время это направление нашло свое воплощение, в так называемых CALS-технологиях, в состав которых включены и указанные выше перспективные направления.

Однако слабым звеном информационного обеспечения производственного процесса является технологическая система механообработки (рабочее место), например, технологическая система резьбошлифования. Технологическая система, как правило, связана с конкретным рабочим местом и рабочий-резьбошлифовщик обязан выполнять технологические регламенты, установленные для обеспечения качества выпускаемой продукции.

Если точностные параметры могут быть проконтролированы существующими измерительными средствами, то контроль качества поверхностного слоя является весьма трудоемкой процедурой и чаще всего осуществляется визуально или разрушающими методами контроля. Поэтому часто качество продукта обеспечивается соблюдением технологических регламентов при изготовлении продукта. К числу технологических регламентов относятся, например, такие как вид технологического оборудования и оснастки, частота и режимы правки круга, режимы шлифования и т.п. Дополнительно можно контролировать параметры, характеризующие теплонапряженность процесса. Своевременное получение этой информации как самим резьбошлифовщиком, так и службой управления качеством позволит управлять процессом и, следовательно, не допустить появления дефектов шлифования (прижогов и микротрещин). Получение информации в результате контроля процесса может быть произведено на основе компьютерной системы сбора данных (ССД), которая вместе с системой диагностики встроена в технологическую систему резьбошлифования и позволяет фиксировать режимные параметры обработки, и параметры, характеризующие теплонапряженность процесса, например, температуру в зоне резания, глубину дефектного слоя и т.п.

Структурная схема системы приведена на рис.1, где обозначено: ДОД- датчик оборотов детали, КВ- конечный выключатель конца прохода, БФР- блок фиксации резания, ДСВ- датчик смены винта, ПНК- прибор неразрушающего контроля, «RESERV» - резервная ячейка для сигнала, «ALARM» - сигнал предостережения, ПАМ – преобразователь активной мощности, ДС – датчик скорости, ДГШ – датчик глубины шлифования, ДД – датчик деформации, «касание» - сигнал касания круга и заготовки, «размер» - сигнал достижения заданного размера, «сотни», «десятки», «единицы» - сигналы имитатора глубины шлифования, LSP – жидкокристаллический цифровой индикатор, RS-232 – стандартный последовательный интерфейс, ТС – технологическая система, МК – микроконтроллер, ПК- персональный компьютер, ИМ – исполнительный механизм станка. На рис.2 показана структурная схема алгоритма, состоящая из двух частей (рис.2,а, б).

Блок-схема алгоритма (рис.2) содержит комментарии и в дополнительном описании нет необходимости. Некоторые особенности алгоритма рассмотрим ниже в зависимости от состояния сигнала ПНК.

При ПНК=0 уровень Р снимается непрерывно. Если этот уровень изменяется по величине P_{ij}, n_{ij}, t_{ij} и по скорости одновременно (нарушены пороги по уровню c_1 и скорости c_2 – они задаются в программе), то компьютер формирует сигнал БФР=1, который разрешает подсчет импульсов датчика оборотов детали (ДОД) до числа N (например N=5). В этот момент (N=5) компьютер из поступающих непрерывно аналоговых сигналов берет усредненные значения сигналов P, n, t (например, усредненные за секунду по десяти точкам синхронно с частотой сети). Эти данные переводятся в натуральные единицы по формулам градуировки в программе MathCAD.

Математические модели (ММ) градуировки преобразователя активной мощности (ПАМ) (работает в трех режимах чувствительности) сведены в табл.1.

Таблица 1

Чувствительность ПАМ	Низкая	Средняя	Высокая
Математическая модель градуировки	$P = ax + b$		
	$a = 494,97$	$a = 298,04$	$a = 105,13$
	$b = -293,94$	$b = -126,48$	$b = -46,729$
Примечание: 1. a, b – коэффициенты Вт/В и Вт, соответственно. 2. Индексы i, j – опущены.			

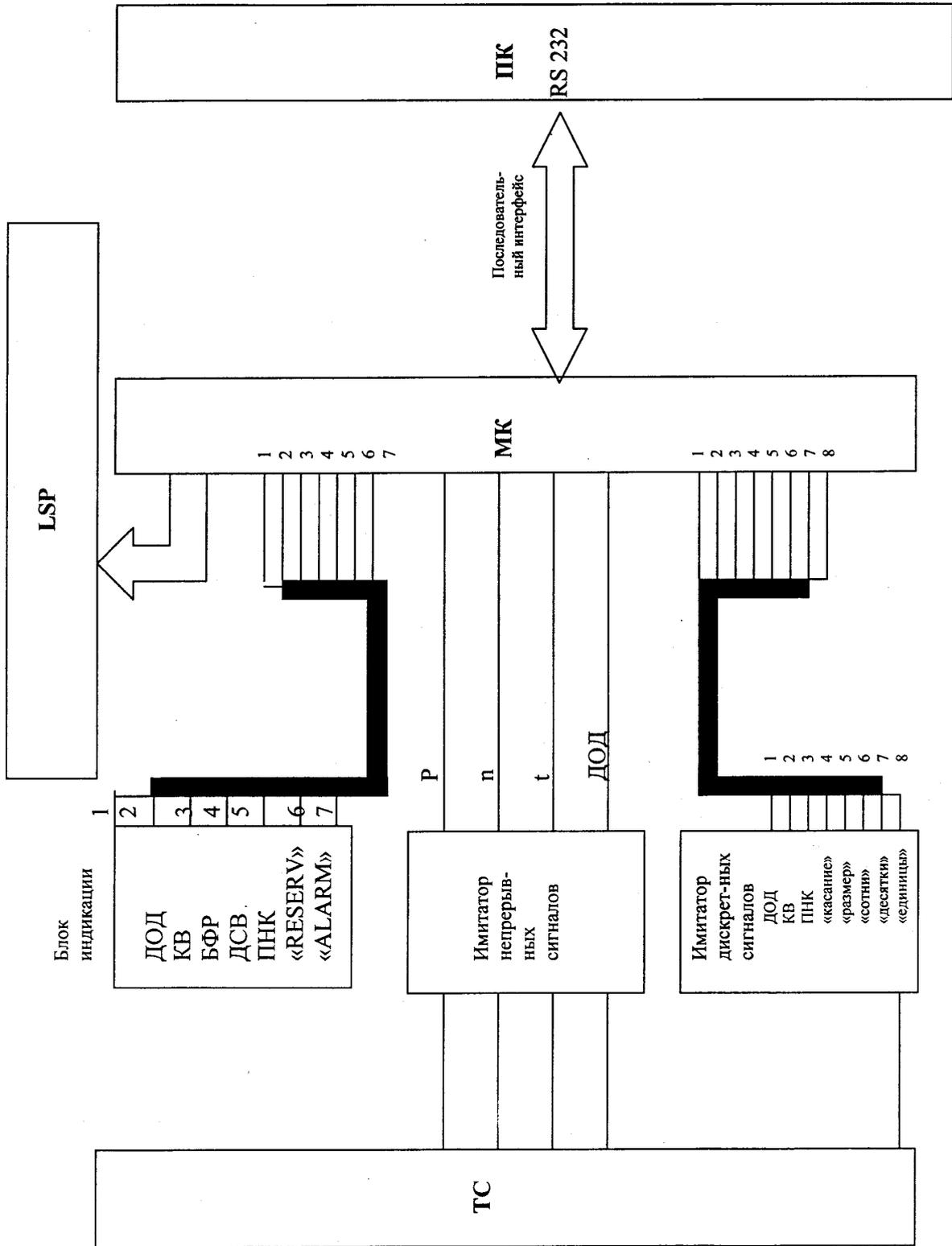
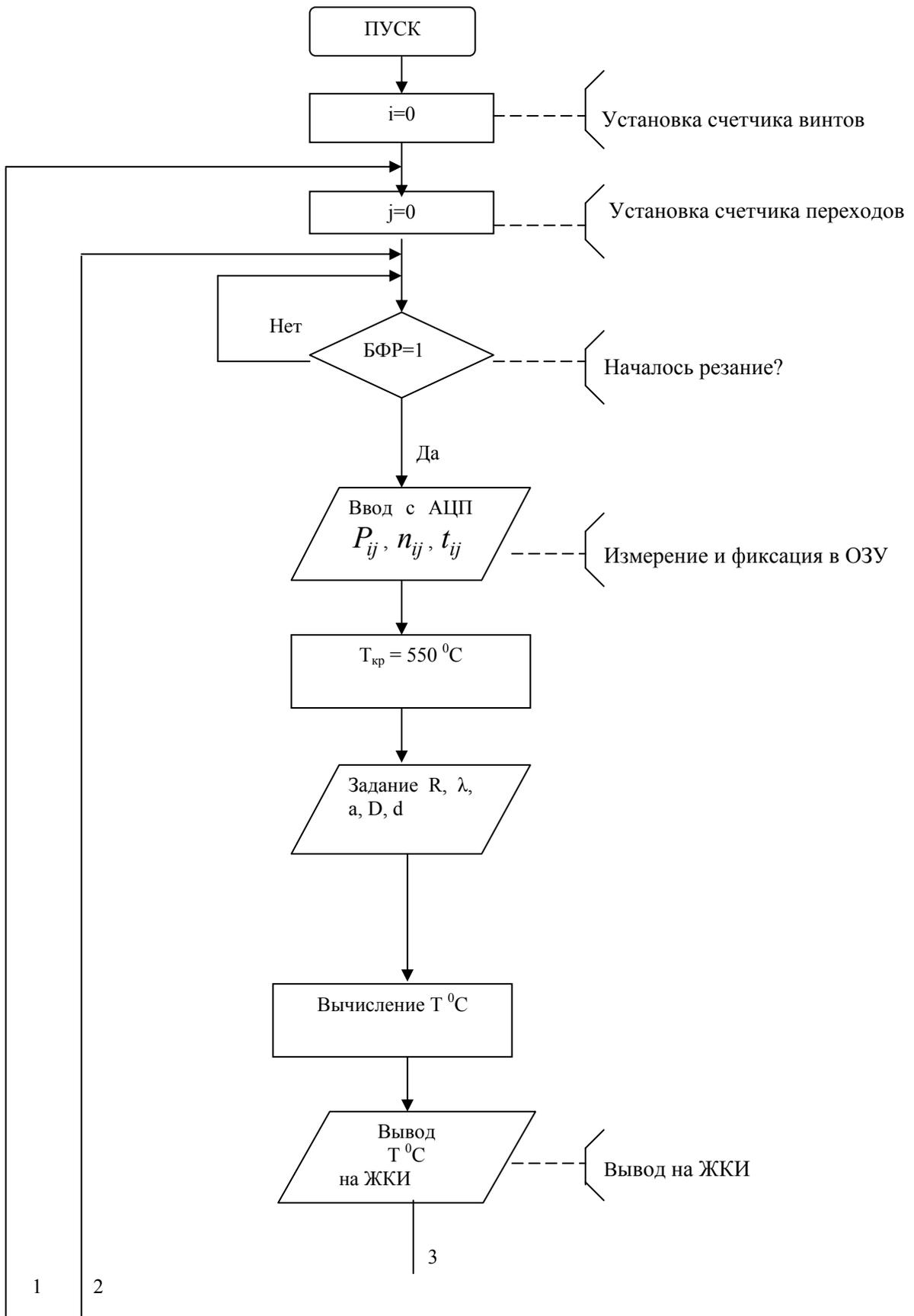


Рис.1. Структурная схема системы диагностики.



а)

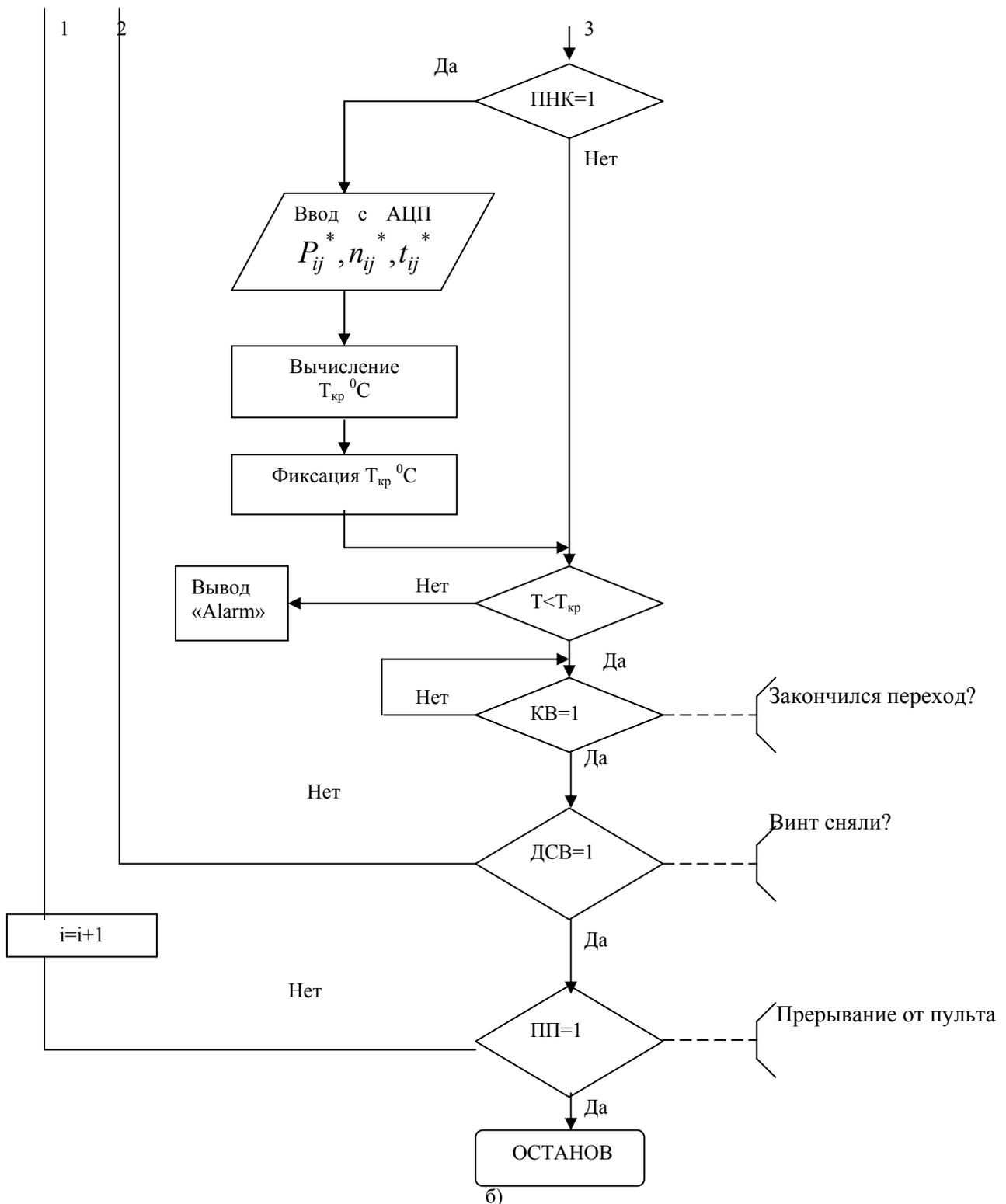


Рис.2. Блок-схема алгоритма: P_{ij}^* , n_{ij}^* , t_{ij}^* - мощность шлифования, частота вращения заготовки и глубина шлифования при обработке i -го винта на j -ом проходе.

ММ градуировки для преобразователя частоты вращения заготовки (датчик скорости детали (ДСД))

$$n = k_n \cdot U_n, \quad (1)$$

где k_n - коэффициент. $k_n = 0,8$ (м/мин)/В.

ММ градуировки преобразователя глубины шлифования (датчик глубины шлифования (ДГШ))

$$t = k_t \cdot U_t, \quad (2)$$

где k_t - коэффициент. $k_t = 0,2$ мм/В.

Для контрольного примера расчета температуры шлифования (в зоне обработки) в программе MathCAD в

качестве исходных данных необходимо задать теплофизические параметры $a = 8 \cdot 10^{-6}$ м²/с; $\lambda = 42 \text{Вт} / \text{м} \cdot ^\circ \text{C}$; геометрические параметры: радиус профиля канавки $R = 3 \cdot 10^{-3}$ м, диаметр шлифовального круга $D = 400 \cdot 10^{-3}$ м, диаметр детали $d = 40 \cdot 10^{-3}$ м. Переменные q и τ , которые находят в программе MathCAD следующим образом:

$$q = \frac{P}{S}, \text{Вт/м}^2, \quad (3)$$

где P - мощность резбошлифования, Вт; S - площадь пятна контакта, м².

Мощность шлифования P определяют (программным путем) по формуле

$$P = P_{\Sigma} - P_{xx}, \quad (4)$$

где P_{Σ}, P_{xx} - мощность, потребляемая электродвигателем привода шлифовального круга в режиме работы и холостого хода, соответственно, Вт.

Запоминание уровня сигнала P_{xx} происходит каждый раз при появлении сигнала БФР=1 (алгоритм формирования сигнала БФР=1 представлен выше).

Площадь S пятна контакта находят по следующим формулам [2].

Для первого прохода

$$S = 2 \sqrt{\frac{D \cdot d}{D + d}} \int_0^{r \cdot \arccos \left[\frac{R-t1}{R} \right]} \sqrt{\sqrt{R^2 - x^2} - (R-t1)} dx, \quad (5)$$

где $t1$ - глубина шлифования на первом проходе, мм; x - переменная интегрирования.

Для любого $(k+1)$ - го прохода, начиная со второго $(k=1)$

$$S_{k+1} = \sqrt{\frac{D \cdot d}{D + d}} t_{k+1} \cdot r \left[\arccos \frac{R - \sum_{i=1}^k t_i}{R} + \arccos \frac{R - \sum_{i=1}^{k+1} t_i}{R} \right], \quad (6)$$

где t_{k+1} - глубина шлифования на любом k - ом проходе $(1 \leq k \leq n-1)$.

Время действия теплового источника τ

$$\tau = \frac{\sqrt{\frac{D \cdot d}{D + d}} \cdot t}{V}, \text{с.} \quad (7)$$

Скорость заготовки при шлифовании V

$$V = \frac{\pi \cdot n \cdot R}{30}, \text{м/с.} \quad (8)$$

Рассчитывают критерий Фурье F_0

$$F_0 = \frac{a \cdot \tau}{R^2}. \quad (9)$$

Далее рассчитывают температуру по следующей формуле

$$T = -\frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{\infty} \left[1 - \exp \left(-\frac{a \cdot \tau}{R^2} \cdot \zeta^2 \right) \right] \cdot \frac{J_0 \left(\zeta \cdot \frac{r}{R} \right) \cdot Y_1(\zeta) - Y_0 \left(\zeta \cdot \frac{r}{R} \right) \cdot J_1(\zeta)}{\zeta^2 \cdot [J_1^2(\zeta) + Y_1^2(\zeta)]} d\zeta \times \frac{q \cdot R}{\lambda}. \quad (10)$$

Верхний предел интеграла выбирается в зависимости от численного значения критерия Фурье (табл. 2)

Таблица 2

Значения (Limit) верхнего предела интегрирования

F_0	$(0-1) \times 10^{-5}$	$(1-20) \times 10^{-5}$	$(20-600) \times 10^{-5}$	$(600-50 \times 10^3) \times 10^{-5}$	$(50 \times 10^3 - 200 \times 10^3) \times 10^{-5}$	$> 200 \times 10^3 \times 10^{-5}$
Limit	$100 \times 10^3 - 700 \times 10^3$	$100 \times 10^3 - 22 \times 10^3$	$22 \times 10^3 - 9 \times 10^3$	$9 \times 10^3 - 8 \times 10^3$	$1 \times 10^3 - 8 \times 10^3$	1×10^3

Выводят значение температуры T ⁰С на монитор компьютера (рис.3) и на внешний цифровой индикатор, расположенный на передней панели устройства сопряжения (УСО).

Сформировать ячейку памяти для системы сбора данных:

- 1) определить адрес этой ячейки
- 2) записать туда следующие числа: 1) номер обрабатываемого винта; 2) номер прохода шлифования; 3) параметры, характеризующие этот проход: текущую дату и время суток, P_{ij} , n_{ij} , t_{ij} и T_{ij} ⁰С, где i, j - номера винтов и проходов, соответственно.

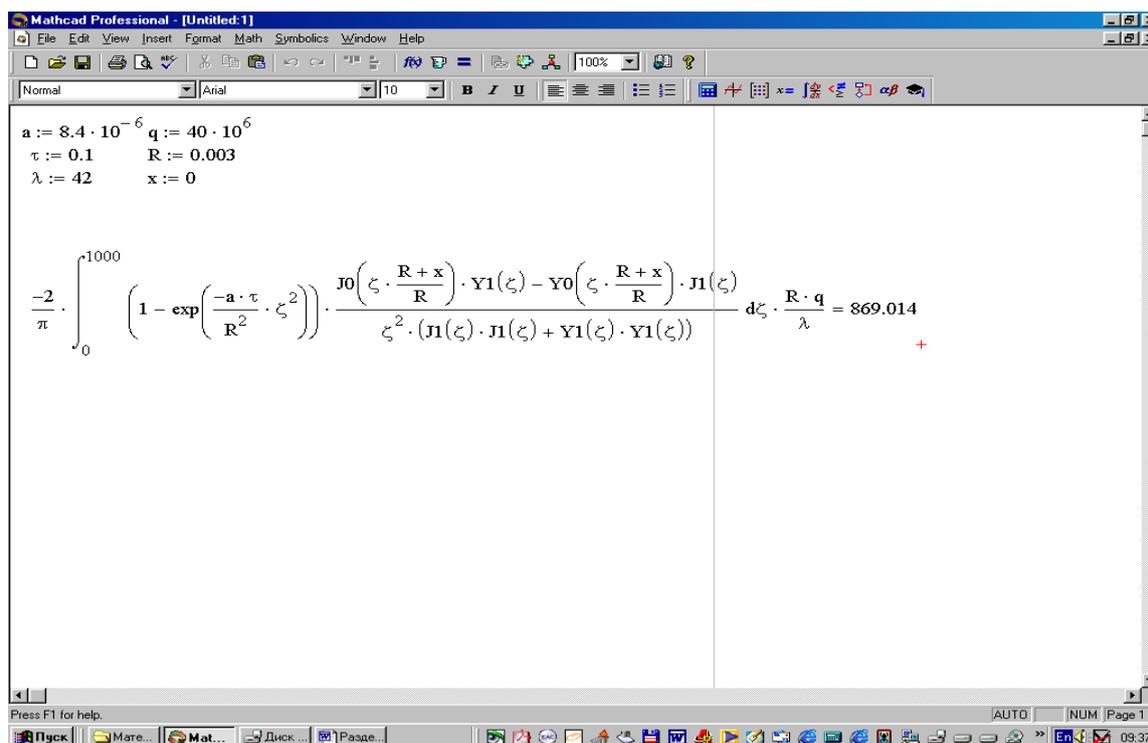


Рис. 3. Вид экрана монитора компьютера после расчета температуры шлифования в программе MathCAD.

Далее система находится в состоянии ожидания сигнала КВ=1(конец прохода). При появлении сигнала КВ=1 счетчик числа проходов увеличивает свое содержимое на 1. Подготавливается следующая ячейка для записи данных в системе сбора данных. Ячейка – это область памяти, в которой содержатся данные следующего вида (номер винта, номер прохода, а также мощность P_{ij} , глубина шлифования t_{ij} , скорость n_{ij}). После этого система переходит в режим ожидания сигнала БФР=1, после появления, которого опять подсчитывается число оборотов детали, и когда оно становится, например, $N=5$, формируется новая ячейка памяти по описанной выше схеме. Затем система переходит в режим ожидания сигнала КВ=1 и т.д. до появления сигнала датчика деформации ДСВ=1. Алгоритм формирования сигнала ДСВ=1 следующий: контролируется аналоговый уровень сигнала ДСВ и, когда он превышает известную величину, например, 4,5 В, должен сработать дискретный преобразователь (например, на основе операционного усилителя типа УТ), который вырабатывает сигнал логической единицы (сигнал ДСВ=1). После появления сигнала ДСВ=1 счетчик винтов увеличивает свое содержимое на 1 и формирует очередную ячейку для записи данных в ССД, которая производится по описанному выше алгоритму до появления нового сигнала ДСВ=1 (между двумя этими сигналами ДСВ=1 несколько раз появляется сигнал КВ=1, по которому осуществляется запись данных по проходам на интервале времени обработки одного и того же винта). Причем появление сигналов БФР=1, КВ=1, ДОД=1, ДСВ=1 должно сопровождаться включением соответствующих индикаторных светодиодов на передней панели УСО.

Таким образом, в ССД в процессе работы станка формируется база технологических данных, характеризующих технологический процесс резбошлифования всех обработанных винтов (и всех проходов обработки этих винтов). Эта база данных непрерывно пополняется и пользователь в любой момент времени имеет возможность узнать ее текущее состояние (например, сколько винтов обработано к данному моменту времени). Эта база данных должна иметь управление от соответствующей системы управления (СУБД), например, от СУБД типа MS ACCESS. Пользователь может получить информацию из этой базы по любому характеризующему ее признаку. Например, он может получить данные, характеризующие обработку на 3-ем проходе 5-го винта или данные по обработке в указанный день и интервал времени суток, или выбрать данные, характеризующие повышенной температурой с подробным описанием этих данных.

В момент появления сигнала ПНК=1 определяют в этот момент времени (P_{ij}^* , n_{ij}^* , t_{ij}^* , измеренные в этот момент) температуру шлифования. Полученная в этот момент времени температура шлифования является критической $T_{кр}$ (при этой температуре на поверхности образуется шлифовальный прижог). Эту температуру фиксируют на время прохода и снова сравнивают ранее найденную температуру шлифования с новым значением $T_{кр}$. Далее работа системы осуществляется по блок-схеме алгоритма.

Литература

1. Stoiber F., Duke T. SPC for quality plastic parts. – Machine Design. – 1989 Volume 61. – №2. – P.43-47.
2. Управление процессом шлифования /А. В. Якимов, А.Н. Паршаков, В.И. Свищев, В.П. Ларшин. – Киев: Техніка, 1983. – 184 с.

УДК 621.9.011

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЗУБОШЛИФОВАНИЯ МЕТОДОМ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Ларшин В.П., докт. техн. наук, проф.
(г.Одесса, Украина)

Optimization task transforming to the geometrical program method is worked out

Рассмотрим возможность применения метода геометрического программирования для оптимизации рабочего цикла зубошлифования на станках типа МААГ, работающих по методу обката двумя тарельчатыми кругами. В соответствии с работой [1] машинное время зубошлифования при удалении припуска за два прохода ($n = 2$) составляет

$$\tau_2 = M \left\{ \frac{t_1^\alpha}{\left(\frac{Z-t_1}{a} + N_0 \right)^\varepsilon} + \frac{(Z-t_1)^\alpha}{N_0^\varepsilon} \right\}, \quad (1)$$

где t_1 - глубина шлифования на первом проходе, мкм; Z - общий припуск на шлифование, $Z \leq 400$ мкм; $a, \alpha, \varepsilon, M$ - коэффициенты, $a = 0,438$; $\alpha = 0,79$; $\varepsilon = 1,05$, $M = 3,04$.

Исходя из методических соображений число проходов в данной статье будем обозначать n' (в работе [1] было обозначение n), а мощность зубошлифования – N и N_0 (были обозначения P и P_0). Соответствующая геометрическая программа (ГП) имеет следующий вид

$$\begin{cases} g_0(\bar{t}) = \tau_2 = Mt_1^\alpha N_1^{-\varepsilon} + MN_0^{-\varepsilon} t_2^\alpha \\ g_1(\bar{t}) = \frac{t_1}{Z} + \frac{t_2}{Z} \leq 1 \\ g_2(\bar{t}) = aN_1 t_2^{-1} - aN_0 t_2^{-1} \leq 1 \end{cases} \quad (2)$$

ГП (2) получена с учётом формул [1]

$$N_1 = \left(\frac{Z-t_1}{a} + N_0 \right), \quad (3)$$

$$Z - t_1 = t_2. \quad (4)$$

Таким образом, ГП (2) полностью соответствует исходной целевой функции (1). Это означает, что в выражении (1) и в ГП (2) содержится одна и та же информация. Другими словами, эти выражения представляют собой две различные формы одного и того же содержания. Следовательно, если к обеим этим формам применить соответствующие методы поиска экстремума функции τ_2 , то результаты таого поиска (при отсутствии субъективных ошибок) должны быть одинаковыми.

Анализ ГП (2) показывает, что, к сожалению, эта ГП не удовлетворяет канонической форме исходного (обычного) геометрического программирования, поскольку в канонической форме все коэффициенты полиномов (posinomial) должны быть положительными. Но мы видим, что составляющая $g_2(\bar{t})$ в выражении (2), представляет собой знакопеременный полином (signomial), который уже нельзя отнести к полиномам (под термином “полином” авторы метода геометрического программирования [2] понимают “положительный полином”, т. е. positive polynomial или posinomial). И все лишь потому, что в указанной составляющей имеется отрицательный коэффициент ($-aN_0$). Возвращаясь к содержательной постановке задачи вспомним, что составляющая $g_2(\bar{t})$ появляется исходя из ограничения по глубине дефектного слоя h_0 . При съеме припуска Z за прохода ($n' = 2$)

$$h_{01} = aN_1 - aN_0 = t_2. \quad (5)$$

Т. к. при съеме слоя материала t_1 образуемый дефектный слой должен быть не более, чем глубина шлифования на второй проход, поэтому (переходя к неравенству) запишем

$$h_{01} = aN_1 - aN_0 \leq t_2. \quad (6)$$

В свою очередь это означает, что

$$aN_1 \leq t_2 + aN_0. \quad (7)$$

Делим обе части неравенства (7) на переменную t_2 , получим

$$aN_1 t_2^{-1} \leq 1 + aN_0 t_2^{-1}. \quad (8)$$

Теперь введём новую (четвертую) переменную t_{m+1} (m - число переменных в задаче исходного геометрического программирования), которую располагаем между левой и правой частями неравенства (8). Имеем

$$aN_1 t_2^{-1} \leq t_{m+1} \leq 1 + aN_0 t_2^{-1}. \quad (9)$$

Двойное неравенство (9) эквивалентно двум одинарным неравенствам. А именно

$$aN_1 t_2^{-1} \leq t_{m+1}, \quad (10)$$

$$t_{m+1} \leq 1 + aN_0 t_2^{-1}. \quad (11)$$

В свою очередь неравенства (10) и (11) преобразуем к виду

$$t_{m+1}^{-1} \cdot aN_1 t_2^{-1} \leq 1 \quad (12)$$

и

$$t_{m+1}^{-1} \cdot (1 + aN_0 t_2^{-1}) \geq 1. \quad (13)$$

Теперь ГП (2) можно переписать в виде так называемой *обратной* ГП, которая в отличие от канонической формы исходной ГП содержит обратное (реверсивное) неравенство типа $g(\bar{t}) \geq 1$. Получим

$$\begin{cases} g_0(\bar{t}) = \tau_2 = Mt_1^\alpha N_1^{-\varepsilon} + MN_0^{-\varepsilon} t_2^\alpha \\ g_1(\bar{t}) = \frac{t_1}{Z} + \frac{t_2}{Z} \leq 1 \\ g_2(\bar{t}) = t_{m+1}^{-1} \cdot aN_1 t_2^{-1} \leq 1 \\ g_3(\bar{t}) = t_{m+1}^{-1} (1 + aN_0 t_2^{-1}) \geq 1 \end{cases} \quad (14)$$

Таким образом, ГП (2) и обратная ГП (14) содержат одну и ту же информацию и, следовательно, обратная ГП (14) полностью соответствует исходной целевой функции (1). Вышеприведенные рассуждения и преобразования можно обобщить в виде следующего правила в теории геометрического программирования: *всякий знакпеременный полином, стоящий в ограничительной части задачи геометрического программирования и представляющий собой разность двух обычных полиномов (не превосходящую единицы) может быть преобразован в два ограничения прямого ($g(t) \leq 1$) и обратного ($g(t) \geq 1$) типов.*

Иллюстрацией этого правила служат преобразования ограничения $g_2(\bar{t})$ в два отдельных ограничения (12) и (13). Т. е. ограничение, содержащее отрицательный коэффициент ($-aN_0$), преобразуется в два ограничения, которые не содержат отрицательных коэффициентов, но одно из этих ограничений – ограничение (13) – является обратным (реверсивным, противоположным). Теперь проанализируем структурный состав ГП (2) и обратной ГП (14). Для первого случая: количество членов–полиномов $n = 6$, количество переменных $m = 3$ (переменные t_1, t_2, N_1), степень трудности задачи $d = n - (m + 1) = 6 - (3 + 1) = 2$. Для второго случая: $n = 7$, $m = 4$ (t_1, t_2, N_1, t_{m+1}); $d = n - (m + 1) = 7 - (4 + 1) = 2$. Видим, что в обоих случаях степень трудности задачи одна и та же $d = 2$. Это вызвано тем, что добавление одной переменной (t_{m+1}) сопровождается добавлением одного члена-полинома.

Здесь следует отметить, что обратная ГП содержит неравенство типа $g(\bar{t}) \geq 1$, которое приводит к необходимости использования нового подхода к оптимизации. Ибо “обратное геометрическое программирование уже не является ветвью выпуклого программирования. Более того, это отсутствие (полной) выпуклости приводит нас к изучению “равновесных решений”, которые не обязательно являются оптимальными” [2].

Теперь рассмотрим случай удаления припуска Z за три прохода ($n' = 3$). В соответствии с работой [1] целевая функция задачи (содержащая в себе все ограничения) может быть представлена в виде

$$\tau_3 = M \left\{ \frac{t_1^\alpha}{\left(\frac{Z-t_1}{a} + N_0\right)^\varepsilon} + \frac{t_2^\alpha}{\left(\frac{Z-t_1-t_2}{a} + N_0\right)^\varepsilon} + \frac{(Z-t_1-t_2)^\alpha}{N_0^\varepsilon} \right\}. \quad (15)$$

Как и ранее – в выражении (1) – члены, стоящие в фигурных скобках расположены в соответствии с последовательностью проходов зубошлифования и представляют собой время выполнения этих проходов (после умножения на коэффициент M). Соответствующая исходная ГП имеет вид

$$\begin{cases} g_0(\bar{t}) = Mt_1^\alpha N_1^{-\varepsilon} + Mt_2^\alpha N_2^{-\varepsilon} + MN_0^{-\varepsilon} t_3^\alpha \\ g_1(\bar{t}) = \frac{t_1}{Z} + \frac{t_2}{Z} + \frac{t_3}{Z} \leq 1 \\ g_2(\bar{t}) = aN_1 t_{23}^{-1} - aN_0 t_{23}^{-1} \leq 1 \\ g_3(\bar{t}) = t_2 t_{23}^{-1} + t_3 t_{23}^{-1} \geq 1 \\ g_4(\bar{t}) = aN_2 t_3^{-1} - aN_0 t_{23}^{-1} \leq 1 \end{cases} \quad (16)$$

Переменная t_{23} в ГП (16) введена, исходя из обеспечения ограничения, которое в промежуточной записи (выше не приведена) имело вид

$$g_2(\bar{t}) = aN_1 - aN_0 \leq t_2 + t_3. \tag{17}$$

Если ввести промежуточную переменную t_{23} в ограничение (17), получим

$$g_2(\bar{t}) = aN_1 - aN_0 \leq t_{23} \leq t_2 + t_3. \tag{18}$$

В свою очередь это двойное неравенство представим в виде двух одинарных, т. е.

$$aN_1 - aN_0 \leq t_{23}, \tag{19}$$

$$t_2 + t_3 \geq t_{23}. \tag{20}$$

После деления обеих частей неравенств (19) и (20) на t_{23} получим

$$aN_1 t_{23}^{-1} - aN_0 t_{23}^{-1} \leq 1, \tag{21}$$

$$t_2 t_{23}^{-1} + t_3 t_{23}^{-1} \geq 1. \tag{22}$$

Теперь видно, что выражения (21) и (22) совпадают с соответствующими ограничениями ГП (16), причем неравенство (22) является обратным еще до применения правила устранения отрицательных членов знакопеременных полиномов в выражении (16). Применяя это правило, получим обратную ГП следующего вида.

$$\left\{ \begin{array}{l} g_0(\bar{t}) = \tau_3 M t_1^\alpha N_1^{-\varepsilon} + M t_2^\alpha N_2^{-\varepsilon} + M N_0^{-\varepsilon} t_3^\alpha \\ g_1(\bar{t}) = \frac{t_1}{Z} + \frac{t_2}{Z} + \frac{t_3}{Z} \leq 1 \\ g_2(\bar{t}) = t_{m+1}^{-1} \cdot aN_1 t_{23}^{-1} \leq 1 \\ g_3(\bar{t}) = t_2 t_{23}^{-1} + t_3 t_{23}^{-1} \geq 1 \\ g_4(\bar{t}) = t_{m+1}^{-1} [1 + aN_0 t_{23}^{-1}] \geq 1 \\ g_5(\bar{t}) = t_{m+2}^{-1} \cdot aN_2 t_3^{-1} \leq 1 \\ g_6(\bar{t}) = t_{m+2}^{-1} [1 + aN_0 t_3^{-1}] \geq 1 \end{array} \right. \tag{23}$$

Видно, что в обратной ГП (23), которая в свою очередь полностью соответствует исходной ГП (16), имеется три обратных неравенства типа $g(t) \geq 1$.

Теперь проанализируем структурный состав ГП (16) и ГП (23). Для первого случая: $n = 12; m = 6$ ($t_1, t_2, t_3, N_1, N_2, t_{23}$); $d = n - (m + 1) = 12 - (6 + 1) = 5$. Для второго случая: $n = 14; m = 8$ ($t_1, t_2, t_3, N_1, N_2, t_{23}, t_{m+1}, t_{m+2}$); $d = n - (m + 1) = 14 - (8 + 1) = 5$. Видим, что в обоих случаях степень трудности задачи одна и та же $d = 5$. Это вызвано тем, что добавление двух переменных (t_{m+1}, t_{m+2}) сопровождается добавлением двух членов - полиномов.

Обобщая частные случаи ($n' = 2$ и $n' = 3$) для любого числа проходов n' , получаем обобщенную обратную ГП следующего вида

$$\left\{ \begin{array}{l} g_0(\bar{t}) = M \sum_{i=1}^{n'-1} t_i^\alpha N_i^{-\varepsilon} + M N_0^{-\varepsilon} t_{n'} \\ g_1(\bar{t}) = \frac{1}{Z} \sum_{i=1}^{n'-1} t_i \leq 1 \\ g_2(\bar{t}) = t_{m+1}^{-1} (aN_0 t_{2\dots n'}^{-1}) \geq 1 \\ g_2(\bar{t}) = t_{m+1}^{-1} (aN_1 t_{2\dots n'}^{-1}) \leq 1 \\ g_3(\bar{t}) = t_{m+1}^{-1} (aN_0 t_{2\dots n'}^{-1} + 1) \geq 1 \\ g_4(\bar{t}) = \sum_{k=2}^{n'} t_k t_{2\dots n'}^{-1} \geq 1 \\ \dots \\ g_s(\bar{t}) = t_{m+(n'-1)} aN_{(n'-1)} t_{n'}^{-1} + 1 \leq 1 \\ g_{s+1}(\bar{t}) = t_{m+(n'-1)} aN_0 t_{n'}^{-1} + 1 \geq 1 \end{array} \right. \tag{24}$$

Здесь $s = 2 + 3(n' - 2); s + 1 = 3 + 3(n' - 2)$.

Эта обратная ГП полностью соответствует обобщенному выражению целевой функции [1], которое в данном случае может быть записано в следующем виде

$$\tau_M = M \left\{ \sum_{k=1}^{n'-1} \frac{t_k^\alpha}{\left(\frac{Z - \sum_{i=1}^k t_i}{a} + N_0 \right)^\varepsilon} + \frac{\left(Z - \sum_{k=1}^{n'-1} t_k \right)^\alpha}{N_0^\varepsilon} \right\}. \quad (25)$$

Так как исходная ГП (содержащая отрицательные члены в ограничительной части) и обратная ГП (содержащая обратные неравенства) взаимосвязаны по структуре (степень трудности d остается одной и той же), выполняем структурный анализ исходной ГП, задаваясь различным числом проходов, которые необходимы для удаления припуска Z . Результаты этого анализа для исходной ГП (которая при числе проходов $n' \geq 2$ уже является обратной) сведены в таблицу.

Таблица

Число проходов зубошлифования, n'						
2	3	4	5	6	7	8
Число членов – позиномов ГП, n						
6	12	19	27	36	46	57
Число переменных ГП, m						
3	6	9	12	15	18	21
Степень трудности задачи, $d = n - (m + 1)$						
2	5	9	14	20	27	35

Из анализа таблицы видно, что по мере увеличения на единицу числа проходов зубошлифования число переменных ГП каждый раз увеличивается на $\Delta m = 3$. При $n' = 2$ и $n' = 8$, $m = 3$ и $m = 21$, соответственно. При этом степень трудности задач d прогрессивно увеличивается (при $n' = 2$ имеем $d = 2$, а при $n' = 8$ имеем $d = 21$). Следовательно, эффективность применения обратного геометрического программирования резко уменьшается по мере увеличения числа проходов, необходимых для удаления припуска Z .

Литература

1. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общ. ред. Ф.В.Новикова и А.В.Якимова. В десяти томах. – Т.2 “Теплофизика резания материалов”. – Одесса: ОНПУ, 2003. – 625 с.
2. Даффин Р., Питерсон Э., Зенер К. Геометрическое программирование. Перевод с англ. Д.А.Бабаева. – М.: Мир, 1972. – 312 с.

УДК 621.43

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ, КАК МЕТОД СИНТЕЗА И УПРАВЛЕНИЯ

Ларшин В.П., докт. техн. наук, проф., Бажанов А.И., Якимов А.В., докт. техн. наук, проф.
(г. Одесса, Украина)

Technical systems optimization ways and examples are analysed.

Вопросы анализа и синтеза в теории технических систем (ТС) относятся к числу наиболее важных и рассматриваются в соответствующих разделах этой дисциплины. Анализ позволяет подготовить исходные данные для синтеза при проектировании, оптимизация на этапе синтеза – конкретизирует эти данные исходя из условия оптимума целевой функции. В этом смысле оптимизация является методом синтеза структуры и параметров. Системообразующая функция оптимизации проявляется при выборе структуры и параметров конструкций и рабочих процессов, причём наибольший эффект даёт структурная оптимизация, поскольку (в отличие от параметрической оптимизации) связана с изменением качества объекта оптимизации. Рассмотрим простой пример, поясняющий это утверждение. Долгое время (начиная с 70-х годов прошлого века) система дополнительного воздушного охлаждения двигателя автомобилей

«Жигули» была выполнена по жесткой схеме принудительного охлаждения: механический ремённый привод вентилятора от коленчатого вала двигателя. Т.е. частота вращения вентилятора однозначно определялась частотой вращения этого вала. В результате, в зимний период при запуске холодного двигателя принудительное охлаждение усугубляло ситуацию: холодный двигатель трудно запустить, а вентилятор забирает дополнительную энергию и, кроме того, дополнительно охлаждает и без того переохлаждённый двигатель. Как следствие – повышенный расход топлива при прогревании двигателя. С другой стороны, в летний период, в жару и, особенно, при движении автомобиля с малой скоростью (в транспортной пробке) наблюдается такая ситуация, когда двигатель перегревается. Интенсивность воздушного принудительного охлаждения крайне недостаточна, так как мала частота вращения коленчатого вала. Увеличить частоту вращения вентилятора невозможно. Как следствие – перегрев двигателя и необходимость вынужденной остановки автомобиля (для охлаждения двигателя). При этом возможности параметрической оптимизации (форма и геометрические размеры вентилятора) исчерпаны, т.е. оптимальные параметры исчерпали свои (в данном случае ограниченные) возможности. Выход из «параметрического тупика» - изменение структуры системы охлаждения: в устранении жёсткой связи осей вентилятора и коленчатого вала. Теперь (несвязанный с коленчатым валом) электрический привод вентилятора управляется только термодатчиком, встроенным в систему жидкостного охлаждения двигателя. При необходимости охлаждения частота вращения вентилятора высокая и не зависит от скорости движения автомобиля (летний период). С другой стороны (в зимний период) вентилятор вообще выключен и не мешает запуску холодного двигателя. Как следствие, в новой конструкции уменьшен расход топлива и повышенная надёжность транспортного средства. А предварительно проведенная параметрическая оптимизация числа (4 или 8), формы и размеров лопастей вентилятора проявляет себя в этой ситуации наилучшим образом (если нужно охлаждать, то охлаждение эффективное, а если не нужно – охлаждение отсутствует). Здесь следует отметить, что рассмотренная система воздушного охлаждения радиатора двигателя является не основной, а дополнительной к системе жидкостного охлаждения. Когда-то в ещё более ранние времена (в начале прошлого века) автомобили имели исключительно воздушное охлаждение, которое в ходе структурной оптимизации конструкции охлаждающей системы было практически полностью вытеснено жидкостным охлаждением. В тоже время система воздушного охлаждения была оставлена как дополнительное средство к жидкостному охлаждению.

Другой пример структурной оптимизации (как метода синтеза) – изменение подсистемы подачи топлива в систему питания двигателя (в карбюратор). После бензонасоса формируют два параллельных потока топлива: один (как и ранее) – в карбюратор, другой – (через жиклёр) обратно в топливный бак. В летнее время (в жару) подкапотное пространство двигателя существенно нагревается, что вызывает частичное превращение жидких фракций топлива в газообразное состояние. Без канала обратного стока газообразное топливо принудительно движется (например, через карбюратор) в двигатель и вызывает перебои в его работе. Наличие второго канала (с меньшим сопротивлением) приводит к ответвлению газообразной смеси. Теперь она не попадает в карбюратор. Выбирая путь меньшего сопротивления газообразная смесь движется обратно в топливный бак. В свою очередь, увеличение потока топлива через насос приводит к его дополнительному охлаждению, которое уменьшает количество газообразного продукта в смеси (этот газообразный продукт плохо прокачивается клапанами насоса).

Рассмотренные примеры показывают как с помощью изменения структуры технической системы (в данном случае конструкции) добиваются улучшения показателей её работы: повышают надёжность техники, уменьшают эксплуатационные затраты и т.п. Всё это в конечном итоге – результат оптимального управления рабочим (технологическим) процессом в условиях действия возмущений на технологическую систему. Другими словами, оптимизация как метод синтеза одновременно проявляет себя как метод управления.

Любая техническая система обладает (в принципе) бесконечным числом свойств, а потому может быть охарактеризована неограниченным количеством информации, поэтому нужны требования и критерии обеспечения информационной определённости проектируемых систем. Одним из таких требований является обеспечение функции (алгоритма функционирования) проектируемой технической системы. Другими словами, выполняемая функция предопределяет структуру технической системы. Методы оптимизации – это одновременно методы принятия промежуточных решений при определении структуры и параметров проектируемой технической системы. Для их эффективного использования нужны новые концепции и подходы. Применительно, например, к проектируемым мобильным машинам такой концепцией может быть энергетическая и прочностная эффективность этих машин в зависимости от их структуры и параметров.

Оптимальные эксплуатационные параметры технических систем могут быть определены при помощи встроенных систем автоматического экстремального регулирования. Обычные системы автоматического регулирования (САР) не могут выполнять задачи оптимизации технологических процессов. Это вызвано тем, что в обычных САР всегда известно направление изменения регулирующего воздействия, необходимого для устранения рассогласования между заданным и текущим значениями регулируемой величины. В системах экстремального регулирования (СЭР), в отличие от обычных САР, заданное значение регулируемой величины неизвестно. Поэтому задача СЭР принципиально сложнее и заключается в автоматическом поиске такого значения регулирующего воздействия, которое обеспечивает максимум (или минимум) регулируемой величины. При этом не известно в каком направлении следует изменять регулирующее воздействие. Кроме того, процесс поиска экстремума не заканчивается при достижении экстремума, поскольку величина и положение экстремального значения регулируемой величины может изменяться из-за влияния неконтролируемых возмущающих воздействий. Таким образом, основным процессом в СЭР является автоматический непрерывный поиск экстремума, заключающийся в изменении входного воздействия на объект, анализе результатов этого воздействия и определении дальнейшего направления изменения входного воздействия с целью достижения экстремума регулируе-

мой величины. Очень часто целевой функцией для экстремального регулирования процессов является отношение двух параметров. Например, при работе двигателя автомобиля это отношение расхода топлива за фиксированный промежуток времени к расстоянию, пройденному автомобилем за это время (это отношение нормируют путём определения расхода на 100 км пути). Зависимость такого удельного расхода от скорости движения автомобиля имеет экстремум (минимум), однако конкретный вид статической экстремальной характеристики зависит от большого количества факторов (величины крутящего момента на колёсах, веса перевозимого груза, состояния дорожного покрытия и т.п.) [1]. Следовательно, поиск экстремума может быть осуществлён только при помощи встроенной бортовой системы экстремального регулирования.

В качестве другого примера рассмотрим систему экстремального регулирования удельной производительности q шлифовального круга (отношение объёма Q_m сошлифованного металла за фиксированный промежуток времени к соответствующему объёмному износу $Q_{инк}$ шлифовального круга за тот же промежуток времени). Для заданной твердости и линейной скорости шлифовального круга наличие экстремума обусловлено переходом от одного вида износа круга к другому. При небольших нагрузках на зерна круга он работает в режиме с преобладающим притуплением. При постепенном увеличении нагрузки на зерна шлифовального круга при прочих равных условиях возрастает интенсивность съёма металла и наблюдается рост удельной производительности шлифовального круга. При нагрузках на зерна шлифовального круга, близких к критическим, круг переходит из режима с преобладающим притуплением к режиму с частичным самозатачиванием. Круг при этом изнашивается более интенсивно. Вследствие более быстрого обновления режущих зерен круга создаются наиболее благоприятные условия для возрастания его удельной производительности.

Улучшение режущих свойств шлифовального круга за счёт эффекта самозатачивания ведет к возрастанию относительного приращения объёма сошлифованного металла Q_m , а следовательно, и удельной производительности круга q . Однако при дальнейшем увеличении нормальной силы F_y и, соответственно, нагрузок на зерна шлифовального круга, происходит всё большее и большее осыпание зерен круга. Относительное приращение объёмного износа круга $Q_{инк}$ возрастает, а удельная производительность круга q снижается. Именно этим и объясняется наличие экстремума в функциональной зависимости $q = f(F_y)$ для шлифовальных кругов заданной твердости при заданной линейной скорости v_k .

Круги одной и той же марки и даже изготовленные в одной и той же технологической партии, не имеют абсолютно одинаковых характеристик. Из-за этого экстремум статической функциональной зависимости $q = f(F_y)$ для различных кругов одной и той же марки при одних и тех же значениях v_k имеет место при разных величинах силы F_y .

Установлено, что при прочих равных условиях вследствие изменения в ту или иную сторону линейной скорости шлифовального круга можно увеличить эквивалентную (кажущуюся) твердость круга, а следовательно, увеличить до некоторого максимально возможного значения удельную производительность круга. Очевидно, что эффективность процесса шлифования можно повысить, если удельную производительность шлифовального круга q автоматически поддерживать на максимально возможном уровне независимо от вариаций твердости шлифовальных кругов. Воздействовать на процесс шлифования для поиска и поддержания экстремального значения функции $q = f(F_y)$ принципиально можно или путём изменения скорости врезания, или изменением скорости поперечной подачи круга, или изменением скорости стола, или, наконец, изменением линейной скорости шлифовального круга. Аналогичный алгоритм регулирования режущей способности шлифовального круга был предложен в работе [3].

Поддержание оптимальных режимов выполнения процессов может быть ручным автоматизированным или автоматическим. Вопрос о степени автоматизации технических систем (конструкций и процессов), обеспечивающей их оптимальность, до сих пор остаётся открытым. Например, целесообразно или нет (а если целесообразно, то в какой степени) автоматизировать трансмиссию транспортной или подъёмно-транспортной машины? Аналогичный вопрос можно задать по отношению, например, к автоматизации рабочих циклов технологических механообрабатывающих систем. На этот счёт в литературе были самые разные точки зрения: от полного неприятия какой-либо автоматизации до полностью автоматических систем. Состояние этого вопроса сегодня и ретроспектива развития таких технических систем как, например автомобиль и металлорежущий станок, показывают что эти технические системы были и остаются эргатическими (т.е. содержат в качестве элемента человека). Известно, что эргатическая система не может иметь строгой оптимальности функционирования [4]. Поэтому автоматизация распространяется на промежуточные элементы, контролирующие правильность и корректирующие отдельные управляющие воздействия со стороны человека. Например, на промежуточные элементы можно возложить функции управления синхронизацией частот вращения деталей переключающих устройств в трансмиссии автомобиля при переключении передач или функции управления стабилизацией частоты вращения вала двигателя или скорости движения автомобиля, пробуксовкой сцепления при трогании автомобиля с места и т.п. На металлорежущем станке работают аналогичные системы автоматизации промежуточных элементов, например система стабилизации частоты вращения заготовки.

Особый класс эргатических систем образуют такие, в которых заложены принципы рациональных взаимоотношений человека и специальных автоматических элементов, которые сами непосредственно не формируют управляющие воздействия, но предлагают человеку обработанную информацию в форме предложений-

рекомендаций относительно выбора управляющих действий (режим советчика оператора). Примером такой автоматизации может быть применение встроенной системы компьютерной диагностики [5]. В этом случае человек реализует некоторый алгоритм управления не самостоятельно, а результате «общения» с точными информационными автоматами [4]. Причём, эти автоматы (например, компьютер) иницируют команды исходя из оптимальных алгоритмов функционирования всей эргатической системы.

Таким образом, совершенствование эргатических автомобильных и станочных систем предполагает необходимость изучения оптимальных законов их функционирования, независимо от того, как замыкаются контуры управления: исключительно через человека; через человека и автоматизированные исполнительные устройства: через индицирующие командные устройства и человека (без автоматизированных исполнительных устройств или с ними); через отдельные автоматические каналы.

Литература

1. Диагностика технического состояния автомобилей / Н.Я.Говорущенко. – М.: Транспорт, 1970. – 256 с.
2. Михелькевич В.Н. Автоматическое управление шлифованием. – М.: Машиностроение, 1975. – 304 с.
3. Якимов А.В., Ларшин В.П., Русавский Ю.П., Якимов В.А. Регулирование режущей способности шлифовальных кругов. – Сверхтвердые материалы. – № 6, 1980. – С. 34-38.
4. Гашук Петро. Энергопреобразующие системы автомобиля: Идентификация и анализ. – Харьков: РИО ХГАДУ, 1998. – 220 с.
5. Ларшин В.П., Лищенко Н.В. Разработка математического обеспечения для системы компьютерной диагностики процесса резбошлифования // Збірник наукових праць Кіровоград. держ. техн. ун-ту.— Кіровоград, 2003.— Вип.. 12.— С. 113-119.

УДК 621.923

ОТ СИНТЕЗА АЛМАЗОВ К АЛМАЗНОМУ ИНСТРУМЕНТУ

Лавриненко В.И., докт. техн. наук, Шепелев А.А., докт. техн. наук

(г. Киев, Украина)

The historical sketch of synthesis of artificial diamonds is submitted in connection with 50 anniversary their synthesis and creation of the diamond tool on their basis.

В мировой практике есть несколько вещей, которые всегда смущали человечество, ввергая его в своеобразные лихорадки. Такими есть и алмазы, которые всегда в обозримой истории человечества были в цене. Те территории, где добывались и добываются алмазы всегда привлекали интерес и последние считались большим их достоянием. Вот и сейчас в Украине подумывают о месторождениях алмазов и их разработках. Такие разработки может быть и станут когда-то в будущем реальными, но ведь в Украине есть и активно функционируют совершенно реальные и достаточно большие «месторождения» алмазов, только рукотворных, созданных трудом наших соотечественников. Эти «месторождения» есть в Киеве, где действует один из мировых центров - алмазный концерн «АЛКОН», а также в Полтаве и Львове, где действуют алмазные заводы. Но ведь искусственные алмазы возникли недавно, всего 50 лет назад, а до этого человечество знало только природные алмазы.

Создавая алмаз, природа щедро его наделила самыми ценными свойствами и самым главным - наивысшей твердостью, однако очень поспешила на его месторождения. Этот чрезвычайно редкостный минерал был впервые найден в Индии еще в глубокой древности - около трех тысячелетий до нашей эры. Через два тысячелетия о нем уже знали древние греки. Еще через два тысячелетия алмаз появился в Европе. По физическим свойствам и величине минералов алмазы разделяют на ювелирные и технические. Искусственно ограненные алмазы имеют название бриллиантов. Назначение огранки - придать кристаллам наибольший блеск и игру цветов.

Основная масса алмазов, которые попадают на мировой рынок, добывается из россыпей. Коренные месторождения алмазов известны только в Южной Африке. Там они представлены трубчатыми телами округлой или овальной формы_ диаметром в несколько сот метров, известных под названием кимберлитовых. Не все трубчатые тела содержат в себе алмазные кристаллы. Так, например, в Южной Африке известно более 250 трубок кимберлита и только около 10% из них содержат алмаз. Но мы помним, что и не все стулья мадам Петуховой были с бриллиантами, а тоже только их 12 часть. Как видим наша шутливая аналогия подтверждается. Кроме Африки небольшое количество алмазов добывают в Южной Америке (Бразилии, Венесуэле и Гвинее), Азии (Индии, острове Борнео, Якутии), Австралии.

Находка в месторождениях крупных алмазов, которые были бы интересны ювелирам - большая редкость и каждая находка это безусловно событие. Бурное возрастание добычи алмазов приходится на окончание XIX века, когда были открыты богатые месторождения в Южной Африке. Известно, что первый крупный алмаз был найден негром-пастухом вблизи г Кимберли на берегу реки Оранжевой. У пастуха он был куплен примерно за 250 фунтов стерлингов, а далее фирма по скупке алмазов заплатила за него уже 11200 фунтов. Известие о таких прибыльных операциях всколыхнуло Америку, Европу и Австралию. Алмазная горячка вспыхнула с такой силой, что превысила славу даже золотоискателей. Вот где проявилась связь алмаза с таким «презренным» металлом как золото. Безусловно, все искали ювелирные алмазы для переработки в бриллианты. Исключительная редкость крупных алмазов в природе, трудности и дороговизна их обработки подняли цену на бриллианты на

очень большую высоту. Тем не менее, такая своеобразная алмазная лихорадка содействовала тому, что потихоньку на рынок начинали поступать и технические природные алмазы, занимая свою нишу в обработке материалов.

Понятно, что высокая стоимость алмазов не давала покоя ни алхимикам, ни шарлатанам, ни честным исследователям в попытках получить искусственные алмазы. В наибольшей степени эти попытки возобновились в конце XIX века. К этому времени даже алхимики уже особенно и не интересовались вопросами получения алмаза, поскольку получить его они считали невозможным, даже за счет философского камня, который якобы мог обеспечить преобразование неблагородных металлов в золото. Загадочность алмаза в глазах алхимиков усиливалась еще и тем, что алмаз, сгорая «исчезал совсем».

В начале прошлого века в прессе время от времени появлялись самые разные сенсационные сообщения об алмазах, полученных искусственно. Однако, как правило, все это было результатом ошибок, допущенных при анализе, и зачастую полученное вещество было не алмазом, а карбидом какого-нибудь металла, чаще всего - железа. Иногда происходило и так, что не только пресса, но и уважаемые фирмы являлись жертвами шарлатанов, искавших легкой наживы. В книге В.Н.Бакуля «Работающие алмазы» приведен один такой случай. В 1902 году в Париже молодой ловкач М.Лемуан настойчиво афишировал свои эксперименты по изготовлению искусственных алмазов. Он заявил о том, что открыл способ производства красивых ювелирных алмазов значительных размеров и согласился продемонстрировать свое изобретение одному из директоров компании де Бирсу. Он показал ему свою сложную электрическую печь, насыпал в тигель немного какого-то вещества и выполнив ряд манипуляций, поставил тигель в печь и включил ее. Спустя 15 минут после светской беседы «исследователь» выключил печь, осторожно извлек тигель и ... к крайнему удивлению директора компании вынул из тигля несколько кристаллов алмаза отличного качества и достаточно значительных размеров. Де Бирс ошеломленный увиденным дал согласие на финансирование изобретения Лемуана в солидных размерах. Была сооружена солидная лаборатория, получен солидный аванс, и все шло гладко, пока торговец алмазами не обратил внимания на то, что «изобретатель» систематически скупает необработанные алмазы. Об этом немедленно было сообщено директору де Бирсу. Директор попросил сделать пометки на тех алмазах, которые покупал Лемуан, а его самого попросил еще раз продемонстрировать опыт для своего богатого приятеля, будущего инвестора. Опыт снова удачно был продемонстрирован, но все полученные алмазы оказались с метками. Тогда «приятель» директора, который был сыщиком, предъявил свои документы, тщательно обследовал печь и выявил двойное дно. Лемуан был арестован и осужден на 6 лет за шарлатанство. Сенсационные сообщения об открытии способа получения искусственных алмазов и на этот раз оказались преждевременными.

Природа алмаза долгое время была для науки загадкой. Теперь каждому школьнику известно, что алмаз и графит по химическому составу представляют собой чистый углерод и являются только различными его модификациями, которые разнятся одна от другой расположением атомов и структурой решетки. А раньше об этом только догадывались.

Англия, 1879 год. Джеймс Баллонтайн Хэнней, которому исполнилось 24 года, член Лондонского химического общества, после серии экспериментов по растворению щелочных металлов в органических соединениях наблюдает выделение углерода в виде блестящих чешуек. Хэнней задается вопросом: если органические соединения разлагаясь при нагревании в замкнутом сосуде в присутствии одного из металлов -натрия, калия или лития, выделяют углерод в виде твердых чешуек, то что мешает «новорожденному» углероду выделяться в виде алмаза.

В брошюре исследователя В.Шувалова «Кто подсыпал бриллианты, или Рассказ о забытом открытии» детально описаны опыты Хэннея. После ряда неудач железная труба вместе с 4 граммами лития наполовину была наполнена смесью - 90% костяного масла и 10% парафинового спирта. Трубу нагревали до красного каления (примерно 600 °С) и выдерживали в печке 14 часов. После вскрытия оказалось, что углерод выделился в верхнем конце трубы. Извлеченную спекшуюся массу Хэнней тщательно растер в ступке и под микроскопом извлек несколько прозрачных кристалликов. Они царапали стекло. Хэнней уверовал: получены алмазы! Удача открыла, и он поставил еще 17 экспериментов и в двух образовались такие же кристаллики. В феврале 1880 года он направил в печать статью и в том же 1880 году отдал на исследование образцы известному в ученом мире профессору Н.Стори-Мэскилайну. Профессор пришел к выводу: полученные Хэннеем образцы, без сомнения алмазы, и результаты своих исследований опубликовал в газете «Тайме». Но дальше произошло непонятное. Отклик на сообщение не последовало - алмазы Хэннея не привлекли внимания современников. Кристаллики долгие годы лежали в Британском музее. В 1943 году в ученом мире вспомнили про алмазы Хэннея. Исследователи Ф.А.Баннистер и Кэтлин Лонсдейл сняли рентгенограммы с 12 кристалликов и 11 из них признали алмазами. Такой результат скорее озадачил, чем обрадовал ученых. Эта история - яркий и нередкий пример судьбы преждевременных исследований, когда состояние теории не дает возможности предвидеть и понять результат эксперимента.

По существующей теории, алмазы образуются в недрах земли при высоком давлении (около 200 тысяч и более атмосфер) и высоких температурах (2500 и более градусов). Однако теория реального получения искусственных алмазов была заложена в 1939 году советским ученым Лейпунским О.И., которым был выполнен термодинамический расчет зависимости равновесия графит - алмаз от давления. Согласно диаграмме состояния углерода при атмосферном давлении термодинамически устойчивой формой углерода является графит. Графит при повышении давления до значений, характерных для области термодинамической устойчивости алмаза не переходит немедленно в алмаз. Для такого перехода требуется давление, существенно превышающее равновес-

ное. Со временем стало ясно, что при давлениях 80 000 ... 85 000 атмосфер и температурах 1500 ... 2500 °С из графита в присутствии металла-катализатора (как видим без металла тут не обходится) образуется алмаз.

15 февраля 1953 года в лаборатории Всеобщей шведской электрической акционерной компании были синтезированы первые в мире искусственные алмазы. Шведы не обнародовали полученных результатов и продолжили работы в атмосфере секретности, перепроверяя свои результаты. Но 16 декабря 1954 года в лаборатории американской компании «Дженерал электрик» добились такого же результата. Американцы успеха не скрывали: в феврале 1955 года «Дженерал электрик» опубликовала сообщение о первом в мире синтезе алмазов, а вскоре появилось сообщение шведов, отстаивавших свой авторитет. *

В Советском Союзе синтез алмазов из графита был осуществлен в 1960 году группой ученых Института физики высоких давлений АН СССР под руководством академика Л.Ф.Верещагина. В 1961 году в Киеве был создан Украинский научно-исследовательский конструкторско-технологический институт синтетических сверхтвердых материалов и инструмента (ныне Институт сверхтвердых материалов им. В.Н.Бакуля НАН Украины). В конце 1961 и начале 1962 года ученые и инженеры института под руководством первого директора доктора технических наук В.Н.Бакуля разработали технологию промышленного производства искусственных алмазов и выпустили первую промышленную партию таких алмазов.

Обычные кристаллы искусственных алмазов окрашены в желтый цвет, размер их находится в широком диапазоне от микропорошков в 1 мкм до шлифпорошков размером в 1 мм. Встречаются кристаллы как хорошо ограненные (кубического, кубооктаэдрического, октаэдрического габитусов), так и неправильной формы. При этом, одним из главных отличий искусственных алмазов от природных - наличие включений металлов-растворителей.

Алмазы в системах металл-углерод получают в специальных аппаратах при давлениях свыше 4 ГПа и температурах более 1400 Кельвина. В качестве источника углерода используют графит. Растворители выбирают из ряда переходных металлов, в который входят железо, кобальт, никель, рутений, родий, палладий, осмий, иридий, платина, хром, тантал, марганец и др. Применение перечисленных металлов позволяет резко снизить параметры процесса синтеза. Металл при этом должен образовывать твердый раствор с углеродом и растворять углерод в условиях высоких давлений и температур. В целом, применение при синтезе металлических расплавов переходных металлов, способных хорошо смачивать графит, положительно влияет на степень превращения графита в алмаз.

Понятно, что чем больше выход алмазов в переходах графит-алмаз, тем более экономична технология и тем больше она будет востребована в промышленности. Стоимость карата первых искусственных алмазов, выпущенных 40 лет назад в Институте сверхтвердых материалов составляла более 135 рублей. В то время карат технических алмазов для алмазно-абразивного инструмента стоил 3 рубля. При такой существенной разнице конкурентоспособность синтетических алмазов была крайне призрачной. Однако, благодаря напряженному труду коллектива института уже во второй половине 1962 года они стоили уже 2 рубля 50 копеек, то есть дешевле природных. За счет улучшения технологии и автоматизации процесса во второй половине 60-х годов стоимость алмазов удалось снизить до 45 - 75 копеек за карат. Это позволило уже думать о развитии алмазной отрасли. Сотрудники института оказывали самую непосредственную помощь в становлении алмазных заводов в Украине: Львовского и Полтавского, а также в Армении: Ереванского алмазного завода. Как результат, в конце 70-х годов стоимость карата искусственных алмазов для алмазно-абразивного инструмента составляла 10 - 12 копеек. Искусственные алмазы и инструменте стали широко использоваться в промышленности при шлифовании и затачивании твердосплавного металлорежущего инструмента, обработке наплавов и напылений, хонинговании, обработке неметаллических материалов (стекла, камня, керамики, пластмасс, кожи, резины и т.п.).

По прогнозам специалистов в начале нынешнего десятилетия объемы мирового производства и потребления сверхтвердых материалов достигнут 750 млн. карат, а в Украине близко 100 млн. карат, т.е. около 13 % мирового производства. Инструменты из сверхтвердых материалов применяемые в машиностроении, бурении, стройиндустрии являются источником валютных поступлений. Широкое применение искусственных алмазов в промышленности и устойчивый спрос на них на мировом рынке позволили в значительной мере подняться и институту, который из полукустарного предприятия в начале своего пути превратился позднее в целый комплекс зданий с "фасадными стеклами и железобетонными перекрытиями". В 70-х годах Институт сверхтвердых материалов стал академическим и им уже четверть века руководит академик НАН Украины Новиков Н.В. Институт известен не только в Украине или странах СНГ, но и далеко за их пределами и стал крупным мировым научным центром по синтезу и применению синтетических сверхтвердых материалов. Существенные достижения коллектив ученых имеет не только в алмазном деле, но и в создании и широком производственном применении кубического нитрида бора, сверхтвердой керамики, вольфрамсодержащих твердых сплавов, тонкопленочных структур из сверхтвердых материалов.

В середине 90-х годов борясь с характерными для Украины того периода проблемами выживания Институт объединяет ряд предприятий в алмазный концерн «АЛКОН» и становится головной организацией в нем. Это позволяет сконцентрировать на одном направлении науку и производство - в направлении решения проблем промышленности Украины за счет внедрения нового высокоэффективного алмазного инструмента. В концерне создан и действует Благотворительный Фонд содействия алмазному делу в Украине и учреждена Международная инструментальная ассоциация, одной из задач которой является также популяризация прогрессивного инструментального материала - искусственных алмазов.

УДК [621.923.4:621.922.34]:678

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**Шепелев А.А., докт. техн. наук, Сороченко В.Г., канд. техн. наук***(г.Киев, Украина)*

High-performance technologies of diamond – abrasive cutting, grinding, finishing, drilling holes and chamfering conical deepenings in holes of work-pieces of polymeric and metalpolymeric composite materials, which allows to increase the lifetime of the tool, productivity and quality of the machining, and to improve hygiene and sanitary conditions of the labor of workers are developed.

Разработка и производство в Украине современных конкурентоспособных на мировом уровне транспортных и гражданских самолетов, а также вертолетов согласно программы развития авиационной промышленности Украины требует соответствующего роста объемов производства полимерных композиционных материалов (ПКМ) на основе высокопрочных и высокомодульных волокон (углеродных, стеклянных, борных, органических и др.), а также гибридных металлополимерных материалов (МПКМ) [1]. Последние содержат металлическую фольгу толщиной 0,02...0,5 мм из нержавеющей стали, титана и других материалов [2]. Расширение применения этих материалов позволяет значительно экономить дефицитные природные материалы, металлы и сплавы, снижать материалоемкость изделий, повышать их технологические и эксплуатационные свойства [3].

Решение этой важной народно-хозяйственной задачи неразрывно связано с необходимостью разработки новых высокоэффективных технологий механической обработки резанием таких, далеко не простых с точки зрения обрабатываемости резанием ПКМ и МПКМ, а также освоение серийного производства прогрессивных конструкций режущих инструментов, оснащенных сверхтвердыми материалами [4].

Одним из перспективных направлений в решении вопроса повышения эффективности процессов резки, шлифования, зачистки, сверления и зенкования ПКМ и МПКМ является разработка высокопроизводительной технологии и создание надежных, долговечных и конкурентоспособных конструкций инструментов на базе таких уникальных по своим физико-механическим и теплофизическим свойствам инструментальных материалов, каковыми являются синтетические алмазы. Это подтверждается научно-техническими исследованиями Института сверхтвердых материалов им. В.Н.Бакуля НАН Украины (ИСМ), которые показали, что технологической основой развития прогрессивных методов обработки ПКМ и МПКМ с целью их интенсификации при одновременном повышении качества обработанной поверхности является применение инструментов из современных сверхтвердых материалов.

Важнейшей предпосылкой, которая была принята нами при обосновании выбора алмазного инструмента для технологии обработки ПКМ и МПКМ, послужила высокая теплопроводность алмазов, которая в 9 раз выше, чем у карбида кремния, и в 7 раз, чем у электрокорунда. Кроме того, сравнение физико-механических свойств карбида кремния и электрокорунда, которые широко используются в абразивных инструментах, с синтетическими алмазами показывает, что последние имеют максимальные микротвердость и модуль упругости, а следовательно, обладают значительной износостойкостью и абразивной способностью. Указанные свойства явились определяющими при выборе способа изготовления алмазно-абразивного инструмента для механической обработки резанием ПКМ и МПКМ. Наш опыт подтвердил, что размещение зерен синтетических алмазов на поверхности корпуса инструмента в один слой и закрепление их методом гальваностегии [5], обеспечивает высокую эффективность применения такого инструмента в процессах обработки полимерных композиционных материалов.

В основу разработанных в ИСМ однослойных алмазно-абразивных инструментов на никелево-гальванической связке для механической обработки резанием ПКМ и МПКМ заложены принципы минимизации температурных полей в инструменте и обрабатываемой детали и оптимальности объема зазора в контакте инструмент-деталь. В соответствии с этими принципами для снижения теплонапряженности процессов резки, шлифования, зачистки, сверления отверстий и зенкования конических углублений в отверстиях изделий из ПКМ и МПКМ однослойными алмазно-абразивными отрезными кругами, шлифовальными кругами и барабанами, стержневыми и кольцевыми сверлами, а также коническими зенковками обработку необходимо производить с определенными интервалами времени. При этом продолжительность между этими интервалами должна быть меньше времени теплового насыщения материала [6,7]. Для обеспечения этого условия, на основании расчетов температурных полей детали и инструмента, аналитически определяли конструктивные и геометрические параметры прерывистой рабочей поверхности инструментов: размеры рабочих элементов, расстояние между ними, углы наклона рабочих элементов к геометрической оси инструмента и др.

Конструктивно рабочая поверхность инструмента представляет собой ряд чередующихся выступов и впадин, геометрические размеры которых определяются с учетом времени контакта рабочего элемента инструмента с деталью в пределах дуги контакта (контактный период) и временного промежутка, когда рассматриваемый элемент инструмента не соприкасается с деталью (неконтактный период). Вторым необходимым условием при определении конструктивных и геометрических параметров является обеспечение оптимального объема зазора в контакте инструмент-деталь для свободного размещения продуктов обработки.

С целью определения оптимальных параметров режимов резания в ИСМ проведен комплекс научно-исследовательских работ по установлению влияния формы рабочей поверхности алмазно-абразивных инстру-

ментов и характеристики их рабочей поверхности, вида полимерных композиционных материалов и других условий обработки на производительность, качество и точность обработки, а также обрабатываемость различных материалов и срок службы инструментов.

Резка ПКМ в виде листовых и плиточных материалов типа угле-, органико- и стеклопластиков толщиной до 20 мм, а также конструкций из сотовых наполнителей толщиной до 60 мм выполняется однослойными алмазными кругами диаметром от 90 до 320 мм [8]. Толщина корпуса круга – 1,0 – 2,2 мм.

Оптимальные режимы резания: скорость резания 30...40 м/с, скорость продольной подачи 2,4...9,0 м/с.

Применение однослойных алмазно-абразивных кругов на никелево-гальванической связке в технологии резки ПКМ и МПКМ позволяет повысить срок службы инструмента по сравнению с базовой технологией не менее чем в 5 – 7 раз; увеличить производительность обработки в 2, – 3,0 раза и улучшить качество обработанной поверхности (свести к минимуму действие термической деструкции полимерной составляющей, исключить прижоги, сколы кромок, расслоения и другие дефекты на обработанной поверхности ПКМ и МПКМ, обеспечивая при этом шероховатость поверхности в пределах R_z 20...40).

Шлифование ПКМ, сотовых наполнителей типа ССП, ПСП и др. выполняется однослойными алмазно-абразивными кругами диаметром от 60 до 80 мм и высотой – 20...100 мм, а также барабанами диаметром 165...200 мм и высотой 640 мм [9].

Оптимальные режимы резания: скорость резания 30...40 м/с; скорость продольной подачи 0,02...0,3 м/с; глубина резания 0,1...2,5 мм.

Применение однослойных алмазно-абразивных кругов и барабанов позволяет выполнять шлифование ПКМ без применения охлаждающих технологических сред при сравнительно высоких скоростях резания, подачах и глубинах резания, способствующих снижению теплонапряженности процесса шлифования. Особо следует отметить тот факт, что наряду с возможностью интенсификации режимов резания, применение алмазно-абразивного инструмента обеспечивает чрезвычайно высокую размерную стойкость инструмента и точность обработки. Если при этом учесть исключение правки, сокращение времени на замену или переналадку инструмента, то все вышеперечисленные преимущества технологии алмазно-абразивного шлифования создают реальные предпосылки для механизации и автоматизации процессов шлифования ПКМ.

Применение технологии алмазно-абразивного шлифования ПКМ позволяет повысить срок службы инструмента по сравнению с базовой технологией, основанной на применении абразивного инструмента: при шлифовании угле-, стекло- и органико-стеклопластиков в 5...10 раз, сотовых наполнителей – в 9...10 раз; увеличить производительность обработки в 3...9 раз; улучшить качество обработанной поверхности (свести к минимуму действие термической деструкции полимерной составляющей, исключить прижоги, расслоения, ворсистость и другие дефекты на обработанной поверхности ПКМ, обеспечивая при этом ее шероховатость в пределах R_z 20...40); обеспечить разнотолщинность шлифованных поверхностей ПКМ в пределах $\pm 0,1$ мм и повысить точность обработки в 2,0...2,5 раза.

Технологические операции шлифования и зачистки поверхностей изделий из полимерных композиционных материалов (ПКМ), а также другие виды механической обработки резанием (обработка по периметру, снятие фасок, скосов, выполнение скруглений, доводка контуров после обработки на предыдущей операции и т.д.) выполняют большей частью при необходимости получить изделия и детали из ПКМ со сложной криволинейной поверхностью, а также в процессе механосборочных и сборочных работ. В последнее время все большее применение находят автоматизированные системы с ЧПУ, но в значительно большей степени на таких работах применяются ручные пневматические машины [10]. Так, для шлифования и зачистки поверхностей деталей из угле-, стекло-, органикопластиков и сотовых наполнителей толщиной до 40 мм широко применяются ручные пневматические машины моделей МЗП-1, МЗП-2, АШМ-10 и ПМЗ4-150, ЕСПА 05хДОО, оборудованные пылеотсасывателем. Рабочим органом в этих машинах являются алмазно-абразивные шлифовальные головки диаметром от 6 до 20 мм. Длина рабочей части 40 мм, общая длина шлифовальной головки 80 мм.

Оптимальные режимы резания: число оборотов шпинделя 12000...20000 мин⁻¹, скорость продольной подачи 0,01...0,10 м/с, глубина резания 5...20 мм.

Применение однослойных алмазно-абразивных шлифовальных головок на никелево-гальванической связке Э1 в технологии шлифования и зачистки поверхностей деталей и изделий из полимерных композиционных материалов позволяет повысить срок службы инструмента по сравнению с базовой технологией, основанной на применении абразивного инструмента, в 16...28 раз; увеличить производительность обработки в 2,5...3,0 раза; улучшить качество обработанной поверхности (свести к минимуму действие термической деструкции полимерной составляющей, исключить прижоги, расслоения, ворсистость и другие дефекты на обработанной поверхности полимерных композиционных материалов, обеспечивая при этом ее шероховатость в пределах R_z 20...40 мкм; механизировать и автоматизировать технологические процессы шлифования и зачистки поверхностей деталей и изделий из ПКМ, а также улучшить санитарно-гигиенические условия труда рабочих.

Сверление отверстий в ПКМ и МПКМ. Назначение этой технологической операции сводится не только к обработке внутренних отверстий, но и к сверлению технологических отверстий в деталях из ПКМ и МПКМ: обеспечение возможности врезания алмазных кругов и ножовочных полотен, получение отверстий под сборочные работы, изготовление технологических образцов – «свидетелей» обрабатываемых материалов для определения их физико-механических характеристик [11].

В ИСМ разработаны конструкции стержневых и кольцевых алмазно-абразивных сверл диаметром от 2 до 60 мм предназначенных для сверления отверстий в листовых и плиточных полимерных и металлополимерных композиционных материалах.

Оптимальные режимы резания: скорость резания 5...20 м/с; подача 0,01...0,10 мм/об.

Применение однослойных алмазно-абразивных сверл на никелево-гальванической связке в технологии сверления отверстий в изделиях из ПКМ и МПКМ позволяет повысить срок службы инструмента по сравнению с базовой технологией, основанной на применении лезвийного быстрорежущего и твердосплавного инструмента: при сверлении отверстий в угле-, стекло- и органопластиках в 5...10 раз, в алоре – 9...10 раз; увеличить производительность обработки в 3...9 раз; улучшить качество обработанной поверхности (свести к минимуму действие термической деструкции полимерной составляющей, исключить прижоги, расслоения, ворсистость, выкрашивание кромок и другие дефекты на обработанной поверхности изделий, обеспечивая при этом параметр шероховатости в пределах Rz 20...40 мкм); повысить точность обработки в 2,0...2,5 раза, обеспечивая при этом получение отверстий по точности не ниже 10 качества.

Зенкование конических углублений в отверстиях из ПКМ и МПКМ. При изготовлении клепаных элементов конструкций, состоящих из пакетов ПКМ, например, углепластик + углепластик, органопластик + углепластик, а также смешанных пакетов, состоящих из углепластика и металла (сплавы на основе алюминия и титана), необходимо выполнять зенкование конических углублений (гнезд) в отверстиях под заклепки с углом конуса $2\varphi=90^{\circ}$ и 120° . Толщина листовых ПКМ и МПКМ, используемых в соединениях, не превышает 6 мм [12].

В ИСМ разработаны алмазно-абразивные зенкеры и лезвийные зенкеры, оснащенные пластинами АТП, а также научно-обоснованные практические рекомендации по их рациональной эксплуатации.

Оптимальные режимы резания: скорость резания 3...20 м/с; подача 0,01...0,12 мм/об; глубина резания 0,5...5,0 мм.

Применение алмазно-абразивных зенкеров конических на никелево-гальванической связке и лезвийных, оснащенных пластинами АТП, в технологии зенкерования конических углублений в отверстиях изделий из ПКМ и МПКМ позволяет повысить срок службы инструмента по сравнению с базовой технологией, основанной на применении лезвийного быстрорежущего и твердосплавного инструмента: при зенкерowaniu углепластиков – 7...8 раз, боропластиков – в 4...5 раз, органопластиков – в 10...12 раз; увеличить производительность обработки в 3...5 раз; улучшить качество обработанной поверхности: исключить поверхностные дефекты в зоне кромок – выкрашивания и скругления, наружные трещины; исключить отслоения и внутренние дефекты – расслоения, растрескивание и прижоги; свести к минимуму действие термической деструкции полимерной составляющей, обеспечивая при этом параметр шероховатости R_z 20...40 мкм.

Литература

1. М'ялиця А.К., Падалко В.Г. Державна науково-технічна політика інноваційного розвитку промислового комплексу України // Технологические системы. – 2003. - №1. – С.5-10.
2. Гуняев Г.М. Структура и свойства полимерных волокнистых композитов. – М.: Химия, 1981. –232 с.
3. Боголюбов В.С. Перспективы развития композитного авиастроения // Технологические системы. – 1999. - № 1. – С.40-46.
4. Інструменти з надтвердих матеріалів / Під ред. М.В.Новікова. – Київ: ІНМ НАНУ, 2001. – 528 с.
5. Прудников Е.Л. Алмазный инструмент на гальванической связке // Инструментальный світ. – 2000. - № 9. – С. 28-30.
6. Теоретические основы резания и шлифования материалов: Учебн. Пособие /А.В.Якимов, Ф.В.Новиков, Г.В.Новиков, Б.С.Серов, А.А.Якимов. – Одесса: ОГПУ, 1999. –450 с.
7. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения /Под общей редакцией Ф.В.Новикова и А.В.Якимова. В десяти томах. _Т.4."Теория абразивной и алмазно-абразивной обработки материалов".-Одесса: ОНПУ, 2002. –802 с.
8. Шепелев А.А., Сороченко В.Г., Прудников Е.Л. Резка полимерных композиционных материалов однослойными алмазными кругами //Инструментальный світ. – 2002. - №4 (16). – С.29-31.
9. Шепелев А.А., Сороченко В.Г., Прудников Е.Л. Шлифование полимерных композиционных материалов однослойными алмазными кругами и барабанами //Инструментальный світ. – 2003. - №1(17). – С.4-8.
10. Шепелев А.А., Сороченко В.Г. Технология шлифования полимерных композиционных материалов алмазными шлифовальными головками //Композиционные материалы в промышленности: Материалы XXIУ ежегодной международной конференции и выставки, 31 мая – 4 июня 2004г., Ялта – Киев: УИЦ «НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИЯ», 2004. – С.319-321.
11. Шепелев А.А., Сороченко В.Г., Прудников Е.Л. Сверление отверстий в полимерных и металлополимерных композиционных материалах однослойными алмазными сверлами //Инструментальный світ. – 2003. - №3 (19). – С.20-24.
12. Шепелев А.А., Сороченко В.Г., Прудников Е.Л. Зенкерование отверстий в полимерных и металлополимерных композиционных материалах алмазными зенкерами //Инструментальный світ. – 2004. - №1 (21). – С.30-34.

УДК 621.941

ТЕМПЕРАТУРА РІЗАННЯ ПРИ ТОЧІННІ ПОКРИТТІВ З АМОРФНО-КРИСТАЛІЧНОЮ СТРУКТУРОЮ

Мельничук Ю.О., канд. техн. наук, Клименко С.А., докт. техн. наук
(м. Київ, Україна)

The results of research on influence of peculiarities of sprayed coatings with amorphous – crystal structure on the temperature in cutting zone when turning by PSHM tool are presented.

Теплота, яка утворюється в результаті роботи різання, є одним з головних факторів, які визначають процес різання. Вивчення теплових явищ у зоні різання особливо актуально у випадку обробки матеріалів, структурний стан яких чутливий до змін температури.

Враховуючи, що матеріали з аморфно-кристалічною структурою, зокрема напилени, характеризуються невисокою термічною стабільністю, виникає необхідність в проведенні досліджень, пов'язаних з вивченням теплового впливу на структуру покриттів у процесі точіння.

Експериментально температура різання покриттів систем Fe-B, Fe-Si-B та Fe-Cr-B оцінювалась з використанням круглих непереточуваних пластин з ПНТМ киборит, які встановлювались в спеціальну державку ($\gamma = -10^\circ$, $\alpha = 10^\circ$) з вмонтованими двома термопарами. Вивчався вплив на температуру різання режимів обробки і зносу інструменту h_3 .

Під час точіння газополуменевого покриття, напиленого з порошку $Fe_{78}Si_{12}B_{10}$, спостерігається вищий рівень температур, ніж при точінні газополуменевого покриття, напиленого з порошку $Fe_{79}Cr_{16}B_5$, яке має більш високу твердість (рис. 1). Такий факт обумовлений відмінністю у структурі оброблюваних матеріалів. Газополуменеве покриття, напилене з порошку $Fe_{78}Si_{12}B_{10}$, характеризується менш гетерогенною структурою, а вища температура під час його точіння визначається, головним чином, зростанням температури у зоні вторинної пластичної деформації та за рахунок тертя стружки з передньою поверхнею інструменту ($Q_{тн}$). Під час точіння покриття, напиленого з порошку $Fe_{79}Cr_{16}B_5$, контакт інструменту із стружкою не є суцільним, що пов'язано з високою гетерогенністю структури такого покриття та утворенням елементної стружки у вигляді порошку, наслідком чого є незначний вплив складової $Q_{тн}$ на температуру різання.

За результатами проведеного експерименту встановлена залежність температури різання під час точіння газополуменевого покриття ($v = 0,7-2,7$ м/с; $S = 0,05-0,19$ мм/об; $h_3 = 0-0,4$ мм), напиленого з порошку $Fe_{78}Si_{12}B_{10}$, від умов обробки:

$$T = 747,7v^{0,484} S^{(0,034-0,012lnv)} h_3^{(0,007-0,004lnv)} \quad (1)$$

Найбільший вплив на температуру під час точіння здійснює швидкість різання і знос інструменту. Вплив подачі є менш суттєвим у зв'язку з тим, що з її збільшенням зростає відведення тепла із зони обробки. Залежність (1) указує на те, що із зростанням швидкості різання зменшується вплив на температуру подачі та зносу інструменту. Із збільшенням фаски зносу по задній поверхні інструменту під час точіння покриття $Fe_{78}Si_{12}B_{10}$ температура на його вершині поступово зростає і при $h_3 = 0,4$ мм ($v = 1,7$ м/с, $S = 0,05$ мм/об, $t = 0,15$ мм) досягає 1025°C , що переважно пов'язано із зростанням контактної температури на задній поверхні інструменту.

За методикою А.Н. Резнікова вираз для температури на вершині інструменту має вигляд:

$$T_A = \frac{(1+c) \cdot C_2 \cdot q_d}{1 + (C_2 \cdot \sqrt{\lambda}) / C_1}, \quad (2)$$

де c — коефіцієнт, який враховує накопичення теплоти в поверхневих шарах матеріалу заготовки при довготривалому різанні; q_d — щільність тепловиділення на поверхні зсуву; λ — коефіцієнт теплопровідності покриття; C_1, C_2 — постійні.

Існуючі аналітичні розрахунки температури різання і параметрів теплових полів можуть правомірно використовуватись у випадку обробки суцільних матеріалів. При обробці неоднорідних матеріалів, якими, зокрема, є напилені покриття, розрахунок температур різання за цими методиками, в яких не враховуються дійсні значення теплофізичних характеристик оброблюваних матеріалів, призводить до значних розходжень з експериментальними даними.

В покриттях містяться фази з різними теплофізичними властивостями (пори, кристалічні та аморфні включення, оксиди, шлаки та інші), характер розташування яких є випадковим. Фронт теплового поля під час обробки покриттів розповсюджується по фазах з високою теплопровідністю. Тому його напрямок має складний характер, а по даним [1] відноситься до категорії фрактальних кривих.

Відомо, що коефіцієнт теплопровідності матеріалу залежить від його хімічного складу і температури. У випадку обробки неоднорідних матеріалів, ця характеристика залежить також і від їх структури, наприклад, величини пористості і характеру розподілу пор в матеріалі, характеру поєднання більш чи менш теплопровідних фаз. В загальному випадку коефіцієнт теплопровідності таких матеріалів визначається як [2]:

$$\lambda' = \frac{\lambda_{\text{суц}}}{(0,04)^{1-D_f}}, \quad (3)$$

де $\lambda_{\text{суц}}$ — коефіцієнт теплопровідності аналогічного за хімічним складом суцільного матеріалу; $D = D_f$ — фрактальна розмірність фронту теплового поля.

Для визначення фрактальної розмірності фронту теплового поля скористаємося уявленням про профіль пе-

перізу поверхні покриття з відкритими порами як про предфрактал першого покоління триадної кривої Кох. Користуючись математичними залежностями для третього покоління кривої Кох, фрактальна розмірність фронту теплового поля для покриттів з аморфно-кристалічною структурою систем Fe-B, Fe-Si-B, Fe-Cr-B складає $D_f = 1,103$. З врахуванням цього, коефіцієнт теплопровідності для газополуменевого покриття наближено дорівнює $\lambda' = 0,72\lambda$ (де λ — коефіцієнт теплопровідності сплаву без пор).

Таким чином, вираз (2) для розрахунку температури на вершині різця під час точіння гетерогенного напиленого покриття набуває такого вигляду

$$T_A = \frac{(1+c) \cdot C_2 \cdot q_d}{1 + \frac{C_2 \cdot \sqrt{\lambda' / (0,04)^{1-D_f}}}{C_1}}, \quad (4)$$

де D_f — фрактальна розмірність фронту теплового поля.

На рис. 2 наведені результати дослідження температури різання на вершині інструменту під час точіння газополуменевого покриття, напиленого з порошкового дроту $\text{Fe}_{80}\text{B}_{20}$, аналіз яких свідчить про те, що використання фрактальних уявлень про структуру оброблюваного матеріалу суттєво підвищує точність її оцінки.

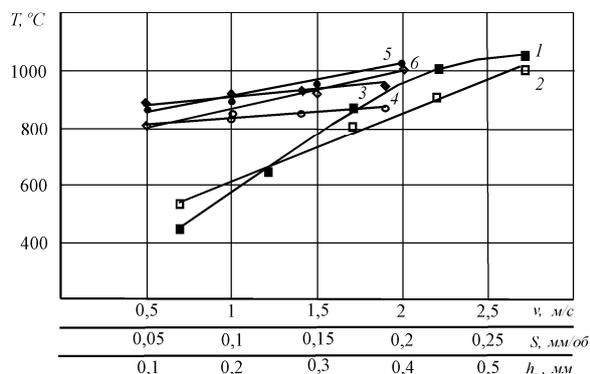


Рис. 1. Вплив умов різання на температуру вершини різця з кибрита при точінні покриттів (1, 3, 5 - газополуменеве порошкове, $\text{Fe}_{78}\text{Si}_{12}\text{B}_{10}$; 2, 4, 6 - газополуменеве порошкове, $\text{Fe}_{79}\text{Cr}_{16}\text{B}_5$): 1, 2 - від швидкості різання ($S = 0,05$ мм/об; $h_3 = 0,1$ мм; $t = 0,15$ мм); 3, 4 - від подачі ($v = 1,7$ м/с; $h_3 = 0,1$ мм; $t = 0,15$ мм); 5, 6 - від зносу інструменту ($v = 1,2$ м/с; $S = 0,05$ мм/об; $t = 0,15$ мм)

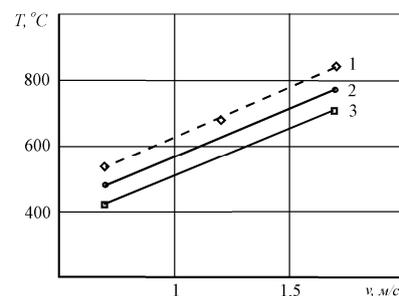


Рис. 2. Залежність температури вершини різця від швидкості різання (точіння газополуменевого покриття, напиленого з порошкового дроту $\text{Fe}_{80}\text{B}_{20}$; $S = 0,05$ мм/об; $h_3 = 0,1$ мм; $t = 0,15$ мм): 1 - експериментальні дані; 2 - розрахунок за наведеною методикою; 3 - розрахунок по А.Н. Резнікову

Порівняння наведених даних дає право говорити про те, що використання методики, яка враховує гетерогенність структури оброблюваного матеріалу, дозволяє порівняно точно визначити температуру різання. Експериментальна (1) та теоретична (2) прямі розташовані поруч, а різниця між їх значеннями не перевищує 10 %. У випадку розрахунку температури (пряма 3) за методикою, розробленою для монолітних матеріалів, відзначаються значно більші розбіжності (у середньому 18,7 %) з експериментальними значеннями.

Література

1. Синергетика и фракталы в материаловедении / В.С. Иванова, А.С. Баланкин, И.Ж. Бунин, А.А. Оксогоев. — М.: Наука, 1994. — 384 с.
2. Мельничук Ю.О. Особливості точіння покриттів з аморфно-кристалічною структурою: Автореф. дис. ... к.т.н. — Київ: ІНМ НАН України, 2002. — 20 с.

УДК 621.923

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТЕЙ ИЗДЕЛИЙ ИЗ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Филатов Ю.Д., докт. техн. наук, Скрыбин В.В., Ящук В.П., канд. физ.-мат. наук,
Сидорко В.И., канд. техн. наук.
(г. Киев, Украина)

The results of computer simulation of the roughness and evaluation of the quality of polished surfaces of articles from silica-alumina materials that are obtained by profilometry and optical methods are presented.

На основе теоретического исследования механизма образования частиц износа при полировании поверхностей изделий из алюмосиликатных материалов (АМ) разработан метод компьютерного моделирования их шероховатости, с использованием которого был построенный ряд модельных профилограмм (рис. 1а).

Экспериментальная проверка теоретических результатов методом профилометрии (рис. 1б) показала [1], что теоретические и экспериментальные данные совпадают с погрешностью, которая не превышает 22 %.

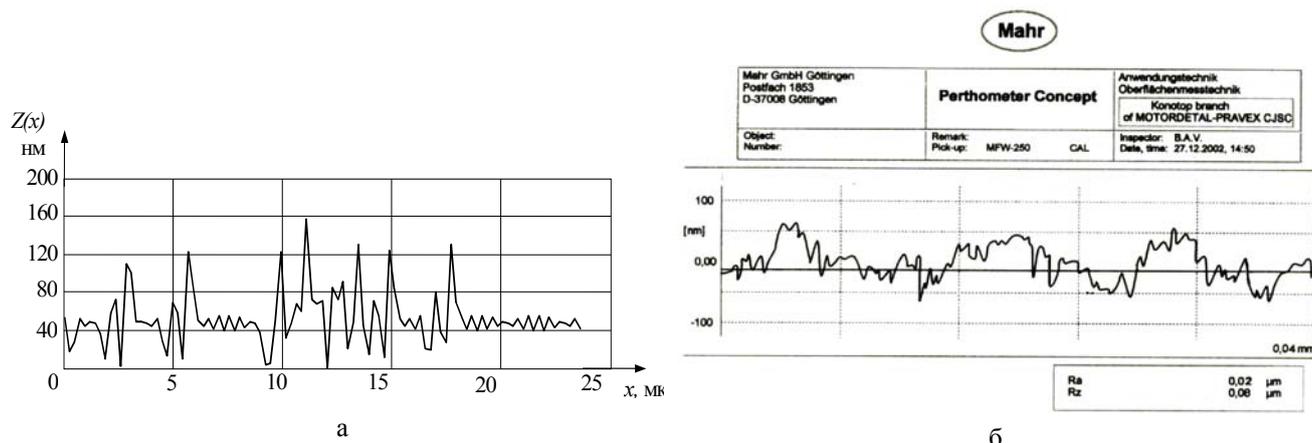


Рис. 1. Профилограммы полированной поверхности керамического гранита: а- модельная, б - экспериментальная

При этом, погрешность измерения методом профилометрии составляла 20 %, что объясняется структурной неоднородностью АМ. Для количественной оценки качества полированных поверхностей наряду с высотными параметрами шероховатости использовался коэффициент отражения света [2] (на длине волны 530 нм), измеряемый на специальной лазерной установке. Экспериментальные исследования показали, что величина коэффициента отражения света увеличивается с уменьшением шероховатости поверхности. Анализ точности измерений коэффициента отражения света показал, что их погрешность не превышает 2 % (табл. 1).

Для исследования идиохроматической (естественной) окраски поверхностей изделий с АМ анализировались спектры отражения света от шлифованной и полированной поверхностей в диапазоне длин волн 400-680 нм. В результате анализа показано, что интенсивность света, отраженного от полированной поверхности красной яшмы, не зависит от его длины волны. Это означает, что для оценки идиохроматической окраски полированных поверхностей изделий с АМ эти спектры не могут быть использованы.

Таблица 1

Высотные параметры шероховатости и коэффициент отражения света от полированных поверхностей изделий с АМ

Материал	R_a , мкм	R_z , мкм	R_{max} , мкм	K , %
Амазонит	$0,018 \pm 0,0032$	$0,084 \pm 0,005$	$0,136 \pm 0,005$	$6,3 \pm 0,03$
Яшма	$0,032 \pm 0,009$	$0,116 \pm 0,025$	$0,262 \pm 0,098$	$6,1 \pm 0,02$
Чароит	$0,02 \pm 0,012$	$0,07 \pm 0,025$	$0,11 \pm 0,01$	$9,23 \pm 0,08$
Базальт	$0,02 \pm 0,004$	$0,084 \pm 0,005$	$0,138 \pm 0,098$	$8,16 \pm 0,09$
Габбро	$0,034 \pm 0,017$	$0,108 \pm 0,025$	$0,164 \pm 0,019$	$6,7 \pm 0,03$
Гранит	$0,014 \pm 0,005$	$0,09 \pm 0,004$	$0,158 \pm 0,03$	$6,8 \pm 0,02$
Керамический гранит "Mirage"	$0,028 \pm 0,003$	$0,118 \pm 0,01$	$0,188 \pm 0,015$	$6,1 \pm 0,03$
Керамический гранит (Kentaur)	$0,04 \pm 0,03$	$0,16 \pm 0,03$	$0,36 \pm 0,175$	$6,68 \pm 0,01$
Керамический гранит Pamesa Ceramica	$0,04 \pm 0,006$	$0,14 \pm 0,01$	$0,26 \pm 0,046$	$6,67 \pm 0,01$

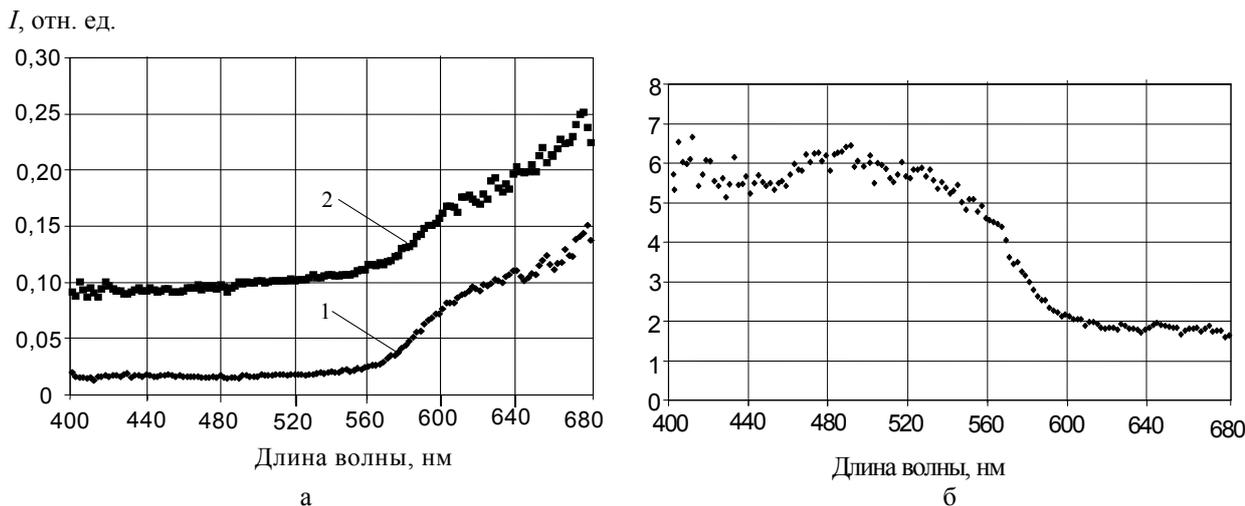


Рис.2. Спектры рассеяния полированной (1) и шлифованной (2) поверхностей красной яшмы (а) и их отношение (б).

Для оценки окраски обработанных изделий использовались спектры рассеяния света их поверхностями.

Измерения проводились на установке, в состав которой входят: источник света (лампа накаливания с галогенным наполнителем), приемная камера, световод, монохроматор и фотоумножитель (ФЭУ-136). Пучок света (рассеянный свет), который отражается от исследуемого образца, через световод поступает на входную щель монохроматора. Выходной фототок с ФЭУ после предварительного усиления усиливается входным усилителем АЦП-преобразователя, сигнал из которого поступает в компьютер. Управление поворотом дифракционной решетки монохроматора осуществляется при помощи компьютера и ЦАП, подающего сигнал на шаговый двигатель, который разворачивает решетку. Регистрируемыми данными являются интенсивность излучения и длина волны, которые в виде графических зависимостей отображаются на экране монитора.

На рис. 2 приведены спектры рассеяния света полированной и шлифованной поверхностями (а), и их отношения (б). По величине $\zeta = \frac{I_g}{I_p}$ (I_g , I_p – интенсивности рассеянного света шлифованной и полированной по-

верхностями соответственно), которая при увеличении длины волны стремится к 1, можно оценить соответствие обработанной поверхности эталонной, которая имеет идиохроматическую окраску.

Литература

1. Финишная обработка и контроль поверхности деталей из алюмосиликатных материалов / Филатов Ю.Д., Сидорко В.И., Горбачев Г.Ф., Ящук В.П., Крамар В.Г., Скрыбин В.В. // Сверхтвердые материалы. - Киев. - 2001. - №5. - С. 70-75.
2. Топорец А.С. Оптика шероховатой поверхности. - Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1988. - 191с.

УДК 621.9

ЗВ'ЯЗОК ГНУЧКОСТІ ТА ТОЧНОСТІ БАГАТОНОМЕНКЛАТУРНИХ АГРЕГАТНИХ ВЕРСТАТІВ

Карпуть В.Е., докт. техн. наук, проф., Гаврилюк Ю.Р., канд. техн. наук
(м. Харків, Україна)

The link of flexibility and exactitude of generic unit-type machine tools is reviewed.

Агрегатні верстати (АВ), які застосовують в масовому виробництві, призначені для обробки однієї деталі і проектується в одноваріантному виконанні, але існує об'єктивна можливість створення гнучкого устаткування на основі принципу агрегування з вузлів з різним ступенем гнучкості на всіх рівнях функціональної деталізації структури верстата. Тому, актуальною в даний час є проблема розробки наукових основ проектування і виготовлення агрегованих технологічних систем, що забезпечать високу надійність устаткування і високу продуктивність і точність обробки, при внесенні в систему необхідної технологічної надмірності, що підвищує гнучкість устаткування, але керовано дозволяє знижувати точність обробки.

Підвищення гнучкості агрегованого металорізального устаткування зі збереженням характеристик точності вимагає аналізу номенклатури оброблюваних заготовок, зміни і чергування об'єктів обробки та оброблюваних поверхонь у груповому технологічному процесі. Лідируючими видами обробки на АВ є: свердління, розсвердлювання, зенкерування, зенкування, розгортання, розточування і нарізування різьблення, на які в сумі приходить близько 85% усіх шпинделів агрегатного верстата, у [1]. Тому типовою для агрегатного верстата обро-

блюваною поверхнею можна вважати циліндричну внутрішню поверхню. Зазначені типи оброблюваних поверхонь технологічно пов'язані, тобто нарізування різьблення можливо тільки при наявності отвору з фаскою, а обробка фаски – при наявності отвору і т.д.

З усієї сукупності поверхонь різних деталей як з групи, можна виділити такі поверхні: 1) поверхні свої властивості, що змінюють; 2) нові поверхні, що додаються в набір у порівнянні з попередньою деталлю; 3) зникаючі поверхні, яких немає на новій деталі. З іншого боку, для одичної поверхні деталі можуть бути виділені три властивості, що відбивають характер змін при переході до обробки наступного типу деталей. 1.) Розташування оброблюваних поверхонь описується координатами базової точки, а зміна координат відбиває зсув поверхні. 2.) Відмінності метричних характеристик порівнюваних поверхонь відбиваються у зміні діаметра отвору, фаски або різьблення, їхньої глибини і розміру. 3.) Зміна характеристик для різних типів поверхонь може виявлятися у зміні шорсткості оброблюваної поверхні, кроку різьблення та кута нахилу фаски. Таким чином, гнучка агрегатована технологічна система повинна забезпечувати настроювання на оброблювані поверхні деталі, пов'язану зі змінами в них: 1) розташуванні; 2) розмірах; 3) характеристиках.

Всі структурні елементи АВ можуть підвищувати його гнучкість, те і кожний з них повинний забезпечувати вплив на зазначені вище три перемінних параметри поверхонь. Тому усі структурні елементи гнучкого АВ, для підвищення його гнучкості в цілому повинні забезпечувати необхідні вихідні характеристики елементів, що беруть участь у переналагодженні: 1) керування силовими параметрами - інтенсивністю впливу на заготовку; 2) зміна геометричних параметрів елементів контактуючих із заготовкою; 3) можливість здійснення настановних переміщень [2-4]. У залежності від вибору способу переналагодження можна припустити три характерні залежності співвідношення точності і гнучкості устаткування: коли падіння точності обробки відбувається не виправдано швидше ніж розширення технологічних можливостей устаткування, прямо пропорційна залежність між ними та коли падіння точності обробки відбувається значно повільніше ніж розширення технологічних можливостей устаткування.

При аналізі номенклатури оброблюваних деталей на стадії проектування АВ можна установити, керування якими параметрами поверхонь буде необхідно, які функціональні елементи верстата для цього задіяти і які способи переналагодження для них використовувати, що у свою чергу дозволить забезпечити оптимальну гнучкість і точність АВ. Так, керування інтенсивністю впливу на заготовку реалізується тільки за допомогою установочно-затискного пристосування, шпindelного оснащення і силових агрегатів, а зміна параметрів зони контакту з заготовкою тільки за допомогою установочно-затискного пристосування, шпindelного оснащення, допоміжного та ріжучого інструмента.

Окремої уваги заслуговують пристрої переміщення, що виконують аналогічні функції на різних рівнях віддалення від заготовки. Такі пристрої переміщення (ПП) призначені для керування настановними переміщеннями елементів структури АВ. Незважаючи на конструктивні розходження ПП застосовуваних для різних видів агрегатів, а також умов їхньої експлуатації, у структурі ПП можна виділити визначений фіксований набір функціональних елементів. Нами розроблені оригінальні конструкції ПП для переміщення по одній координаті. Поверхні контакту рухомої та нерухомої плит мають плоску форму, що дозволяє зменшити їхню товщину, а також висоту ПП у цілому. Максимальна величина налагоджувального зсуву плит – 200 мм (по 100 мм на сторону в подовжньому напрямку від вихідного центрального положення). Плити можуть займати будь-яке положення відносно один одного в даному інтервалі. Бічна фіксація в поперечному напрямку забезпечується чотирма бічними направляючими планками, кожна з яких кріпиться двома болтами до рухомої плити. Для зсуву плити ПП оснащено двома механізмами переміщення "зубчасте колесо - рейка", що складаються з вала-шестірні, встановленій в кронштейні, закріпленому на плиті гвинтами. Зубчасте колесо знаходиться в зачепленні з рейкою, розміщеною на бічній поверхні рухомої плити.

При використанні високоточних пристроїв переміщення, спеціально розроблених для використання в компонуваннях багатомономенклатурних агрегатних верстатів, дозволить значно підвищити їхню гнучкість без значної втрати точності обробки, тому що, великі потенційні можливості по керуванню гнучкістю АВ криються у використанні в його компонуванні ПП, що забезпечать настроювання взаємного положення заготовки та інструмента, що ріже, з найменшими витратами і при мінімальному зниженні надійності і точності роботи верстата, за рахунок простоти оригінальної конструкції і принципу дії високоточних пристроїв переміщення та інших переналагоджуваних агрегатів верстата.

Література

1. Агрегатные станки средних и малых размеров // Ю.В.Тимофеев, В.Д.Хицан, М.С.Васерман, В.В.Громов. Под общ. ред Ю.В.Тимофеева.- М.: Машиностроение, 1985.- 248 с.
2. Карпуть В.Е., Гаврылюк Ю.Р. Применение многономенклатурных агрегатных станков в производстве штампов и пресс-форм // Техника машиностроения.-1998. -№3.- С. 36-39.
3. Карпуть В.Е., Гаврылюк Ю.Р. Многокритериальная оптимизация конструкционных компоновок многономенклатурных агрегатных станков // Резание и инструмент в технологических системах. - Межд. научн.-техн. сборник. -Харьков: ХГПУ, 1999, Вып. 53 .- С. 72-74.
4. Гаврылюк Ю.Р., Ивановская О.В., Бочаров В.Б. Перспективы применения устройств перемещения в компоновках агрегатных станков // Вестник НТУ "ХПИ".- Харьков: НТУ "ХПИ".-2003.- Вып. 8, Т.1.- С. 23-28.

УДК 621.91.678.5

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ЗНОСУ ІНСТРУМЕНТУ, ЯКОСТІ ОБРОБЛЕНОЇ ПОВЕРХНІ З ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ ПРИ РІЗАННІ СКЛОПЛАСТИКІВ

Хавін Г.Л., канд. техн. наук

(м. Харків, Україна)

The qualitative characteristics for cutting of fiber glass are considered. The influence of cutting speed, feeding and cutting depth for tool deterioration and surface condition is presented. The deterioration of tool back edge is defined tools wear, temperature and surface finish for fiber glass cutting.

Продуктивність механічної обробки різанням склопластиків зростає з підвищенням параметрів режимів різання – подачі, глибини, швидкості різання. Поряд з тим зростає знос інструменту, підвищується температура у зоні контакту і, як наслідок цього, погіршується якість поверхні і знижується стійкість інструменту. Визначення раціональних параметрів режимів різання при обробці різних марок склопластиків, що забезпечують завдану якість поверхні і стійкість інструменту, є головною метою дослідження і є завжди актуальною задачею.

При різанні склопластиків знос ріжучого інструменту має місце головним чином за рахунок округлення ріжучої кромки. Окрім цього має місце знос по задній грані різця за рахунок наслідку матеріала, що обробляється. Схема зносу ріжучої кромки різця наведена на рис.1. Результат багатьох досліджень показав, що між зносом по задній поверхні - h_z і радіусом округлення ріжучої кромки - ρ має місце залежність [1]:

$$h_z = (1,7 - 1,8)\rho.$$

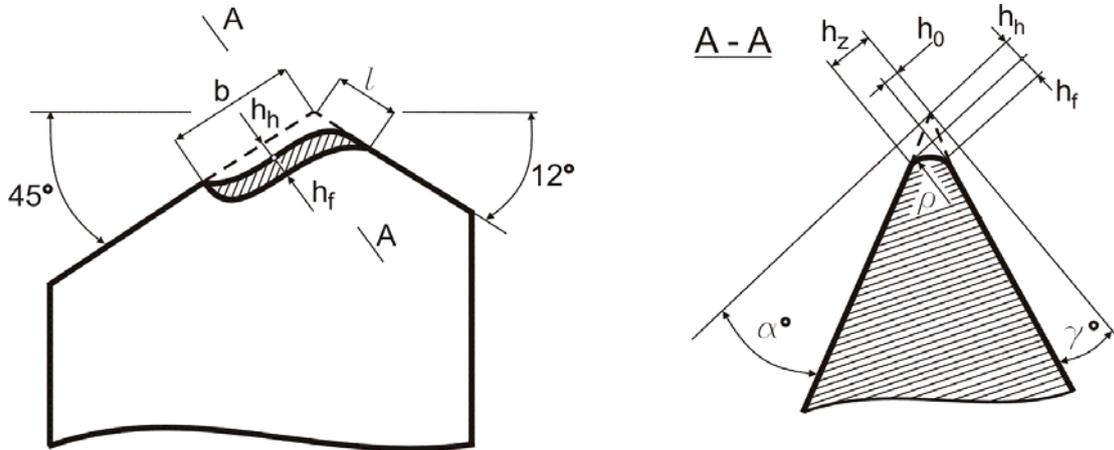


Рис. 1. Схема зносу твердосплавного різця при точінні склопластиків: α - задній кут; γ - передній кут; ρ - радіус округлення; h_z - умовна величина зносу по задній поверхні, мм; h_f - величина зносу по передній поверхні, мм; h_0 - початкова величина, що має місце за рахунок округлення вершини гостро заточеного різця; b, l - ширина і довжина площадки зносу, мм.

Завдяки цьому, наявність такої залежності дозволяє у якості критерію затуплення інструменту прийняти знос по задній поверхні, як величину, що найбільш легко замірювати. Експериментальні дослідження також показали відсутність періоду катастрофічного зносу інструменту при обробці склопластиків. З цього факту можна зробити висновок, що знос інструменту не може бути єдиним критерієм затуплення при обробці склопластиків.

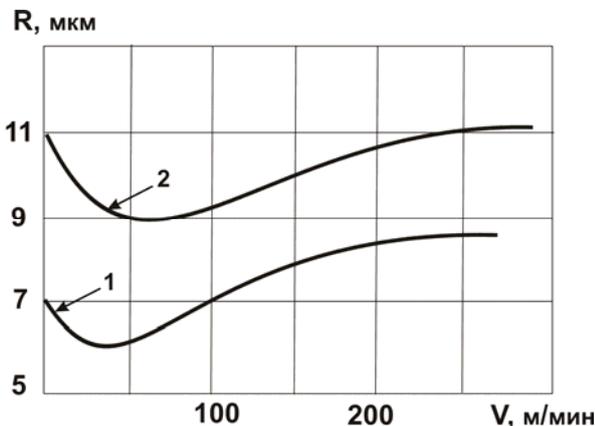


Рис. 2. Типовий вигляд залежності шорсткості обробленої поверхні від швидкості різання: 1 – скловолоконніт; 2 – склотекстоліт.

Враховуючи те, що у переважній більшості випадків механічна обробка склопластиків є фінішною операцією, коли припуск знімається за один прохід, цілком справедливо у якості додаткової вимоги до величини зносу інструменту прийняти значення параметра якості поверхні. Це також підтверджується експериментально, коли із збільшенням зносу інструменту чистота обробленої поверхні настільки погіршується, що якість поверхні стає домінуючою. При цьому механічне руйнування обробленої поверхні (вкришування, відшарування, сколи) настає при менших величинах зносу інструменту, чим термічні прижоги.

Згідно даних [2] 5-й клас чистоти при точінні твердосплавним інструментом практично не забезпечується, а 4-й клас забезпечується при величині зносу

по задній поверхні 0,15 – 0,20 мм. Таким чином, за критерій затуплення при механічній обробці склопластиків прийнята середня величина зносу по задній поверхні, що дорівнює 0,17 мм, яка забезпечує одержання 4-го класу чистоти обробленої поверхні.

Найбільш впливовим фактором, що сприяє інтенсивному зносу інструменту є швидкість різання. Підвищення швидкості різання збільшує роботу тертя і пружних деформацій в одиницю часу, викликає зростання температури у зоні контакту. Із збільшенням температури поверхневого шару понад температурою деструкції зв'язуючого, збільшуються абразивні властивості склопластику, інтенсифікуються окислюючі процеси [2]. Залежність чистоти обробленої поверхні від швидкості різання має горбообразний характер, як наведено на рис.2 [3]. Шорсткість поверхні має оптимальне значення при швидкості обробки 40 - 50 м/хв.

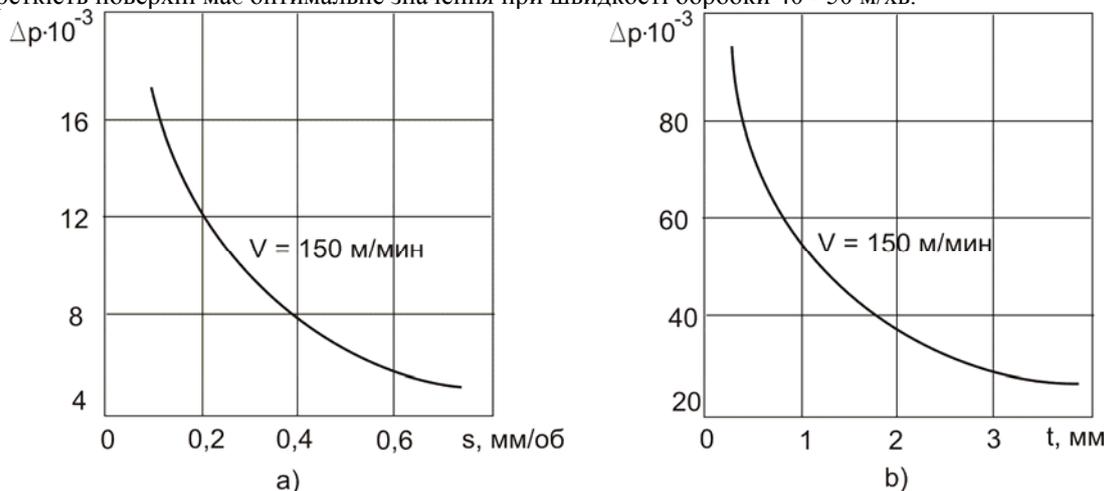


Рис. 3. Типовий вигляд залежності подачі (а) і глибини різання (б) на удільний знос Δp , кг при точінні твердосплавним різцем склопластику.

Подача і глибина різання менш впливають на стійкість різців при точінні склопластиків. Підвищення подачі супроводжується зростанням тиску на одиницю довжини ріжучого леза, внаслідок чого зростає сила різання і, як наслідок, інтенсивність зносу різця. З другого боку підвищення подачі зменшує довжину шляху тертя ріжучої кромки, що приходить на одиницю ваги знятого матеріалу. Тому із збільшенням подачі інтенсивність зносу інструменту характеризується сумарним впливом зростання сили різання і зменшенням шляху тертя, що приводить до часткової компенсації одне одного [3]. Згідно даних багатьох літературних джерел зростання зносу інструменту при обробці склопластиків має місце при малих подачах – від 0,1 до 0,3 мм/об. Для подач від 0,4 до 0,9 мм/об величина зносу стабілізується і залишається постійною або незначно падає. Враховуючи це можна рекомендувати при чорновому або пів чистовому точінні вести обробку на подачах 0,4 мм/об і більше, а при чистовому точінні для одержання високої якості поверхні доцільно робити на подачах 0,2 – 0,3 мм/об.

Зміна глибини різання (при постійній товщині зрізу) впливає на тиск ріжучого леза. При цьому довжина контакту ріжучої кромки пропорційна глибині різання і як наслідок пропорційна площі контакту взаємодіючих інструмента і матеріалу, площині зрізу, силам різання. З другого боку при зміні глибини зрізу змінюється шлях пройдений різцем і, таким чином, глибина різання не оказує великого впливу на знос різця. По даним [4] при глибині різання склопластиків від 1,5 мм до 4 мм удільний ваговий знос різців практично залишається постійним. При цьому питання що до зниження чистоти обробленої поверхні не розглядалось.

Таким чином, домінуючим параметром при точінні виробів з склопластиків є припустимий знос інструменту, який визначається для даної марки матеріалу і параметрів різця, сукупністю значень технологічних параметрів – швидкості, подачі та глибини різання. Припустимий знос при обробці склопластиків суттєво менш, ніж при обробці металів. При цьому визначати припустимий знос по шорсткості обробленої поверхні не рекомендується, тому що має місце специфічні види погіршення якості обробленої поверхні: наявність сколів, розшарувань, прижогів, які не спостерігаються при обробці металів. Однак на теперішній час, дослідження впливу зносу на якість обробленої поверхні [4] показало, що для склопластиків поперед усього збільшується шорсткість обробленої поверхні, ніж спостерігаються сколи, розшарування та прижоги.

Роботу виконано в межах проекту M2305, що фінансується міністерством освіти і науки України.

Література

1. Степанов А.А. Обработка резанием высокопрочных композиционных полимерных материалов. –Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987.- 176 с.
2. Малкин А.Я., Руднев А.В., Королев А.А. Механическая обработка стеклопластиков / В кн.: Обработка пластмасс в машиностроении. – М.: Наука, 1968. – С.73-85.
3. Тихомиров Р.А., Николаев В.И. Механическая обработка пластмасс.- Л.:Машиностроение, 1975.-206с.
4. Руднев А.В., Королев А.А. Обработка резанием стеклопластиков. – М.: Машиностроение, 1969.- 119 с.

УДК 621.92

ИССЛЕДОВАНИЕ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ В ПРИВОДАХ КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ.

Серховец О.И., канд. техн. наук, проф.

(г. Харьков, Украина)

The research of torsional vibrations in circular grinder drives. Oleg Ivanovitch Serkhovets. The present paper considers the conditions of torsional vibration appearance in circular grinder drives.

Динамика приводов круглошлифовальных станков нами исследована в работах [1,2]. Однако они рассмотрены в виде разомкнутых систем. Динамика этих приводов, как замкнутой через зону резания цепной крутильной системы осталась, практически, не исследованной.

Несмотря на балансировку кругов диаметром 600 мм и более с помощью балансировочных устройств не удаётся полностью ликвидировать их дисбаланс. И в этом случае помимо постоянных составляющих сил резания P_Y и P_Z имеют место переменные составляющие этих сил. Причём, их значения в процессе шлифования могут достигать (10-15)% от постоянной составляющей силы резания. Наличие переменной составляющей силы P_Z вызывает вынужденные колебания приводов. Конструкция приводов круглошлифовальных станков такова, что они имеют, относительно, невысокую крутильную жёсткость ременных передач и электромагнитной связи двигателей. В связи с этим собственные частоты колебаний в приводах, относительно, близки к частотам возмущающей нагрузки. При таком приближении имеется возможность появления резонанса, что может привести к крутильным колебаниям, нарушениям закономерности снятия толщины стружки, снимаемой одним абразивным зерном и, как следствие, увеличению относительных колебаний между кругом и деталью.

Целью настоящей работы является исследование замкнутой цепной колебательной системы приводов круглошлифовального станка для определения её собственных частот и сопоставления с возможными возмущающими гармоническими колебаниями, вызванными неуравновешенностью кругов.

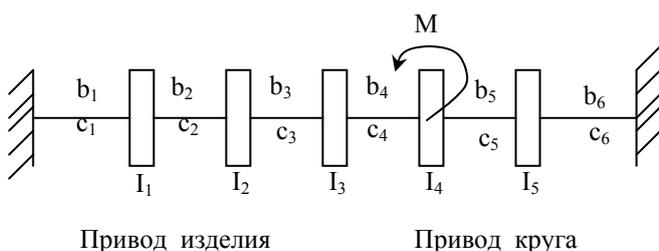


Рис.1. Цепная крутильно-колебательная система приводов станка

На рис.1 представлена схема крутильно-колебательной системы приводов, приведенной к зоне резания, на базе круглошлифовального станка мод.3М152ВФ20 Харьковского станкозавода. Система представлена пятью дисками, соединёнными элементами жёсткости с вязким трением.

Здесь имеются жёсткости: c_1 -электромагнитной связи электродвигателя привода изделия; c_2 -первой после двигателя клиноременной передачи; c_3 -второй после двигателя клиноременной передачи; c_4 -стыка между обрабатываемой деталью и кругом (зоны резания); c_5 -клиноременной передачи привода круга; c_6 -электромагнитной связи электродвигателя привода круга.

тродвигателя привода круга.

Для исследования предусматривается в приводе изделия двигатель постоянного тока с тиристорным управлением и бесступенчатым регулированием, а в приводе круга асинхронный двигатель с частотным преобразователем, обеспечивающим бесступенчатое регулирование в пределах (20-100) м/с при диаметре круга 600 мм.

Вследствие большой инерционности электрической сети на левом и правом концах системы приняты жёсткие заделки. $b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6$ -коэффициенты демпфирования в вышеперечисленных элементах. Моменты инерции соответственно: I_1 -ротора двигателя привода изделия; I_2 -промежуточного шкива; I_3 -планшайбы привода изделия с обрабатываемой деталью; I_4 -шпинделя со шлифовальным кругом и закреплёнными на них деталями; I_5 -ротора электродвигателя с закреплённым на нём шкивом в приводе круга.

На периферии круга действует вынуждающий момент

$$M = M_{CP} + M_0 \sin \omega t, \quad (1)$$

где M_{CP} - средняя величина постоянной составляющей от силы резания P_Z ; M_0 - амплитуда переменной составляющей, вызванной неуравновешенностью круга; ω -круговая частота вращения круга; t -время.

Определение крутильной жёсткости в зоне резания рассчитывалось из предположения существования упругой связи между поверхностями обрабатываемой детали и шлифовального круга. С учётом этого, парциальная частота крутильных колебаний между моментами инерции I_3 и I_4 будет равна: $n_p = \sqrt{c_p \cdot (I_3 + I_4) / I_3 \cdot I_4}$, откуда $c_p = n_p^2 \cdot I_3 \cdot I_4 / (I_3 + I_4)$. Если допустить, что в установившемся движении эти массы колеблются с частотой вращения круга, т.е. с вынуждающей частотой, то $n_p \approx \omega$. Подставив в формулу для определения c_p значение ω вместо n_p , найдём значение крутильной жёсткости в зоне резания $c_p \approx c_4$, которая зависит от моментов инерции детали, круга и скорости круга.

Недостающие значения коэффициентов демпфирования в элементах системы можно найти воспользовавшись данными, имеющимися в литературе [3] с использованием зависимостей: $b_k = T_{bk} \cdot c_k$, где T_{bk} - постоянная времени k -го элемента в системе; c_k - жёсткость этого элемента.

Например, при использовании абразивного круга на керамической связке диаметром 600мм, высотой 100мм, обрабатываемой детали диаметром 57мм и длиной 98мм, скоростей круга 50м/с и детали 50м/мин, установке сменного шкива в приводе изделия диаметром 63мм- после приведения к зоне резания параметры цепной колебательной системы будут такие:

$$I_1=0.424; I_2=0.051; I_3=0.12; I_4=4.02; I_5=0.058 \text{ (Н*м*с}^2\text{);}$$

$$c_1=1495.2; c_2=2621.9; c_3=669.34; c_4=3333.3; c_5=2976.1; c_6=730.46 \text{ (Н*м/рад);}$$

$$b_1=21.5; b_2=25.78; b_3=0.93; b_4=3.88; b_5=4.7; b_6=3.11 \text{ (Н*м*с/рад).}$$

Дифференциальные уравнения колебаний системы на рис.1 имеют вид:

$$I_1 \ddot{\varphi}_1 + (b_1+b_2) \dot{\varphi}_1 - b_2 \dot{\varphi}_2 + (c_1+c_2) \varphi_1 - c_2 \varphi_2 = 0$$

$$I_2 \ddot{\varphi}_2 - b_2 \dot{\varphi}_1 + (b_2+b_3) \dot{\varphi}_2 - b_3 \dot{\varphi}_3 - c_2 \varphi_1 + (c_2+c_3) \varphi_2 - c_3 \varphi_3 = 0$$

$$I_3 \ddot{\varphi}_3 - b_3 \dot{\varphi}_2 + (b_3+b_4) \dot{\varphi}_3 - b_4 \dot{\varphi}_4 - c_3 \varphi_2 + (c_3+c_4) \varphi_3 - c_4 \varphi_4 = 0 \quad (2)$$

$$I_4 \ddot{\varphi}_4 - b_4 \dot{\varphi}_3 + (b_4+b_5) \dot{\varphi}_4 - b_5 \dot{\varphi}_5 - c_4 \varphi_3 + (c_4+c_5) \varphi_4 - c_5 \varphi_5 = M_{cp} + M_0 * \sin \omega t$$

$$I_5 \ddot{\varphi}_5 - b_5 \dot{\varphi}_4 + (b_5+b_6) \dot{\varphi}_5 - c_5 \varphi_4 + (c_5+c_6) \varphi_5 = 0$$

Здесь φ -угол поворота соответствующего диска.

Эту систему уравнений можно представить в матричном виде [4].

$$[I]\{\ddot{\varphi}\} + [B]\{\dot{\varphi}\} + [C]\{\varphi\} = \{M\}.$$

Для нахождения собственных частот колебаний системы без учёта демпфирования можно использовать уравнение свободных колебаний:

$$[I]\{\ddot{\varphi}\} + [C]\{\varphi\} = \{0\}. \quad (3)$$

Его решение в виде главных колебаний имеет вид:

$$\{\varphi\} = \{U\} * \cos pt, \quad (4)$$

где p - собственная частота колебаний; $\{U\}$ - вектор амплитудных коэффициентов (форм колебаний). После подстановки (4) в (3) имеем:

$$([C] - p^2[I]) * \{U\} = \{0\}. \quad (5)$$

Уравнение (5) представляет собой задачу об отыскании значений собственных частот (p^2) и собственных векторов $\{U\}$ матрицы $[C]*[I]^{-1}$.

Нетривиальное решение существует только в том случае, если \det

$$([C] - p^2[I]) = 0. \quad (6)$$

Все корни p_i^2 частотного уравнения (6) действительные числа ввиду симметричности матриц $[I], [C]$ и положительной определённости матрицы $[I]$. Решая численно уравнение (6), получаем искомый спектр собственных частот: $p_1 \leq p_2 \leq \dots \leq p_5$.

Для нахождения собственных частот системы с учётом демпфирования рассматривается уравнение:

$$[I]\{\ddot{\varphi}\} + [B]\{\dot{\varphi}\} + [C]\{\varphi\} = \{0\}. \quad (7)$$

Полагая для вязкого трения пропорциональность матриц $[B]$ и $[C]$ перепишем уравнение (7) в главных координатах

$$\xi_i: \{\ddot{\xi}\} + 2[h]\{\dot{\xi}\} + [p^2]\{\xi\} = 0. \quad (8)$$

Здесь $[h]$ -коэффициенты пропорциональности между матрицами $[B]$ и $[C]$. Собственные частоты системы с демпфированием:

$$\tilde{p}_k^2 = p_k^2 - h_{kk}^2, \quad (9)$$

где $h_{kk} = B_{kk}/2I_k$; $k = 1, 2, \dots, 5$.

Уравнения вынужденных колебаний в главных координатах имеют вид:

$$\{\ddot{\xi}\} + 2[h]\{\dot{\xi}\} + [p^2]\{\xi\} = \{M_*\}. \quad (10)$$

При этом $\{M_*\} = [U]^{-1} * [C]^{-1} * \{M\}$

Это разделяющаяся система уравнений, в которой $[h]$ и $[p^2]$ - диагональные матрицы. Решение, соответствующее установившимся колебаниям имеет вид:

$$\xi_i = M_{*i} [(1-\omega^2/p_i^2)^2 + (2h_{ii}*\omega/p_i^2)^2]^{-1/2} * \cos(\omega t - \psi_i), \quad (11)$$

где $\psi_i = \arctg[(2h_{ii}*\omega/p_i^2) / (1-\omega^2/p_i^2)]$

Решение в исходных обобщённых координатах для углов поворота дисков:

$$\varphi_i = \sum_{k=1}^5 U_{ik} * \xi_k, \quad (12)$$

где U_{ik} –элементы из матрицы собственных форм колебаний. Здесь первый индекс в амплитудном коэффициенте соответствует номеру обобщённой координаты, второй- номеру собственной частоты (собственного вектора).

К решению (12) следует добавить также постоянную часть, полученную решением системы уравнений: $[C]*\{\varphi\}^{\text{const}} = \{M\}^{\text{const}}$, $\{M\}^{\text{const}} = \{0,0,0,M_{CP},0\}$, что представляет столбец правой части уравнений (2). Её наличие вызвано постоянной составляющей силы P_z .

Для вычислений значений собственных частот и углов поворота элементов системы нами использовалась программа расчёта, составленная на языке инженерного программирования MathLab с использованием стандартных модулей численного анализа. Приведём некоторые результаты расчётов.

Расчёт собственных частот дал такие значения: 1. ротор двигателя привода изделия-70рад/с; 2. промежуточный шкив ременной передачи привода изделия-270 рад/с; 3.планшайба привода изделия с обрабатываемой деталью-90 рад/с ;4.шлифовальный круг-250 рад/с; 5. ротор двигателя привода круга-12 рад/с.

При этом использовался круг с $I_4=4.02 \text{ Н*м*с}^2$ (высота круга 100 мм, диаметр 600мм). $V_{кр}=35\text{м/с}$.

Расчёт амплитудно-частотной характеристики колебаний подсистемы круга показал, что отмечается пять резонансных пиков колебаний, которые по частотам относительно близки к собственным приведенным выше. Максимальная амплитуда колебаний круга отмечается при частоте 110 рад/с, что близко к собственной частоте планшайбы привода изделия. В исследовании рассматривались скорости круга: (20-100) м/с, что соответствует частотам возмущающей нагрузки: (66.64-333.2)рад/с. Сопоставление этих данных показывает, что на скоростях близких к 20 и 35 м/с мы, относительно, близко находимся к резонансным частотам. С этими частотами колеблются роторы двигателей в приводах. На скорости 80 м/с мы приближаемся к собственным частотам шлифовального круга и промежуточного шкива в приводе изделия.

В процессе исследования получены также значения колебаний детали. Результирующее движение детали представляет суперпозицию колебаний на каждой собственной частоте. Максимальная двойная амплитуда колебаний достигает 0.04 радиана ($\sim 2^\circ$). При попадании в резонансную точку они будут ещё выше. Положительным моментом в приводах является демпфирование резиновыми ремнями и электромагнитной связью двигателей, которые существенно уменьшают амплитуды колебаний.

В работе получены также формы колебаний рассматриваемой системы

Выводы: 1. На стадии проектирования станков целесообразно произвести исследование цепной системы привода по программе с использованием MathLab. 2. Крутильная система приводов работает с возмущающими нагрузками близкими к резонансным. 3 Демпфирование клиноременных передач и электромагнитной связи двигателей существенно уменьшают негативные последствия такой близости. 4. В процессе обработки за счёт изменения скорости круга можно осуществлять отстройку от резонансных частот. В случае отсутствия такой возможности необходимо вносить конструктивные изменения в систему.

Литература

1. Серховец О.И. и др. Исследование собственных частот крутильных колебаний привода изделия круглошлифовального станка и их влияние на качество обработки. Респ.сб. «Резание и инструмент», Харьков, Вып.3,1971.-с.35-39.
2. Серховец О.И. Влияние параметров привода станка на качество поверхностного слоя при круглом наружном шлифовании. Респ. сб. «Резание и инструмент», Харьков. Вып. 8, 1973.- с.110-115.
3. Кедров С.С. Колебания металлорежущих станков. - Москва, «Машиностроение», 1978,-199с.
4. Василенко Н.В. Теория колебаний. -Киев, «Вища школа», 1992,-430с.

УДК 621.923

КОНТАКТНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛАСТИЧНОГО ИНСТРУМЕНТА И ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Колесник И.А., докт. техн. наук, проф., Проволоцкий А.Е., докт. техн. наук, проф.,
Негуб С.Л.

(г. Днепрпетровск, Украина)

General approach to the decision of task on determination of size of moment of resistance of spot of contact of elastic instrument with the processed surface is represented in the article. The spot of contact is the aggregate of tracks of contact of working elements of instrument – separate fibres which under action of loading force are bent and is contacted with a surface on an ellipse.

Не вызывает сомнения необходимость оптимального назначения параметров процесса резания при механической обработке. Однако далеко не всегда это достаточно просто осуществить на практике, особенно это относится к эластичным инструментам. Не изучены до конца некоторые процессы взаимодействия эластичного инструмента и детали, не всегда удается выбрать оптимальные значения воздействующих нагрузок на инструмент. Долгое время эти параметры назначались экспериментально, что не способствовало длительной и оптимальной эксплуатации инструмента. Качество поверхности также зависит от исходных условий обработки. Это, прежде всего, связано со свойствами обрабатываемого материала, однако большое влияние на результат

оказывает, например, начальная деформация, сообщаемая рабочим элементам эластичного круга [1].

В последнее время большое внимание уделяется качеству поверхности после обработки полимер-абразивными эластичными кругами. Проводимые исследования [1] позволили установить зависимости между прилагаемыми нагрузками к рабочим волокнам инструмента и его перемещением, что напрямую влияет на формирование пятна контакта инструмента и детали. Однако пока остается не проясненной последовательность определения некоторых величин, входящих в зависимости по определению прогиба и угла поворота оси волокна, а также в зависимости по определению допустимых напряжений, которые способно выдерживать полимер-абразивное волокно без поломок.

Так, в работе [2] рассматривался вопрос определения величины момента сопротивления, без знания которой не возможно подсчитать величину допустимых напряжений. Для решения этой задачи были рассмотрены возможные случаи контакта и выведены зависимости для определения величин моментов инерции и сопротивления при пятне контакта, представляющего собой совокупность следов от рабочих элементов инструмента – окружностям. Однако контакт инструмента по окружностям справедлив лишь в случае обработки торцами волокон при начальной деформации равной нулю. Производительность обработки возрастает при увеличении числа режущих зерен, одновременно вступающих в работу. Такая ситуация возникает при некоторой деформации рабочего волокна, когда при изгибе оно начинает работу по дуге, что вследствие истирания образует на поверхности волокна эллипс. Площадь эллипса будет больше площади круга при прочих равных условиях, а это в свою очередь означает возрастание числа работающих абразивных зерен.

Целью работы является решение задачи по определению величин момента инерции и момента сопротивления для пятна контакта, образованного следами контакта рабочих волокон, являющими собой эллипс.

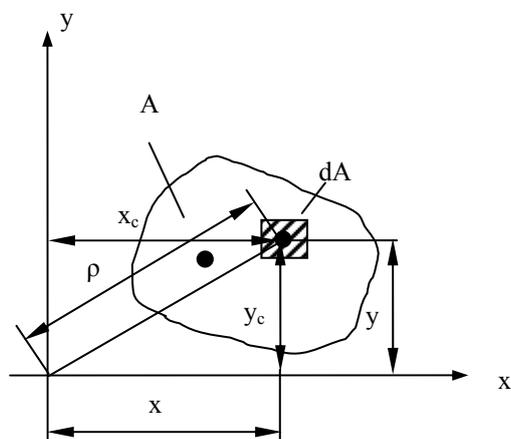


Рис.1. Пятно контакта в системе координат.

Пятно контакта представляет собой сложное сечение, которое характеризуется следующими геометрическими характеристиками: статическими моментами, моментами инерции и моментами сопротивления.

Статическим моментом S_x сечения фигуры (пятна) относительно какой-либо оси x (см. рис. 1) называется геометрическая характеристика, определяемая интегралом вида [3]:

$$S_x = \int_A y \cdot dA, \quad (1)$$

где y - расстояние от элементарной площадки dA до оси x .

Если отождествить площадь с силой, действующей перпендикулярно плоскости чертежа, то интеграл (1) можно рассматривать как сумму моментов сил относительно оси x . По известной теореме теоретической механики о моменте равнодействующей силы можно записать следующее выражение:

$$S_x = \int_A y \cdot dA = A \cdot y_c, \quad (2)$$

где A – площадь всей фигуры (иначе – равнодействующая сила), y_c – расстояние от центра тяжести фигуры до оси x .

Из формулы (2) следует выражение для определения ординаты центра тяжести [3]:

$$y_c = \frac{S_x}{A}. \quad (3)$$

Аналогично определяется момент инерции относительно оси y :

$$S_y = \int_A x \cdot dA = A \cdot x_c. \quad (4)$$

откуда

$$x_c = \frac{S_y}{A}. \quad (5)$$

Свойство центра тяжести таково, что если тело опереть в этой точке, то оно будет находиться в равновесии. Из формул (2) и (4) следует, что если оси x и y проходят через центр тяжести фигуры, то статический момент относительно этих осей равен нулю. Если фигура имеет ось симметрии, то последняя всегда проходит через центр тяжести фигуры, а поэтому статический момент фигуры относительно оси симметрии всегда равен нулю.

Во многих случаях вместо простых интегралов вида (1) и (4) удобно иметь дело с двойными интегралами:

$$S_x = \int_A y dA = \iint_D y dx dy; \quad S_y = \int_A x dA = \iint_D x dx dy, \quad (6)$$

где D – область интегрирования.

Осевыми или экваториальными моментами инерции сечения называется геометрическая характеристика численно равная интегралу [3]:

$$I_x = \int_A y^2 dA = \iint_D y^2 dx dy. \quad (7)$$

Относительно оси y величина момента инерции I_y определяется аналогично:

$$I_y = \int_A x^2 dA = \iint_D x^2 dx dy . \quad (8)$$

Полярным моментом инерции называется характеристика, определяемая интегралом вида:

$$I_\rho = I_0 = \int_A \rho^2 dA = \iint_D \rho^2 dx dy , \quad (9)$$

где ρ - расстояние от площадки dA до точки полюса, относительно которой вычисляется полярный момент инерции.

Осевой и полярный момент инерции всегда положительны. Центробежным моментом инерции сечения называется геометрическая характеристика, определяемая интегралом вида:

$$I_{xy} = \iint_D xy dx dy , \quad (10)$$

где x, y - расстояние от площадки контакта dA до осей x и y .

Центробежный момент инерции может быть положительным, отрицательным и в частном случае равным нулю. Если взаимно перпендикулярные оси x и y или одна из них являются осями симметрии фигуры, то относительно таких осей центробежный момент инерции равен нулю. Легко доказать, что полярный момент инерции относительно какой-либо точки, равен сумме осевых моментов инерции относительно двух взаимно перпендикулярных осей, проходящих через эту точку:

$$I_\rho = I_x + I_y . \quad (11)$$

Зависимость между моментами инерции относительно параллельных осей, из которых одна ось проходит через центр тяжести сечения имеет вид:

$$I_{x_1} = I_{x_0} + A \cdot a^2 , \quad (12)$$

где x_0 – центральная ось сечения, а a – расстояние между осями.

Оси, проходящие через центр тяжести сечения, называются центральными осями [3]. Оси, относительно которых центробежный момент инерции сечения равен нулю, называются главными осями инерции. Оси, проходящие через центр тяжести сечения и относительно которых центробежный момент инерции равен нулю, называются главными центральными осями инерции.

Исследования сечения сводятся к определению главных центральных осей инерции и вычислению главных центральных моментов инерции, после чего осуществляется вычисление величины моментов сопротивления.

Для практического использования изложенного материала следует соблюдать последовательность действий: через любую точку сечения (пятна контакта) провести вспомогательные оси x и y . Вычислить координаты центра тяжести сечения – x_c, y_c по формулам (3) и (5). Провести центральные оси x_c, y_c через определенный центр тяжести и вычислить величины центральных моментов инерции $I_{x_c}, I_{y_c}, I_{x_c y_c}$.

Определение величин главных центральных моментов инерции и положения главных центральных осей инерции осуществляется по формулам [3]:

$$I_{u,v} = \frac{1}{2} \left[(I_{x_c} + I_{y_c}) \pm \sqrt{(I_{x_c} - I_{y_c})^2 + 4I_{x_c y_c}^2} \right] . \quad (13)$$

Затем определяется угол α_0 наклона главных центральных осей u, v относительно центральных осей x_c, y_c по формуле:

$$\operatorname{tg} 2\alpha_0 = \frac{-2I_{x_c y_c}}{I_{x_c} - I_{y_c}} . \quad (14)$$

Если $I_{x_c} > I_{y_c}$, то α_0 определяется направление главной оси u , относительно которой величина момента инерции будет максимальной. Отрицательный угол α_0 направлен по часовой стрелке относительно оси x_c .

Определение минимальных значений величин моментов сопротивления сечения относительно главных центральных осей u, v осуществляется по формулам:

$$W_{u(min)} = \frac{I_u}{|v|_{max}} ; \quad W_{v(min)} = \frac{I_v}{|u|_{max}} . \quad (15)$$

Представленные выражения могут быть использованы при определении величин предельно допустимых напряжений, которые выдерживают рабочие элементы инструмента. Однако остался не выясненным вопрос определения величин моментов инерции I_u, I_v . Дальнейшие исследования будут посвящены решению этой задачи.

Литература

1. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения. /Под общей ред. Ф.В.Новикова и А.В. Якимова. В 10 томах.- Т.4. «Теория абразивной и алмазно-абразивной обработки материалов» - Одесса: ОНПУ, 2002.-802 с.,
2. Колесник И.А., Проволоцкий А.Е., Негруб С.Л. Исследование контакта полимер-абразивных волокон эластичных кругов. Прогрессивные технологии и системы машиностроения, ДонНТУ, Донецк, Вып. № 19, 2004.
3. Писаренко Г.С., Квітка О.Л., Уманський Е.С. Опір матеріалів. – К.: Вища школа. 1993. – 663 с.

УДК 621.923

ВЛИЯНИЕ УГЛА НАКЛОНА РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ НА УГОЛ СХОДА СТРУЖКИ ПРИ СВЕРЛЕНИИ

Малышко И.А., докт. техн. наук, проф., Полока Д.А.
(г. Донецк, Украина)

At drilling by standard drills of holes by depth more than 2-3 diameters occur packing a swaft in chip grooves of instruments, and it carries on to origin of torsional strains of a drill and consequently, to his(its) elongation, that finally carries on to breakage of the instrument. Therefore analysis of process twisting swafts would allow to operate transportation of a swaft. As the angle of exit swafts influences process twisting swafts definition influence of geometrical parameters on a angle of exit swafts is a priority.

При сверлении стандартными сверлами отверстий глубиной более 2-3 диаметров происходит пакетирование стружки в стружечных канавках инструментов. При пакетировании стружки крутящий момент увеличивается в 3,5-4,5 раза. Увеличение крутящего момента ведет к крутильным деформациям сверла, а следовательно, к его удлинению, что в конечном итоге ведет к поломке инструмента.

При пакетировании стружки рабочий процесс сопровождается вибрациями, ростом температуры, резким снижением стойкости инструмента, а также разбиванием отверстий.

В настоящее время для предотвращения пакетирования стружки осевой инструмент рекомендуется периодически выводить из отверстия и удалять стружку из канавок.

Однако, даже такое количество выводов инструмента является недостаточным для его безопасной работы. Фактическое количество выводов увеличивается более чем в два раза по сравнению с нормативным.

При такой схеме обработки потери производительности растут прямо пропорционально количеству выводов инструмента, особенно неэффективной становится работа ТС при сверлении отверстий $l/d > 20$, потери производительности при этом увеличиваются в десятки раз. Особенно актуальным является вопрос транспортировки сливной стружки. Одним из основных факторов влияющих на процесс завивания стружки является ее угол схода.

Изучением вопроса влияния конструктивных параметров сверла на угол схода стружки занимался В.И. Денисенко. В предложенной модели не было учтено влияние углов наклона вспомогательной и переходной режущих кромок, что не позволяет определить действительные углы схода сливной стружки.

Целью данной работы является установление функциональных зависимостей между геометрическими параметрами сверла и углом схода стружки, что позволит управлять движением сливной стружки по стружечным канавкам сверла, за счет выбора оптимальных конструктивных и геометрических параметров инструмента и режимов резания.

Задачей исследования является установление функциональной зависимости между геометрическими параметрами сверла, а именно углом наклона главной и переходной режущей кромки и углом схода стружки, для наиболее общего случая несвободного резания с $\gamma \neq 0$ и $\lambda \neq 0$

При определении угла схода стружки было сделано следующее допущение:

- рабочие длины главной, переходной режущих кромок, а также перемычки сверла принимаются независимыми от величины углов наклона режущей кромки.
- среднее направление схода стружки по передней поверхности, совпадает с направлением суммарной силы трения.

Угол λ меняется вдоль главной режущей кромки сверла. С увеличением угла при вершине φ значение угла наклона главной режущей кромки увеличивается. Минимальный угол λ соответствует точке, лежащей на наружном диаметре сверла. Максимальный угол соответствует точке сопряжения главной режущей кромки и ребра перемычки.

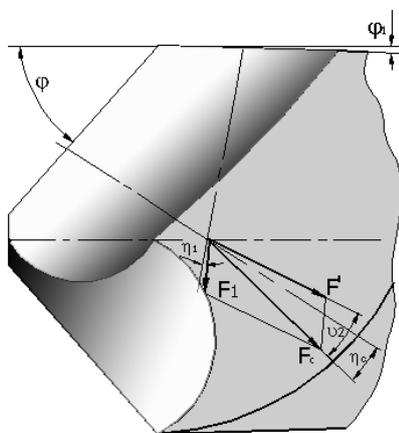


Рис. 1. Расчетная схема для определения угла схода стружки стандартного спирального сверла.

На рис. 1 показана передняя поверхность сверла. Векторами F, F_1 обозначены силы трения, действующие на главной и переходной режущей кромке.

Согласно рис. 1, установлено соотношение между суммарной силой трения на передней поверхности и силой трения на переходной режущей кромке.

Определяется зависимостью

$$\frac{F'}{F_1} = \frac{\sin[(\varphi + \varphi_1 - \lambda_1 + \lambda - \nu_1) - \nu_2]}{\sin \nu_2}. \quad (1)$$

На основании принятых допущений получено следующее соотношение между указанными силами трения и рабочими длинами режущих кромок

$$\frac{F'}{F_1} = \frac{b'}{b_1}. \quad (2)$$

После подстановки уравнения (1) в уравнение (2)

$$\frac{b'}{b_1} = \frac{\sin([\varphi + \varphi_1 - \lambda_1 + \lambda] - \nu_2)}{\sin \nu_2}. \quad (3)$$

После соответствующих преобразований уравнения (3)

$$\begin{aligned} \frac{b'}{b_1} &= \frac{\sin[\varphi + \varphi_1 - \lambda_1 + \lambda] \cos(\nu_2) - \sin(\nu_1) \cos[\varphi + \varphi_1 - \lambda_1 + \lambda]}{\sin \nu_2}, \\ \frac{b'}{b_1} &= \frac{\sin[\varphi + \varphi_1 - \lambda_1 + \lambda] \cos(\nu_2)}{\sin \nu_2} - \frac{\sin(\nu_2) \cos[\varphi + \varphi_1 - \lambda_1 + \lambda]}{\sin \nu_2}, \\ \frac{b'}{b_1} &= \frac{\sin[\varphi + \varphi_1 - \lambda_1 + \lambda] \cos(\nu_2)}{\sin \nu_2} - \cos[\varphi + \varphi_1 - \lambda_1 + \lambda]; \\ \cos[\varphi + \varphi_1 - \lambda_1 + \lambda] + \frac{b'}{b_1} &= \sin[\varphi + \varphi_1 - \lambda_1 + \lambda] \cdot \operatorname{ctg} \nu_2, \end{aligned}$$

получим уравнение, определяющее угол между направлением действия сил трения F, F_1

$$\operatorname{tg} \nu_2 = \frac{\sin(\varphi + \varphi_1 - \lambda_1 + \lambda - \nu_1) \cdot b_1}{b' + \cos(\varphi + \varphi_1 - \lambda_1 + \lambda) \cdot b_1}, \quad (4)$$

где $b' = \sqrt{b^2 + b_0^2 + 2b \cdot b_0 \cos(\varphi - \varphi_0)}$.

Тогда угол схода стружки определяется следующей зависимостью

$$\eta_C = \nu_2 - \lambda,$$

где λ - угол наклона главной режущей кромки сверла; ν_2 - угол между нормалью к главной режущей кромке сверла и суммарной силой трения

Окончательно, угол схода стружки для спирального сверла определится

$$\eta_C = \operatorname{arctg} \left[\frac{\sin(\varphi + \varphi_1 - \lambda_1 + \lambda)}{\frac{\sqrt{D^2 - c^2} - c \cdot \operatorname{ctg} \psi}{2 \cdot S \cdot \sin \varphi} + \cos(\varphi + \varphi_1 - \lambda_1 + \lambda)} \right] - \lambda. \quad (5)$$

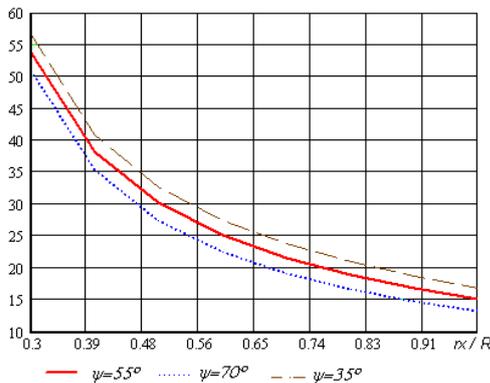


Рис. 2. Влияние угла наклона поперечной режущей кромки на угол схода сверла.

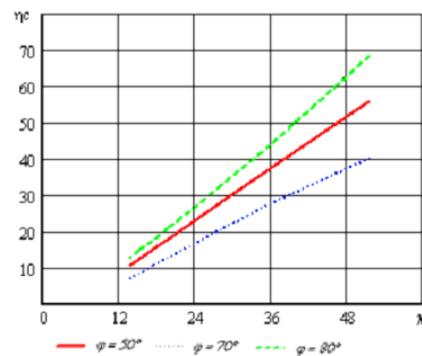


Рис. 3 Влияние угла наклона главной режущей кромки сверла на угол схода стружки

Анализ уравнения (5) показывает, что угол схода стружки зависит от угла наклона поперечной режущей кромки сверла (рис.2), функция имеет гиперболический вид. С увеличением радиуса сверла угол схода стружки уменьшается. Это связано с тем, что увеличивая угол наклона поперечной режущей кромки сверла, уменьшается рабочая длина режущей кромки сверла. Это ведет к уменьшению силы трения на главной режущей кромки сверла.

Величина угла схода стружки растёт с увеличением угла наклона главной режущей кромки. Зависимость имеет прямолинейный характер, как видно из рис.3 угол схода стружки близок к значению угла наклона режущей кромки сверла.

Причиной отклонения стружки от перпендикуляра к главной режущей кромки является влияние вспомогательной поверхности сдвига, отклоняющей стружку в сторону от вершины инструмента, что подтверждает вы-

воды полученные [1], [3].

Таким образом, изменение угла наклона вспомогательной режущей кромки также оказывает влияние на угол схода стружки.

Литература

1. Бобров В.Ф. Влияние угла наклона главной режущей кромки инструмента на процесс резания металла. – М.: Машгиз, 1962.
2. Денисенко В.И, Угол сбега стружки и его связь с условиями пластической деформации. Резание и инструмент. Харьков: Вища школа, 1978. – Вып. 19. – с.26-29.
3. Куфарев Г.Л. Стружкообразование и качество обработанной поверхности при несвободном резании. – Фрунзе: Мектеп, 1970.

УДК 621.923

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ГОРЯЧЕГО ПРЕССОВАНИЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА ИЗ СТМ

Шепелев А.А., докт. техн. наук, Федоренко В.Т., Дуброва А.Е.

(г. Киев, Украина)

The system of automatic sintering abrasive-containing a layer is described. Its opportunities in perfection of technological processes are reflected. Advantages moulds in heaters muffle type are shown.

Для реализации процесса спекания абразивосодержащего слоя в полуавтоматическом режиме разработана система автоматического управления технологическими параметрами процесса горячего прессования (рис. 1). Система состоит из пресса НС-265, разработанного ИСМ НАН Украины, преобразователя давления ГСП (Тип МПЭЗ), предназначенного для измерения давления в гидросистеме пресса и превращении его в унифицированный сигнал постоянного тока 0...20 мА, оригинального нагревателя, хромель-копелевой термопары, манометра ЭКМ-2У с отсекателем и микроконтроллера (Ремиконт Р-130) отечественного производства, производитель (ПО «Знамя» г. Полтава).

Микроконтроллер является очень важной частью системы, и состоит из:

1) Блока контроллера (БК1) который является основным функциональным блоком микропроцессора. БК1 преобразует информационные сигналы измерительных преобразователей информационных сигналов термопары и давления в цифровой вид, сохраняет и реализует программы измерения технологических параметров, формирует управляющие и регулирующие сигналы для блоков управления, выполняет индикацию текущих и заданных величин, проводит самодиагностику устройства, обеспечивает ручной и автоматический режимы оборудования.

2) Пульта настройки (ПН1) предназначенного для программирования и настраивания БК1.

3) Блока усилителей термопар (БУТ10) который служит для усиления сигналов термопар, компенсации измерения температур холодных концов термопар и превращения сигналов термопар в унифицированный токовый сигнал 0...5 мА.

4) Блок питания (БП1) предназначенный для формирования питающих напряжений всех блоков и устройств. Он формирует три питающих напряжения постоянного тока 1-24 Вт, 0,26 А; 2-24 Вт, 0,3 А; 3-24 Вт, 0,04 мА.

5) Блок управления мощностью нагревания (БУМ) служит для превращения слаботокового управляющего сигнала постоянного тока 0...10 Вт в силовое напряжение переменного тока 0...220 Вт, которое питает нагреватель.

6) Блок управления электрической схемой прессового оборудования БУП состоит из трех промежуточных реле типа РП-21 и служит для согласования уровней сигналов действующих в электрической схеме прессового оборудования и сигналов микроконтроллера. Согласно команд микроконтроллера блок включает и выключает насос гидросистемы прессового оборудования и сигналов микроконтроллера. В соответствии с командами микроконтроллера блок включает и выключает насос гидросистемы прессового оборудования, формирует команду разрешения нагрева и возвращения верхней плиты пресса в исходное положение.

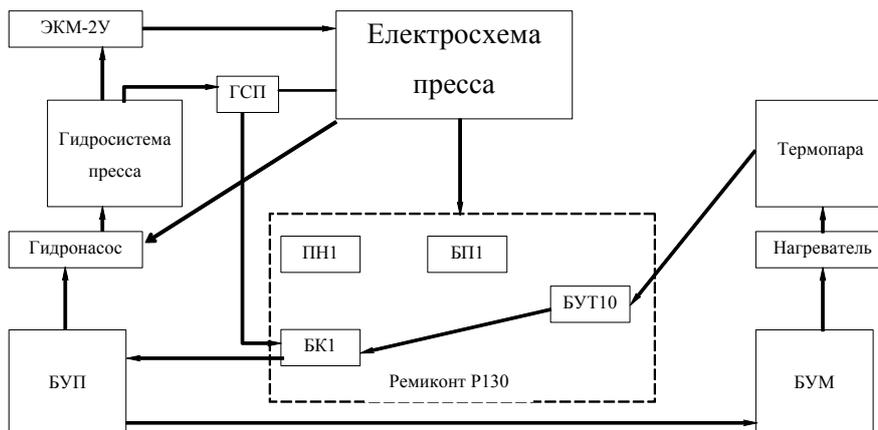


Рис.1. Схема системы автоматического управления технологическими параметрами процесса горячего прессования.

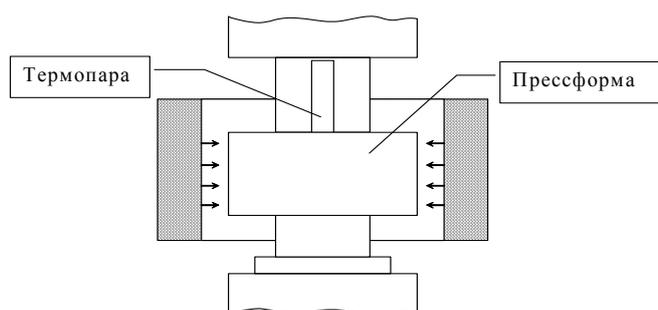


Рис.2. Нагрев прессформы в муфельном нагревателе

шихты в прессформе. При достижении давления подпрессовки, отсекается манометра ЭКМ-2У через электрическую схему пресса отключает гидронасос и включает микропроцессор. Блок БК1 дает сигнал на замыкание одного из реле БУП, вследствие чего подается сигнал на БУМ, который подает напряжение на нагреватель. Начинается нагрев прессформы. При достижении прессформой заданной температуры, сигнал поступающий с термопары, усиливаясь в БУТ-10 поступает на БК1, а затем подается на БУП. БУП включает гидронасос, который подымает давление до величины, соответствующей температуре прессформы, давление регистрируется ГСП. ГСП передает сигнал на БК1, после чего БК1 подает команду на БУП отключить гидронасос. При достижении прессформой следующей температуры, заданной программой, все повторяется. Количество точек температуры задается программой. В конце процесса спекания БК1 подает сигнал на БУП, который отключает гидронасос и перемещает золотник гидросистемы в положение, обеспечивающее подъем верхней плиты. Прессформа со спеченным изделием извлекается из нагревателя.

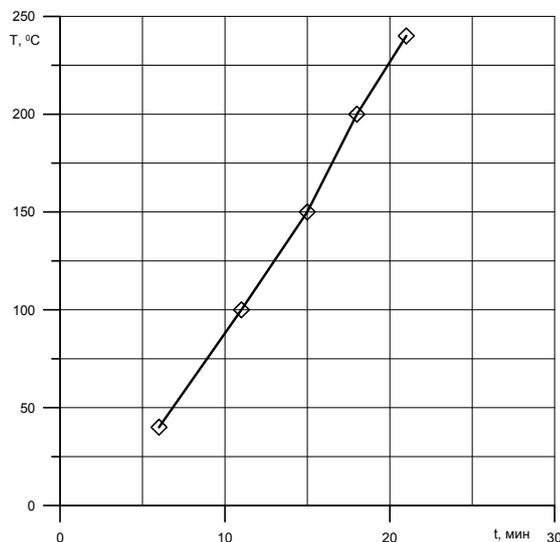


Рис.3. Скорость нагрева прессформы.

где U — напряжение, подаваемое на нагревательный элемент ($U=200$ В); R — сопротивление нагревательного элемента ($R=15$ Ом); t — время нагрева в сек.

$$Q_B = 3360 \text{ кДж.}$$

Количество тепла поглощенного прессформой при нагреве ее от 20°C до 240°C :

$$Q_{II} = C_{20-240} m (T_2 - T_1), \quad (3)$$

где C_{20-240} — теплоемкость конструкционной легированной стали в диапазоне температур в $20-240^\circ\text{C}$ ($C_{20-240}=0,489$ кДж/кг К [2]); $T_1=20^\circ\text{C}$, $T_2=240^\circ\text{C}$; m — масса прессформы для спекания алмазоносного слоя круга 11V9 100x3x10 ($m=5,60$ кг.).

Таким образом, коэффициент полезного действия в данном случае:

$$\eta = \frac{Q_2}{Q_1} = 17,93, \quad (4)$$

При нагреве данной прессформы между разогретыми плитами пресса коэффициент полезного действия составил 4,7% [3].

Из графика видно, что подобные нагреватели обеспечивают приблизительно одинаковые интервалы времени для нагревания прессформы до необходимой температуры, независимо от количества предварительно проведенных спеканий. Это свойство нагревателя особенно ценно в условиях автоматического процесса спекания.

График на рис.3 отображает возможности данного нагревателя. Процессу спекания абразивосодержащего слоя соответствует другой график, который отображает особенности технологии спекания абразивосодержащего слоя на металлоорганической связке (рис.4.).

Процесс спекания начинается с установки снаряженной прессформы в нагреватель и закреплении на ней термопары. Программа введенная в микроконтроллер позволяет в процессе спекания уменьшать и увеличивать скорость нагрева в соответствии с требованиями технологии спекания той или иной связки. Автоматизация

Конструкция нагревателя (рис.2) предусматривает возможность плавного изменения его мощности путем регулирования подаваемого на спираль напряжения. Для этого использован силовой блок системы регулирования программной РИФ-107. Не исключена возможность использования и других подобных приборов. Зависимость температуры нагрева прессформы от времени выразилась графиком (рис.3). Напряжение, подаваемое на нагревательный элемент в данном случае 200В.

Электрическая схема пресса запускает гидронасос. Насос создает в гидросистеме давление, которое обеспечивает предварительное подпрессовывание

Электрическая схема пресса запускает гидронасос. Насос создает в гидросистеме давление, которое обеспечивает предварительное подпрессовывание

О возможностях муфельного нагревателя можно судить из графика (рис.3).

Для таких нагревателей подобные зависимости легко аппроксимируются функциями типа:

$$T = t^n, \quad (1)$$

где T — температура в градусах Цельсия; t — время в минутах.

Как видно из графика, нагрев длится 21 мин. Рассчитаем количество энергии, выделенное нагревательным элементом нагревателя за это время:

$$Q = U^2 \frac{t}{R}, \quad (2)$$

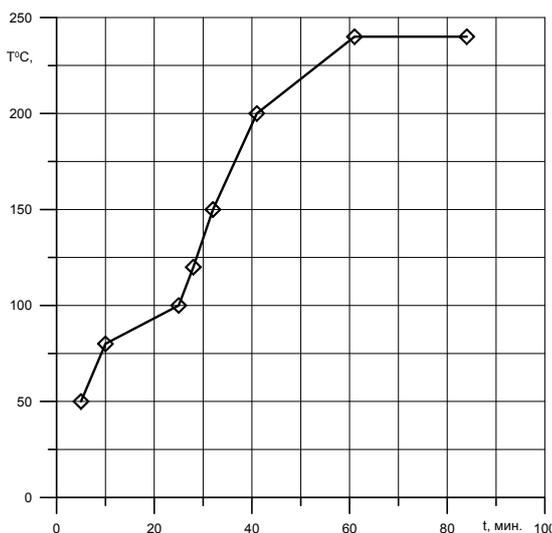


Рис. 4. Зависимость температуры нагрева шихты от времени.

процесса спекания позволяет не только снизить себестоимость продукции, но и стабилизировать ее качество, так как дает возможность исключить возможные ошибки спекальщика.

Выводы:

1. Автоматизированная система процесса спекания позволяет понизить себестоимость продукции, а следовательно увеличить ее конкурентоспособность
2. Создает предпосылки для повышения заработной платы для рабочих и инженерного персонала.
3. Позволяет увеличить производительность труда.
4. За счет исключения ошибок спекальщика и возможности производить процесс спекания абразивсодержащего слоя по программе соответствующему наиболее оптимальному технологическому режиму дает возможность повысить качество продукции.
5. Использование муфельного нагревателя взамен нагреваемых плит пресса позволяет снизить энергоемкость процесса.

Литература

1. Техніко-економічні аспекти виробництва інструменту з надтвердих матеріалів на прикладі кругів форми 11V9. / В. О. Муровський, В. Т. Федоренко // Вісник ЖІТІ. Технічні науки, 2001.- Спецвипуск.- С.236-241.
2. Физические свойства и сплавов, применяемых в энергетике: Справ. / под ред. Б.Е.Неймарк. — М-Л.: Энергия, 1967.— 239с.
3. Методы нагрева прессформ при спекании алмазного инструмента / В.Т.Федоренко, А.Е.Дуброва // Новые материалы и технологии. Сбор. докладов 6-й междунар. научно-технич. конфет. — Минск: ОДО «Тонпик», 2004. — С.270-271.

УДК 621.315.592

ФОРМИРОВАНИЕ ДЕФЕКТНЫХ СЛОЕВ ПЛАСТИН ПРИ РАЗРЕЗАНИИ ЗАГОТОВКИ АЛМАЗНЫМ КРУГОМ С ВНУТРЕННЕЙ РЕЖУЩЕЙ КРОМКОЙ

Худобин Л.В., докт. техн. наук, проф., Крупенников О.Г., канд. техн. наук, Дормушев А.Е.
(г. Ульяновск, Россия)

In article results of mathematical simulation of the broken layer of preparations from nonmetallic materials are resulted during their cutting by diamond detachable circles with an internal cutting edge

В процессе разрезания заготовок из твердых и хрупких неметаллических материалов (кремния, германия, кварца, керамики, оптического стекла и др.) на пластины, в результате взаимодействия режущего инструмента с обрабатываемым материалом на поверхностях пластин образуются нарушенные слои. Нарушенный слой характеризуется толщиной, равной максимальной глубине залегания трещин. Авторами установлено, что наложение интенсифицирующих ультразвуковых колебаний (УЗ-колебаний) на заготовку и снижение температуры в зоне резания за счет использования в качестве смазочно-охлаждающего технологического средства (СОТС) аэрозоли позволяет значительно снизить толщину нарушенного слоя и тем самым повысить качество отрезанных пластин [1].

В случае наложения на заготовку УЗ-колебаний происходит дополнительное ударное взаимодействие абразивных зерен с обрабатываемой поверхностью заготовки. Это, в свою очередь, облегчает процесс выкалывания отдельных частиц материала заготовки и удаления их из зоны обработки. В зависимости от величины амплитуды A_y УЗ-колебаний возможны различные варианты формирования нарушенного слоя на поверхностях отрезанных пластин:

I вариант – УЗ-колебания с относительно малыми значениями амплитуды приводят к снижению как высотных параметров шероховатости поверхности, так и к уменьшению толщины нарушенного слоя пластин h_p по сравнению с обработкой без использования энергии УЗ-колебаний (рис. 1, а). Шероховатость отрезанных пластин улучшается за счет скалывания гребешков микронеровностей многократными ударами абразивных зерен, движущихся с ультразвуковой частотой (h_{p1} на рис. 1, б).

II вариант – увеличение A_y приводит как к выкрашиванию гребешков микронеровностей, так и к удалению некоторой части нарушенного слоя за счет внедрения алмазных зерен в материал обрабатываемой заготовки. Высота образующихся при этом дефектов h_{p2} меньше h_{p1} (рис. 1, в).

III вариант – увеличение амплитуды колебаний заготовки сверх оптимальной способствует развитию трещин и формированию нарушенного слоя h_{p3} , толщина которого превышает h_p , что приводит к ухудшению качества поверхности отрезанных пластин (рис. 1, г).

Как показали результаты компьютерного моделирования с помощью программного комплекса ANSYS 8.0, оптимальная величина амплитуды УЗ-колебаний A_y кремниевой заготовки в процессе разрезания составляет 6,12 мкм.

Кроме того, на толщину нарушенного слоя (длину образовавшихся трещин) оказывает существенное влияние градиент температуры $T_1 - T_2$ на противоположных сторонах трещины (рис. 2), который, в свою очередь, зависит от способа подачи и вида СОТС. Возникающие при этом напряжения также способствуют увеличению длины трещин.

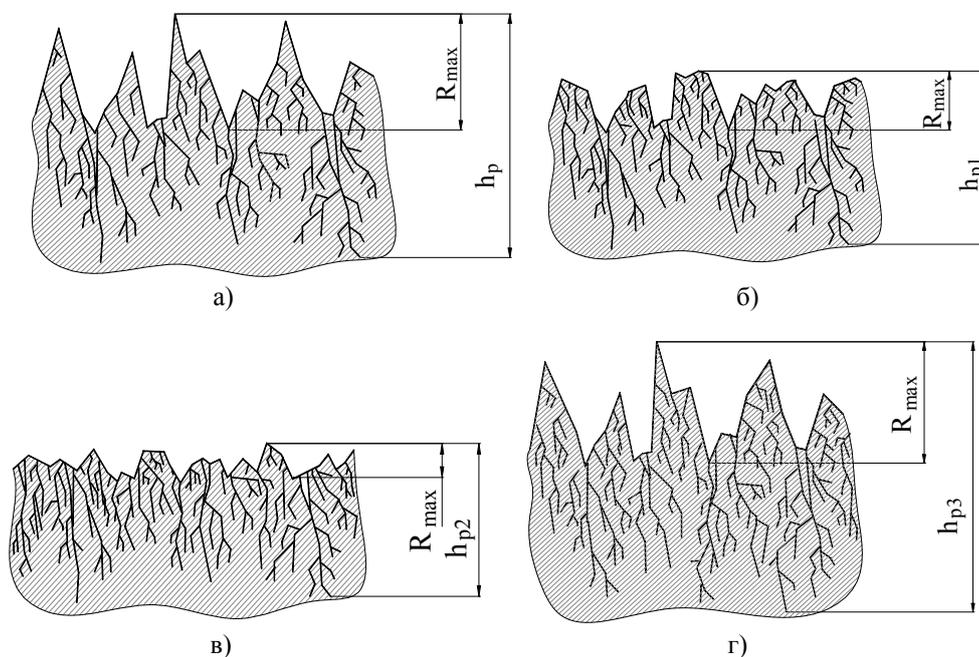


Рис. 1. Структура нарушенного слоя пластины после разрезания: а – без наложения УЗ-колебаний; б – г – с наложением УЗ-колебаний на заготовку соответственно по I – III вариантам.

При этом связь между максимальными напряжениями σ_p и толщиной нарушенного слоя h_p устанавливается формулой Гриффитса:

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{2 \cdot E \cdot \gamma_s}{\pi \cdot h_p}},$$

где E – модуль упругости, МПа; γ_s – удельная поверхностная энергия, Дж/м².

Получена зависимость, связывающая толщину нарушенного слоя h_p с величиной напряжений σ_0 в поверхностном объеме нарушенного слоя:

$$h_p = \frac{2 \cdot E \cdot \gamma_s}{\pi \cdot \left(\sqrt{\frac{E \cdot \gamma_s}{a_1}} - \sigma_0 \right)^2},$$

где a_1 – расстояние между кристаллографическими плоскостями (для германия $a_1 = 0,565748$ нм, для кремния $a_1 = 0,543072$ нм).

Развитие трещины в поверхностном слое твердого тела при возникновении температурных напряжений моделировали с помощью программного комплекса ANSYS 8.0, задаваясь температурами в зоне резания, полученными по результатам численного моделирования тепловой напряженности процесса разрезания [2].

Установлено, что на температуру в зоне резания и качество отрезанных пластин оказывает существенное влияние и диаметр выходного отверстия сопла. Установлено, что минимальное значение температуры достигается при использовании сопла диаметром (3,5 – 4,0) мм (рис. 3,

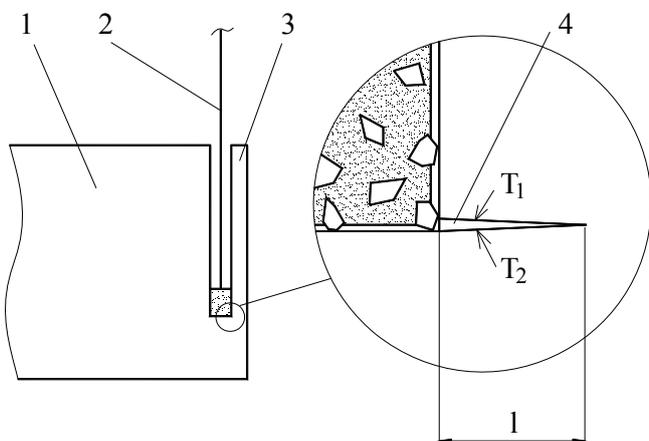


Рис. 2. Схема формирования трещины на операции разрезания: 1 – слиток; 2 – отрезной круг АКВР; 3 – пластина; 4 – трещина.

а). Применение сопла с диаметром выходного отверстия менее 3,5 мм приводит к недостаточному смачиванию и охлаждению режущей кромки круга (малый объем жидкости (аэрозоли), участвующей в охлаждении и небольшая площадь взаимодействия потока аэрозоли с режущей кромкой). Возрастающие температурные напряжения в свою очередь приводят к увеличению толщины нарушенного слоя, шероховатости поверхности и прогиба пластин (см. рис. 3, б, в). С другой стороны сопла диаметром более 4,0 мм снижают эффективность использования аэрозоли (снижается скорость потока распыленной жидкости, повышается его температура).

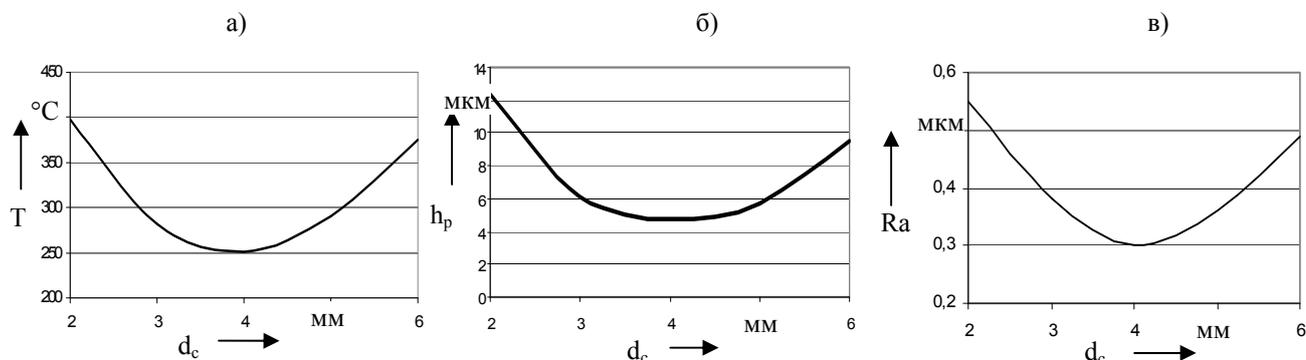


Рис. 3. Влияние диаметра выходного отверстия сопла d_c для подачи аэрозоли на температуру в зоне резания T (а); толщину нарушенного слоя h_p (б); шероховатость поверхности отрезанных пластин по параметру Ra (в).

Температура в зоне контакта режущей кромки отрезного круга и заготовки зависит также и от расположения сопла для подачи аэрозоли относительно разрезаемой заготовки. Приближение сопла к зоне резания (уменьшение расстояния между соплом и разрезаемым слитком l) способствует снижению средней контактной температуры (рис. 4, а). Соответственно, снижение температурной напряженности процесса резания при подаче аэрозоли в непосредственной близости от заготовки позволяет минимизировать толщину нарушенного слоя и шероховатость поверхности отрезанных пластин (рис. 4, б, в).

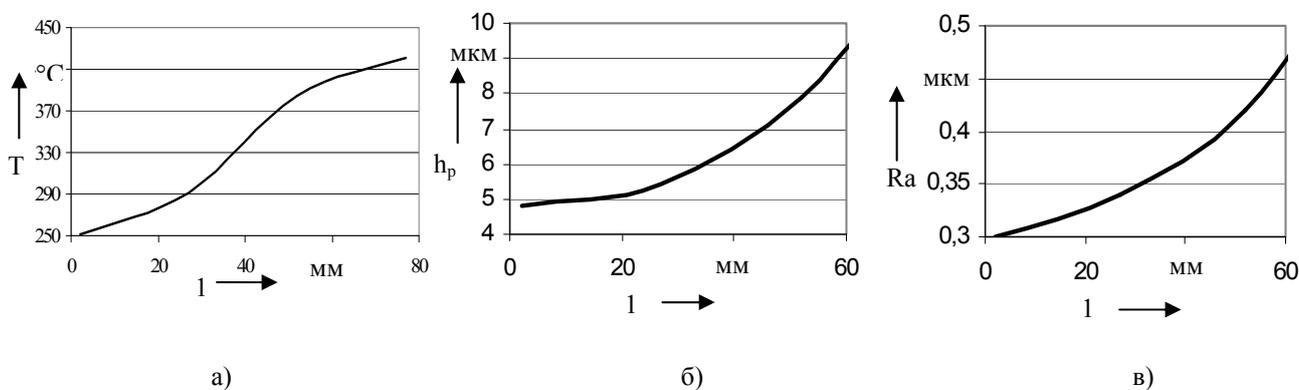


Рис. 4. Влияние расположения сопла (l) на температуру в зоне резания T (а); толщину нарушенного слоя h_p (б); шероховатость поверхности пластин по параметру Ra (в).

Таким образом, интенсифицируя хрупкое разрушение путем наложения УЗ - колебаний и снижая тепловую напряженность процесса резания (градиент температуры $T_1 - T_2$) за счет рационального использования аэрозоли, можно значительно уменьшить напряжения в поверхностном слое пластины, а следовательно, снизить или даже предотвратить дополнительное увеличение толщины нарушенного слоя, сформированного при резании.

Литература

1. Крупенников О.Г. Применение смазочно-охлаждающих технологических средств при резании полупроводниковых монокристаллов алмазными отрезными кругами / О.Г. Крупенников, А.Е. Дормушев // Вестник УлГТУ. – 2002. – №1. – С. 67 – 71.
2. Крупенников О.Г. Математическое моделирование тепловой напряженности процесса резания заготовок из неметаллических материалов алмазными отрезными кругами с внутренней режущей кромкой. / О.Г. Крупенников, А.Е. Дормушев // Физические и компьютерные технологии в народном хозяйстве. 7-я международная НТК. – Харьков. – 2003. – С. 63 – 65.

УДК 621.923

МЕТОДОЛОГИЯ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ОПТИМАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ ИЗ СТМ

Федорович В.А., докт. техн. наук, Русанов В.В., канд. техн. наук

(г. Харьков, Украина)

Methodology of 3D simulation for definition of optimal combination of strength properties of diamond grains and bond at the stage of manufacture of diamond wheels and methodology of calculation of optimal proportion of strength of bond and diamond grains and their concentration depending on strength properties of material to be machined are developed. Calculation of 3D deflected mode of zone of diamond wheel sintering at the stage of manufacture of the wheels and grinding area at their exploitation is realized in specialized program package using finite element method.

Применение лезвийного и абразивного алмазного инструмента из сверхтвердых материалов сдерживается рядом объективных причин. Для лезвийного – это относительно невысокой надежностью его эксплуатации и трудоемкость заточки и переточки, а для абразивного – низкий коэффициент использования дорогостоящих алмазных зерен и как следствие высокая себестоимость обработки.

Для повышения надежности лезвийного инструмента из СТМ предложен новый методологический подход, позволяющий надежность такого инструмента определять уже на этапе его заточки и термоактивируемой доводки. При этом процесс заточки и термоактивируемой доводки лезвийного инструмента осуществляется в термосиловых условиях, близких к условиям его эксплуатации, т. е. характеризуется наличием высоких давлений и температур как в зоне шлифования (при его заточке), так и в зоне резания (при эксплуатации инструмента из СТМ). Целесообразно так затачивать и доводить лезвийные инструменты из СТМ, чтобы дефекты, полученные при синтезе, проявлялись до их эксплуатации, т. е. отбраковка производилась бы еще на стадии их изготовления.

Алгоритм осуществления данного подхода следующий. Вначале с помощью пакета прикладных программ по методам конечных элементов рассчитываются предельные термосиловые напряжения в режущем клине реза в экстремальных условиях его эксплуатации (рис. 1).

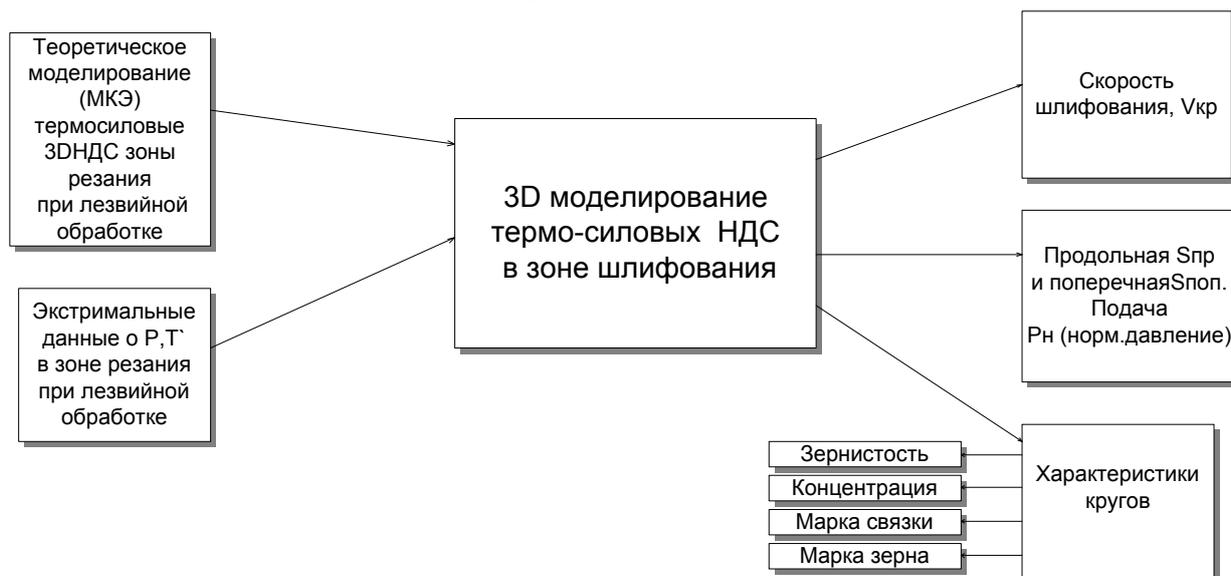


Рис. 1. Алгоритм определения режимов заточки лезвийного инструмента из СТМ.

Для этого трехмерная модель лезвийного инструмента нагружается силой резания P и температурой T до величины, несколько превышающей те значения, которые этот инструмент может испытывать в экстремальных условиях его эксплуатации.

Термосиловые 3D НДС при лезвийной обработке различных материалов можно получить путем моделирования процесса резания в специализированном программном пакете "Third Wave AdvantEdge". При этом достаточно в построенную модель ввести физико-механические свойства обрабатываемого и инструментального материалов, экстремальные режимы резания и можно рассчитать приведенные напряжения, энергию деформации, плотность энергии деформации, главные напряжения и температуру в зоне резания.

Для алмазно-абразивных инструментов. Уникальные, потенциально высокие свойства алмазных зерен могут быть в полной мере реализованы в процесса алмазно-абразивной обработки только при условии рационального применения их марки, зернистости и концентрации, оптимальными для данной связки и конкретного обрабатываемого материала (ОМ). Для повышения эффективности процессов алмазного шлифования вопросы оптимального сочетания физико-механических свойств алмазных зерен их зернистости и концентрации должны решаться для каждой конкретной металлической связки в зависимости от физико-механических свойств обрабатываемого материала. Эти вопросы должны быть проработаны для всего жизненного цикла алмазно-абразивных инструментов, включая процессы проектирования, изготовления, эксплуатации и утилизации.

Проблема заключается в том, что в настоящее время отсутствуют научно обоснованные рекомендации по оптимальному сочетанию прочности, концентрации, зернистости алмазных зерен и металлической связки на этапах изготовления алмазных кругов. Наши предварительные исследования показали, что для обработки конкретного обрабатываемого материала должны быть выбраны конкретные по прочности (и цене) алмазные зерна, они должны быть заложены в определенную по своим прочностным свойствам связку и их количество (концентрация) в круге должно быть строго определенным (расчетным). При этом должна решаться задача оптимального сочетания прочностных свойств металлической связки и алмазных зерен и их концентрации с точки зрения сохранения их целостности в процессе спекания алмазных кругов.

Нами предложена новая методология проведения таких исследований. Принципиальной особенностью данной методологии является трехмерный (3D) подход к моделированию всех этапов исследований. Методология расчета базируется на 3D моделировании напряженно-деформированного состояния зоны спекания алмазных кругов.

Новые возможности изучения напряженно-деформированного состояния при спекании (изготовлении) алмазных кругов открылись с появлением пакетов программ по методу конечных элементов (МКЭ) типа "Cosmos", "Nostran", "Ansys" и др. Реализованная с использованием таких пакетов методология 3D моделирования напряженно-деформированного состояния (НДС) зоны шлифования СТМ позволила расчетным путем без длительных и трудоемких экспериментов прогнозировать и оптимизировать процесс спекания алмазных кругов.

Задачей процесса 3D моделирования НДС зоны спекания алмазоносного слоя круга на металлической связке является определение оптимального сочетания прочностных свойств алмазных зерен и связки, при которых обеспечивается сохранение целостности алмазных зерен в процессе спекания алмазного круга.

Путем варьирования сочетанием прочности алмазных зерен и их концентрации в круге для различных металлических связок определялось такое их сочетание, при котором обеспечивалось сохранение целостности алмазных зерен.

Таким образом, могут быть установлены оптимальные сочетания прочностей металлической связки и алмазных зерен с предельно допустимой концентрацией их в круге, обеспечивающие сохранение их целостности в процессе изготовления алмазных кругов.

УДК 621.923

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛМАЗНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СВЯЗКАХ В ПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССАХ ШЛИФОВАНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ

Гуцаленко Ю.Г.

(г. Харьков, Украина)

The questions of rational use of diamond grinding wheels in combined technology based on the introduction into cutting zone of electrical discharges (diamond-spark grinding) are considered. Stable ensuring of processing quantitative and qualitative indices by diamond-spark grinding is showed on example of treatment the heat-resistant covering after fusing on.

Использование инструментов из традиционных абразивов при шлифовании высокопрочных сталей и сплавов, в т.ч. быстрорежущих, штамповых, металлокерамических, а также магнитотвердых материалов, износостойких наплавов и покрытий и т.д. характеризуется относительно низкими показателями производительности как из-за относительно низкой обрабатываемости такими инструментами материалов повышенной твердости, так и вследствие быстрой потери ими режущей способности. Применение алмазных инструментов решает проблему обрабатываемости материалов повышенной твердости, но оставляет открытым взаимосвязанные вопросы управления расходом относительно дорогостоящего сверхтвердого абразива и режущей способностью круга. Применение металлических связок, обладающих большей прочностью и алмазодержанием перед обычными на органической и керамической основе позволяет снижать расход сверхтвердых шлифпорошков в кругах (при тех же режимах обработки). Однако повышение прочности связок в кругах приводит к изменению характера самоформления режущего рельефа, а именно к большему износу отдельных режущих зерен вследствие более длительной их работы в круге до выпадения из связки и, следовательно, к более быстрому затуплению инструмента в целом.

Принятая в СССР преимущественная ориентация на развитие массовых и крупносерийных производств вполне оправдывала затраты на поисковые разработки многочисленных специальных связок алмазного шлифовального инструмента, в том числе и на металлической основе, к тому же рекомендуемых к использованию совместно со сверхтвердыми абразивами определенных марок (прочности). В рамках специализированного подхода к разработке и промышленному освоению производства алмазных кругов, в сочетании с корректным выбором зернистости шлифпорошков в кругах и режимов шлифования, действительно есть условия для удовлетворительного (а во многих случаях и оптимального) инструментального обеспечения станочных комплексов, отличающихся постоянством технологических наладок, когда время последовательных реализаций определённой технологической операции превышает ресурсные возможности используемого алмазного шлифовального инструмента, сколь бы значительно не было преимущество по периоду сменности перед традиционными абразивными кругами.

Условия мелкосерийного и, особенно, единичного производства, тем более при неопределённости содержания портфеля будущих заказов, весьма характерной рыночному хозяйствованию, и неочевидных прогнозах в

этом отношении, требуют универсализации подходов к управлению режущей способностью алмазных шлифовальных кругов. Без этого трудно ожидать эффективного использования их потенциальных преимуществ перед инструментом из обычных абразивов в условиях мелкосерийного и единичного производства. Выбор сверхтвёрдого шлифпорошка и связки круга, каким бы удачным он не был даже из обширной номенклатуры марок (свойств), умелое использование предоставляемых станком режимных возможностей, как правило, не является достаточными для экономического успеха механообработки в условиях жёсткой конкуренции мелкомасштабных производств. Возникают проблемы частой переналадки с многократной сменой инструмента в пределах его ресурсных возможностей, формирования оперативных запасов инструментов с различными характеристиками, прежде всего марочного состава сверхтвёрдых шлифпорошков и связок, а также зернистости абразива и его концентрации в абразивосодержащем композите круга.

Снижение актуальности промышленного производства алмазных кругов на металлических связках с большим разнообразием марок (свойств) можно проследить на примере крупнейшего в Украине (и в СССР) Полтавского алмазного завода. На основе реальной рыночной конъюнктуры уже в 2000 году завод предлагал потребителям алмазные круги на металлических связках практически только двух марок, а именно М2-01 и М1-01, составивших соответственно 80% и 15% от общего предложения кругов на металлических связках.

Разрешению узла противоречий между режущей способностью алмазных кругов на металлических связках, прочностью этих связок, производительными возможностями и экономикой процесса шлифования способствует использование технологий алмазно-искрового шлифования и электроэрозионной правки инструмента, основанных на введении в зону шлифования (правки) дополнительной электрической энергии в форме электрических разрядов [2]. На рисунке 1 показан типичный пример практической реализации различных способов обработки в идентичных кинематико-геометрических условиях на операциях внутреннего шлифования подшипниковой стали ШХ15, твёрдого сплава ВК15 и магнитотвёрдого сплава ЮНДК24Т2 [3]. На рисунке 2 показан характерный пример сопоставления удельной энергоёмкости и производительности алмазного и алмазно-искрового круглого шлифования от продолжительности обработки в идентичных механических условиях, обрабатываемый материал – теплостойкая наплавка марки ЗХ2В8 [4]. Условия алмазно-искрового шлифования соответствуют обработке восстановленного наплавкой вала штрипсового стана «300» металлургического комбината «Криворожсталь» (объём снимаемого материала примерно 2000 см³). Сборная конструкция инструмента большого диаметра (в условиях комбината использовался алмазный шлифовальный круг типоразмерной характеристики 1А1 800х90х5х305) впервые разработана в ИСМ НАН Украины специально для шлифования крупногабаритных деталей типа валков прокатных станов и им подобных [5].

Снижение энергоёмкости собственно шлифования и повышение энергоотдачи работы стружкообразования относится к важнейшим преимуществам алмазно-искровой обработки перед обычной». Затраты энергии на срез металла снижаются главным образом вследствие снижения потерь на трение связки круга с заготовкой и стружкой. Совершенствование метода и оборудования электроэрозионной алмазно-абразивной обработки на собственной основе, с более полным использованием возможностей комбинирования рабочих процессов путём разработки и освоения технологий и станков двойного скоростного шлифования (с увеличенными скоростями подачи заготовок), позволяет; при сохранении и улучшении выходных технологических показателей по производительности и качеству обработки, существенно снизить установленную мощность электродвигателя привода главного движения и суммарную (например, с установленной мощности всех электродвигателей в 15,6 кВт у станка прототипа мод. ЗК227ВР до 10,1 кВт у станка мод. ЗМ227ВЭРФ2).

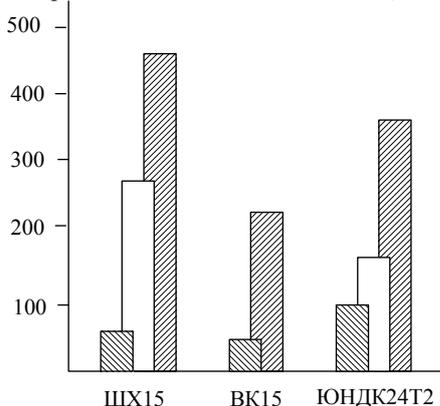


Рисунок 1 - Изменение производительности обработки для различных способов шлифования, мм³/мин

- шлифование абразивным кругом
- шлифование алмазным кругом на органической связке
- алмазно-искровое шлифование

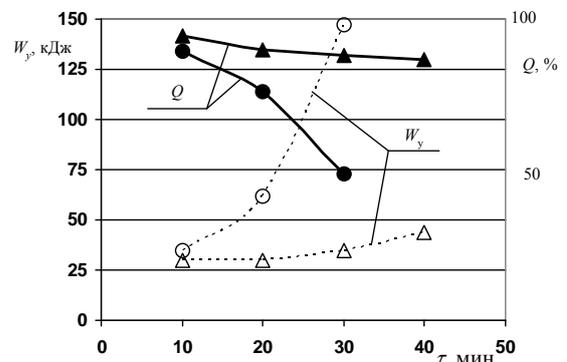


Рисунок 2 - Зависимость удельной энергоёмкости (W_y) и производительности (Q) алмазного (o) и алмазно-искрового (Δ) шлифования от продолжительности обработки (τ).

Расчётная (режимная) производительность - 100%.

С повышением вольт-амперной характеристики электроразрядных процессов в зоне алмазно-искрового шлифования удельный расход алмазов сначала снижается (с ростом остроты круга и фактической производительности

обработки), достигает минимума ($q=q_{min}$) с приближением фактической производительности к расчётной (по жёсткой схеме обработки) и вновь повышается (возможности повышения остроты круга и производительности обработки исчерпаны, принудительный электроэрозионный износ связки чрезмерен: число пребывания алмазных зёрен в зоне резания сокращается, их выпадение из связки всё более приобретает обвальный характер, что находит своё отражение в постепенном снижении производительности обработки). Такая закономерность (рис. 3) имеет место при реализации разных схем обработки различных материалов.

С превышением мощности дополнительного электроэрозионного воздействия, соответствующей оптимальному (минимальному) значению расхода алмазов примерно пропорционально сокращается и ресурс режущего инструмента, как это следует из исследований обрабатываемости алмазно-искровым шлифованием различных труднообрабатываемых материалов [6]. С другой стороны, в процессах алмазно-искрового шлифования с применением различных связок при одинаковой интенсивности электроэрозионного воздействия режущая стабильность инструмента также может достигаться разной ценой.

Как показали лабораторные испытания технологий обработки восстановленных наплавкой моделей валков прокатных станов, замена алмазного круга на связке М2-01 таким же, но на менее износоустойчивой связке М1-01, которая проводилась без корректировки оптимальных для эксплуатации инструмента на связке М2-01 электрических режимов алмазно-искрового шлифования, повышает необходимые затраты на инструмент на 45% [7].

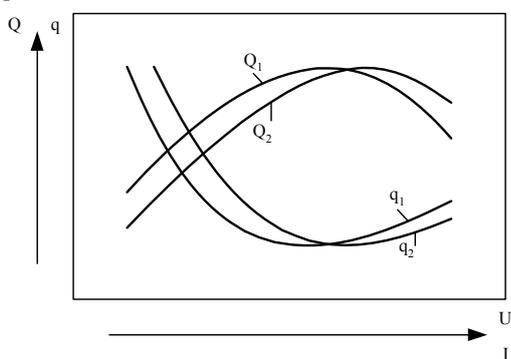


Рисунок 3 - Характер зависимостей производительности обработки (Q) и удельного расхода алмазов (q) от напряжения (U) и силы тока (I) электрических импульсов при алмазно-искровом шлифовании кругаи на связках различной эрозионной стойкости ($K_{П1} < K_{П2}$).

Следствием пренебрежения разработкой и использованием научно обоснованных рекомендаций в некоторых ситуациях высокой режущей способности инструмента и стабильной производительности шлифования изнанкой внешнего благополучия технологического процесса может быть повышенный уровень расхода алмазов и шлифовальных кругов, соответствующих производственно-финансовых издержек, дискредитация потенциально прогрессивных технологий.

Как показывает теория и практика технологической себестоимости алмазно-искрового шлифования [8], существуют экстремальные значения производительности обработки и затупления режущих зёрен до их выпадения из связки круга, при которых удельный расход алмаза принимает минимум. Такой же характер изменения имеет зависимость «себестоимость – производительность», что позволяет разрабатывать и эксплуатировать реально оптимальные технологии алмазно-искрового шлифования.

Эффект более высоких показателей алмазно-искрового шлифования обусловлен прежде всего поддержанием на рабочей поверхности круга развитого режущего рельефа, обладающего высокой работоспособностью.

При электроэрозионном воздействии в зоне обработки происходит полное или частичное сгорание образующихся микростружек, что практически исключает засаливание рабочей поверхности круга в процессе шлифования. За счёт дозированного электроэрозионного (термического) разрушения поверхностных слоёв металлической связки достигается управляемое выступание режущих зёрен над уровнем связки. Указанные факторы позволяют производить шлифование с увеличенными глубинами, в результате высокой остроты алмазного круга уменьшаются упругие перемещения элементов технологической системы, фактическая производительность обработки почти не отличается от номинальной (расчётной), определяемой режимами резания.

Литература

1. Гуцаленко Ю.Г. Влияние связки круга на затраты по инструментальному обеспечению алмазного шлифования //Вестник ХГПУ. – 2000. – Вып. 99. – С. 57 – 59.
2. Беззубенко Н.К. Повышение эффективности алмазного шлифования путем введения в зону обработки дополнительной энергии в форме электрических разрядов: Автореф. дис...д-ра техн.наук. – Харьков, 1995. – 56 с.
3. Гуцаленко Ю.Г. Обрабатываемость материалов различными способами шлифования //Вестник НТУ «ХПИ». – 2001. – Вып. 11. – С. 127 – 131.
4. Гуцаленко Ю.Г., Буренков М.В. Энергоёмкость алмазного шлифования наплавки кругами на металлической связке //Резание и инструмент в технологических системах. – 2001. – Вып. 59. – С. 45 – 51.
5. Алмазно-іскрове шліфування на плавок валків прокатних станів: досвід і перспективи /М.К. Беззубенко, Ю.Г. Гуцаленко, В.А. Рибицький, О.Г. Гуцаленко. – Спец. наук.-техн. інформ. вип.: Міжнародна виставка „Алмаз-2001”, 4 – 6 липня 2001 р., м. Київ. – Харків: НТУ „ХПІ”, 2001. – 5 с. – Рос. мовою.
6. Гуцаленко Ю.Г. Влияние электрических режимов на расход алмазов в рабочих процессах алмазно-искрового шлифования с устойчивой режущей способностью инструмента //Вестник ХГПУ. – 2000. –

- Вып. 100. – С. 45 – 49.
7. Беззубенко Н.К., Гуцаленко Ю.Г. Влияние связи на износ круга при алмазно-искровом шлифовании // Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье. – 2000. – Вып. 8. – С. 13 – 19.
 8. Гуцаленко Ю.Г. Исследование себестоимости обработки при алмазно-искровом шлифовании // Вестник ХГПУ. – 1999. – Вып. 63. – С. 119 – 124.
 9. Новиков Ф.В., Новиков Г. В., Гуцаленко Ю.Г. Эффективность применения алмазного электроэрозионного шлифования // В кн.: Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общей редакцией Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. В 10-ти томах. –Т.6. «Качество обработки деталей машин» -Одесса: ОНПУ, 2003. –С 171-220.

УДК 621.6

АНАЛИЗ УПРАВЛЯЮЩИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЕ

Шелковой А.Н., канд. техн. наук, Рузметов А.Р.

(г. Харьков, Украина)

Considered questions of the formal description of the behaviour of the person as controlling звена man-machine system on example of the production systems of the discrete type.

Управляющие воздействия человека на системы обработки реализуются иерархически на основе прямых и обратных связей между ними [4].

Функционирование человека складывается из комбинации отдельных функциональных процессов. Каждый процесс управляется отдельным функциональным комплексом. В связи с этим комбинаторика функциональных комплексов, складывающаяся для управления интегративной функцией поведения, неизбежно выходит на межуровневый уровень и представляет собой не что иное, как функциональную систему в смысле П.К.Анохина.

Процессы управления, объединяющие деятельность психофизиологических систем в единую систему, являются многоуровневыми. Каждому уровню соответствует управляющая система определенного класса, интегрирующая процессы, протекающие на нижележащем уровне. Будем рассматривать такую систему в смысле А.А.Ляпунова [2], т.е. как объект, способный воспринимать, перерабатывать и выдавать информацию. При этом старшие по рангу системы задают настройку младшим.

Теория функциональных систем П.К.Анохина [3] позволяет рассматривать управление интегративными процессами. Каждый функциональный процесс (ФП) может быть расчленен на элементарные акты (ЭА), которым соответствуют отдельные управляющие системы – элементарные управляющие системы (ЭУС). Совокупность элементарных актов составляет отдельный функциональный процесс, а совокупность элементарных управляющих единиц (ЭУЕ) составляет управляющую систему отдельного функционального процесса. Назовем такую совокупность функциональным комплексом (ФК).

Все ФП могут быть сочетанием одних и тех же элементарных актов. Соответственно различные ФК – это комбинации элементарных управляющих систем. Поэтому для осуществления управления каким-либо функциональным процессом всякий раз динамически формируется подмножество элементарных управляющих систем из всего множества этих систем.

Для ЭУЕ характерно наличие нескольких типов входных элементов и одного типа выходных.

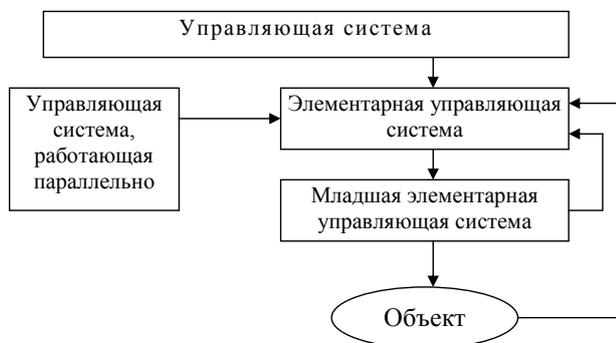


Рис. 1. Схема работы управляющей системы.

ЭУС одновременно поступают сигналы как повышающие, так и понижающие ее активность. Пространственно-временное суммирование информации учитывает комбинации входных сигналов разных знаков, приводящие к изменению режима функционирования ЭУС только в одном направлении: усиление или ослабление её деятельности, включение либо выключение.

Реакция ЭУС на комбинации разнонаправленных входных сигналов происходит в случае, если пространственно-временная сумма сигналов превышает некоторую “пороговую” величину. Следовательно, порог ЭУС –

меняющаяся со временем величина, характеризующая ее внутреннее интегративное состояние в данный момент времени. Порог определяет уровень активности, на который настроена элементарная управляющая система в данный момент времени. Чтобы перенастроить этот уровень, необходимо превысить ее порог, что можно выразить уравнением:

$$\forall_j \forall_k \left[\sum [I_j(t) - I_k(t)] > p(t), \quad j \in P, \quad k \in P, \right.$$

где t - время, $p(t)$ - порог элементарной управляющей системы в момент времени t , $I_j(t)$, $I_k(t)$ - величины сигналов в момент времени t на j -м и k -м входах соответственно, P – множество входов.

Видно, что разность разнонаправленных воздействий должна превышать порог по абсолютной величине, а направление изменения состояния элементарной управляющей системы определяется знаком получаемой величины в квадратных скобках. Даже если отдельные сигналы меньше порога, то их сумма может превышать пороговое значение и иметь модулирующее влияние на активность элементарной управляющей системы.

Изменение состояния непрерывно функционирующих элементарных управляющих систем, характеризуется усилением или ослаблением их активности, а для дискретно функционирующих – включением или выключением.

Входные сигналы вызывают амплитудную модуляцию ЭУС, т.е. чем более интенсивен поступающий сигнал, тем больше ответ, и частотную модуляцию, – чем чаще поступает входной сигнал, тем чаще ответ. В реальных системах имеет место комбинированная амплитудно-частотная модуляция активности ЭУС. Ответной реакцией ЭУС является выдача выходного сигнала. При этом каждому выходному сигналу ЭУС предшествует латентный период его формирования, связанный с обработкой и анализом информации, поступающей по отдельным входам.

Объединение элементарных управляющих систем в ФК осуществляется, в основном, детерминировано. Функционируют те ЭУС, которые управляют элементарными актами, входящими в данный ФК.

Из двух или нескольких элементарных систем, управляющих одним и тем же актом, в формировании ФК будет участвовать та, порог которой в данный момент наименьший. Так как по отношению к отдельной ЭУС и по отношению к функциональному процессу выбор детерминирован, то представление о статистически-вероятностном выборе элементов не корректно.

Пусть S_j отдельная управляющая система. Она состоит из элементарных управляющих систем s_i ($s_i \in S_j$). Для осуществления j -ого функционального процесса требуются соответствующие ЭУС. Обозначим их через s_j^i . Тогда ФК, управляющий j -м процессом (K_j), - объединение ЭУС по признаку j , принадлежащих S_j , т.е. $K_j = \cup s_j^i$.

Одни и те же ЭУС могут участвовать в формировании различных функциональных комплексов. Объединение ЭУС в комплекс осуществляется благодаря связям между отдельными системами. В реальных ситуациях имеет место комбинация различных типов взаимоотношений. При этом в каждом типе может участвовать не два, а гораздо больше функциональных комплексов.

Так как, согласно теории множеств, комбинаторика есть пересечение различных подмножеств по определенному признаку, функциональная система Φ_k складывающаяся для реализации k -ого интегративного процесса есть пересечение ФК, имеющих отношение к k -му процессу - K_j^k . Тогда: $\Phi_k = \cap K_j^k$ или $\Phi_k = \cap (\cup s_j^{ik})$.

Рассмотрение функциональной системы как комбинаторики функциональных комплексов не противоречит теории П.К. Анохина, так как такая комбинаторика есть “динамическое образование, складывающееся всякий раз для осуществления конечного приспособительного эффекта, полезного для организма именно в данной ситуации”.

Литература

1. Судаков К.В. Теория функциональных систем. М. 1996. 95 с.
2. Ляпунов А.А., Яблонский С.В. // Проблемы кибернетики, Физматгиз, Москва, 1963, вып. 9, с. 5.
3. Ратнер В.А. Генетические управляющие системы. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние. 1966. 181 с.
4. Рузметов А.Р. "Классификация задач формализации перемещений рабочего в ходе выполнения им производственных функций на основе анализа его психофизиологических характеристик." //Високи технології в машинобудуванні: Збірник наукових праць НТУ "ХПІ".-Харків, 2004. – Вип.2(9) - С. 249-256.

УДК 621.91

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ НОЖЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ТФО

Сизый Ю.А., док. техн. наук, Погребной Н.А., канд. техн. наук, Кулик Г.Г., Волков О.А.

(г. Харьков, Украина)

This paper reports the wood treatment knife strengthening method by thermofriction process (TFP) which made of 65Г steel under hardening condition. The effect of strengthening for deferent technological parameters of TFP is investigated. The sample cross-section hardness distribution graphics are presented. The microstructural photos in wood treatment knife on the section nearby strengthening of the edge in the are shown. The theoretical and experimental data

are analysed. The practical recommendations of TFP method use for the wood treatment instrument strengthening are suggested.

В настоящее время большую актуальность приобретают вопросы, связанные с внедрением в производство новых прогрессивных методов обработки, которые позволили бы повышать износостойкость режущего инструмента, в частности деревообрабатывающего. Таким методом является термофрикционная обработка (ТФО),

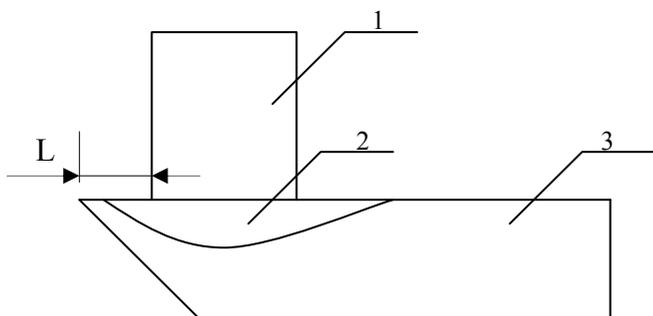


Рис. 1 Схема ТФО деревообрабатывающих ножей: 1 – упрочняющий диск; 2 – зона упрочнения; 3 – образец – деревообрабатывающий нож; (L , мм – расстояние от режущей кромки ножа до диска).

которая, как уже говорилось ранее, позволяет существенно упрочнять материалы для режущего инструмента [1] и другие материалы [2].

По результатам ранее проведенных исследований был выбран в качестве оптимального режим ТФО, при следующих параметрах: $S = 30$ мм/с, $t = 0,7$ мм. В данном эксперименте исследовалось влияние параметра L на состояние поверхностного слоя у режущей кромки ножей.

Сравнение режимов ТФО представлено в табл. 1. Из которой видно, что ТФО наиболее эффективна при $l = 0$.

В предыдущих исследованиях было установлено, что ТФО деревообрабатывающих ножей, производимое по схеме, представленной на рисунке 1 обеспечивает существенное упрочнение режущей кромки ножа.

Однако, в результате ТФО ножа по передней поверхности наблюдается появление небольшой ступеньки, т. е. происходит изменение геометрии передней поверхности ножа, что нежелательно.

В этой связи нами была предложена иная схема ТФО ножей, представленная на рис.2.

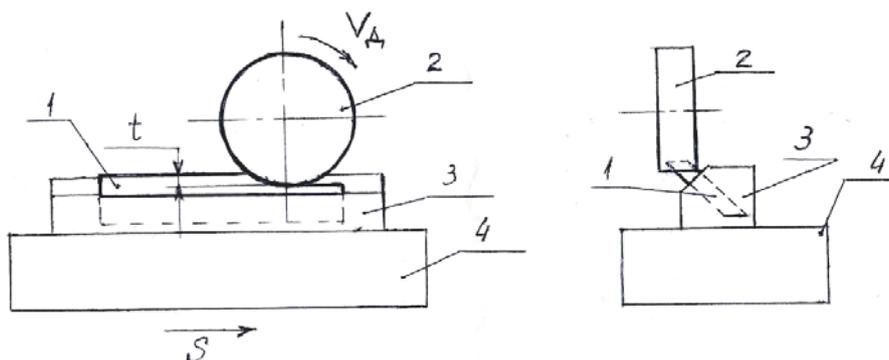


Рис. 2. Схема ТФО деревообрабатывающих ножей: 1 – образец – деревообрабатывающий нож; 2 – упрочняющий диск; 3 – приспособление для фиксации ножа; 4 – магнитная плита станка; (V_d – скорость вращения диска, S – скорость подачи, t – глубина резания).

Таблица 1

Влияние режимов ТФО на свойства деревообрабатывающих ножей из стали 65Г

№ опыта	Исходное состояние образца	Маркировка образца	Параметры ТФО		Расстояние от кромки ножа до диска L , мм	Глубина слоя с измененной структурой и твердостью, l , мм			Твердость слоя с измененной структурой Н100, мПа		Твердость сердцевины
			Скорость подачи S , мм/с	Глубина резания t , мм		Упр.	Разуп.	Сумма.	Упроч.	Разуп.	
1	65Г Закалка 800 °С (вода) + отпуск 180 °С	1	30	0,7	0	650	150	800	23300	5300	6500
2		2	30	0,7	0,15	300	50	350	21800	4900	6100
3		3	30	0,7	0,25	350	50	400	22000	5100	6200
4		4	30	0,7	0,35	100	30	130	19200	5600	6300

Данная схема позволяет обрабатывать ножи непосредственно по задней поверхности, не нарушая при обработке геометрию ножа.

Исследования, в отличие от предыдущих проводились на мягких режимах, с целью минимизации размера заусенца, появляющегося при ТФО, но, несмотря на это были получены достаточно интересные результаты, представленные на рис. 3, 4.

Так результаты изучения микротвердости и микроструктуры показали, что под действием ТФО формируется довольно глубокий слой с измененной структурой состоящий из 3-х участков:

- I. Участка упрочнения, где твердость достигает 10200 МПа.
- II. Участка разупрочнения с твердостью 4800 МПа.
- III. Участка основного металла с твердостью 5800 МПа (см. рис. 3).

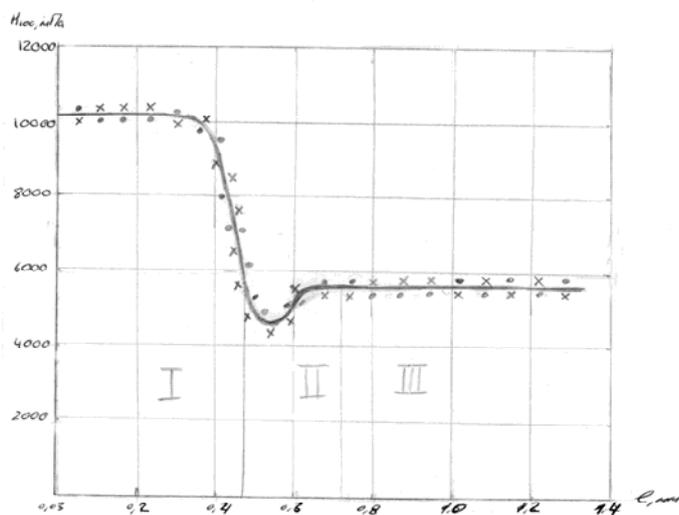
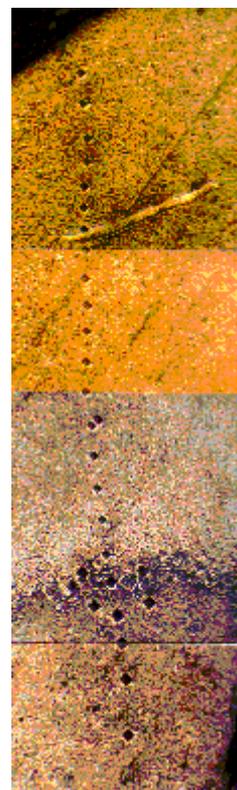


Рис. 3. Распределение твердости по глубине образца 1 из стали 65Г после ТФО: режим ТФО - $S = 15$ мм/с, $t = 0,2$ мм.



x 250

Рис. 4. Микроструктура образца 1 из стали 65Г после ТФО: режим ТФО - $S = 15$ мм/с, $t = 0,2$ мм.

Что касается микроструктуры, то она также состоит из 3-х участков.

У поверхности – участок упрочнения, где структура предположительно близка к мелкоигольчатому мартенситу закалки со следами пластической деформации. Данный слой получен вследствие одновременной деформации и разогрева поверхности при ТФО до температур выше A_{c3} [3]. Он светлее других слоев, в результате чего мы называем его “белым слоем”.

Под верхним слоем мы наблюдаем более темный слой. Ширина его, судя по микроструктуре не очень велика.

Предположительно на этом участке прогрев соответствует температурам отпуска с формированием сорбито-трооститообразных структур.

Ниже наблюдается слой основного металла, не претерпевший изменений при ТФО.

Микроструктура здесь обусловлена предшествующей термической обработкой: закалкой и низкотемпературным отпуском, которые обеспечивают структуру мартенсита отпуска.

Для того чтобы, частично снять внутренние напряжения, возникающие в металле ножей после ТФО и сделать возможной надежную эксплуатацию данных изделий, один из ножей после ТФО был подвергнут низкотемпературному отпуску. После отпуска изучались его микротвердость и микроструктура, представленные на рис. 5,6.

Так микроструктура данного ножа осталась идентичной структуре образца, не подвергаемого низкому отпуску. Только поверхностный слой приобрел структуру мелкоигольчатого мартенсита отпуска [4], в котором сохранились следы пластической деформации [5]. Его твердость практически осталась на прежнем уровне.

Участки разупрочнения и основного металла не претерпели никаких изменений. Данные результаты представлены в таблице 2.

Таким образом, ТФО ножей по схеме 2 значительно целесообразнее ТФО по схеме 1 (см. рис. 1, 2). Данное исследование является “шагом вперед” в вопросе упрочнения деревообрабатывающего инструмента, поскольку

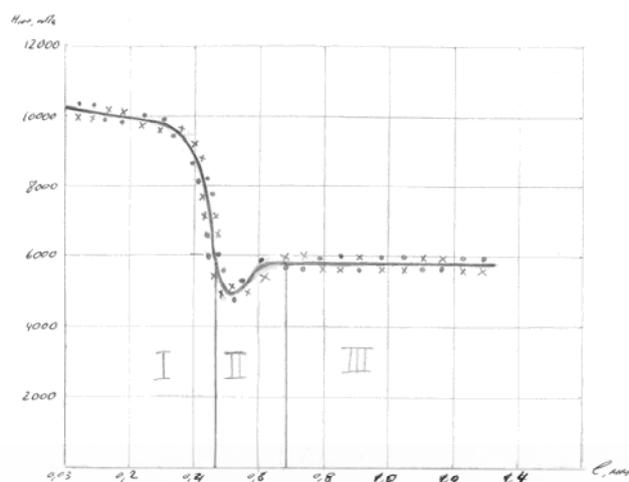
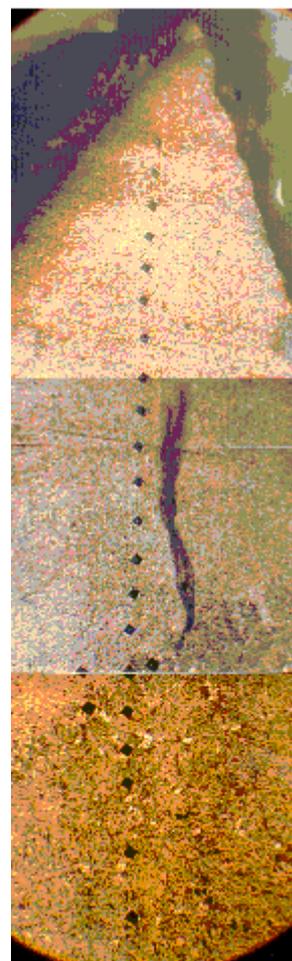


Рис. 5. Распределение твердости по глубине образца 2 из стали 65Г после ТФО и последующего низкотемпературного отпуска при $T = 180\text{ }^{\circ}\text{C}$: режим ТФО - $S = 15\text{ мм/с}$, $t = 0,2\text{ мм}$.



x 250

Рис. 6. Микроструктура образца 2 из стали 65Г после ТФО и последующего низкотемпературного отпуска при $T = 180\text{ }^{\circ}\text{C}$: режим ТФО - $S = 15\text{ мм/с}$, $t = 0,2\text{ мм}$.

позволяет получить уровень твердости режущей кромки на уровне, существенно превышающем и термическое и деформационное упрочнение в отдельности. Кроме того технология является довольно простой и не требует больших затрат на ее реализации.

Таблица 2

Влияние режимов ТФО на свойства деревообрабатывающих ножей из стали 65Г

№ опыта	Исследуемый материал	Исходное состояние образца	Последующая термическая обработка	Параметры ТФО		Глубина слоя с измененной структурой и твердостью, l , мм			Твердость слоя с измененной структурой Н100, мПа		Твердость сердцевины
				Скорость подачи S , мм/с	Глубина резания t , мм	Упр.	Разуп.	Сумма.	Упроч.	Разупроч.	
1	Сталь 65Г	Закалка $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ (вода) + отпуск $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ (воздух)	—	15	0,2	460	170	630	10200	4800	5800
2			Низкотемпературный отпуск $180\text{ }^{\circ}\text{C}$	15	0,2	460	170	630	10000–10200	4800	5800

Литература

1. Сизый Ю.А., Погребной Н.А., Гуцаленко Ю.Г., Волков О.А. Упрочнение методом термофрикционной обработки материалов // Вестник ХДТУ Сільського господарства – Харьков, 2004. – Вып. 26. С. 150–156.
2. Сизый Ю.А., Погребной Н.А., Волков О.А. Упрочнение поверхности из стали 15Х11МФ при помощи термофрикционной обработки // Вестник ХДТУ Сільського господарства – Харьков, 2002. – Вып. 10. С. 44–48.
3. Сорокин В.Г., Волосникова А.В., Вяткин С.А. и др. Марочник сталей и сплавов. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
4. Попова Л.Е., Попов А.А. Справочник термиста. – М.: Металлургия, 1991. – 503 с.
5. Берштейн М.Л., Займовский В.А., Капуткина Л.М. Термомеханическая обработка стали. – М.: Металлургия, 1983. – 480 с.

УДК 621.923

ПРИМЕНЕНИЕ РОТОРНЫХ ДИСПЕРГАТОРОВ ДЛЯ КАВИТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ СОЖ**Фесенко А.В., канд. техн. наук***(г. Харьков, Украина)*

The application of rotor dispersators for cavitation processing's Greasing and Cooling liquids allows to improve its operational properties and to raise stability.

Эффективность многих процессов в металлообработке зависит от состава и качества применяемых смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ). СОЖ используется при резании лезвийным и абразивным инструментом, при пластическом деформировании металлов (листовая и объемная штамповка, выдавливание резьбы), на прокатных станах и т.д. Повышение производительности и качества обработки на металлорежущих станках, наряду с совершенствованием процессов резания, требует более тщательного подхода к выбору эксплуатационных свойств СОЖ, особенно на финишных операциях.

Многие концентраты СОЖ используются в виде водных эмульсий, в которые обычно входят: нефтяная основа, эмульгаторы, ингибиторы коррозии металлов, смазочные и другие присадки. Виды и соотношение компонентов определяют различие в функциональных свойствах эмульсий и, соответственно, области их применения [1,2]. Масляные эмульсии представляют сложную дисперсную (измельченную) систему, состоящую из двух нерастворимых жидкостей – масло и вода. Для получения качественной стойкой эмульсии частички масла (дисперсная фаза) должны равномерно располагаться в воде (дисперсионная среда) с образованием коллоидного раствора однородной среды. Для предотвращения слипания капель масла в однородный сплошной слой в эмульсию вводится эмульгатор, в качестве которого используются растворимые в воде ПАВ. Устойчивость эмульсий «масло-вода» против разложения обуславливается гомогенностью, мелкодисперсностью, качеством адсорбционной пленки и составом внешней среды.

В большинстве случаев процесс приготовления эмульсий на предприятиях заключается в предварительном смешении компонентов в малых емкостях с последующей подачей их в большой бак для смешения с водой. Иногда такие участки приготовления СОЖ занимают значительные площади часто на двух уровнях. Для получения стабильных эмульсий рекомендуется использовать специальные перемешивающие устройства и установки. С целью продления срока службы эмульсий в приготовленную эмульсию перед эксплуатацией рекомендуется вводить бактерицидную присадку.

Нужно отметить, что во время эксплуатации СОЖ возникают проблемы, связанные с появлением на поверхности маслянистых пятен (например, при утечках из гидросистемы), разложение эмульсии, появление гнилостного, сероводородного запаха, ухудшение технологических, антикоррозионных и санитарно-гигиенических свойств, образование линз с разной концентрацией и т.д. Все это снижает технологические возможности процесса обработки, нарушает санитарные нормы и требует значительных затрат на восстановление СОЖ.

Срок службы водных эмульсий составляет обычно от 1 до 9 мес. в зависимости от типа эмульсии, вида операций, обрабатываемого материала и других условий. Эффективность применения и срок службы СОЖ во многом определяет очистка ее от органических и неорганических загрязнений и дезинфекция. Очистку и дезинфекцию циркуляционной системы рекомендуют осуществлять при каждой плановой смене СОЖ, но не реже 1 раза в 1-3 мес. (согласно ГОСТ 12.3.025-80).

Технология очистки и дезинфекции централизованной системы подачи (циркуляции) СОЖ трудоемка [2]. Она включает в себя: слив из системы отработанной эмульсии; механическую очистку, промывку горячим (60-70 С) моющим и дезинфицирующими растворами. Качество очистки контролируется визуально, а эффективность дезинфекции определяется по остаточному количеству микроорганизмов в промывочной воде. Оно не должно превышать 100 кл/мл. (ГОСТ 18963-73).

Возможность получения гомогенных мелкодисперсных эмульсий нужного состава с минимальной трудоемкостью и малыми энергозатратами обуславливается эффективной схемой их приготовления и рациональными аппаратными средствами. При этом необходимо решить следующие задачи:

1. Повысить гомогенность, устранить «линзы» с разной концентрацией эмульсии, что позволит улучшить

2. Улучшить санитарно-гигиенические условия эксплуатации СОЖ за счет антибактерицидной обработки без введения биоцидов.
3. Обеспечить очистку и постоянное восстановление работоспособности СОЖ, продлить ее сроки использования (стойкость).
4. Снизить энергоемкость и затраты на приготовление СОЖ.

Комплексно решить большую часть этих задач удалось при создании специальной установки с использованием эффекта кавитационной обработки СОЖ в потоке.

Идея использовать кумулятивное действие схлопывающихся кавитационных пузырьков для интенсификации технологических процессов привела к созданию различных конструкций смесителей, в том числе гидродинамических кавитационных аппаратов.

Гидродинамическая кавитация обусловлена сильным локальным понижением давления вследствие больших скоростей течения жидкости. Присутствующие в жидкости пузырьки газа или пара, двигаясь с потоком жидкости и попадая в область давления меньше критического, приобретает способность к неограниченному росту. Переходя в область повышенного давления, кавитационные пузырьки резко захлопываются.

Таким образом, при расширении и сжатии кавитационной полости происходит своеобразная трансформация мощности. В конечной стадии захлопывания и в начале вторичного расширения кавитационной полости возникают мощные кратковременные импульсы давления. Скорость смыкания полости при некоторых условиях возрастает до сверхзвуковой, что приводит к возникновению ударной сферической волны, значительному локальному повышению температуры и интенсивному выделению энергии в момент захлопывания полости. При захлопывании парогазовая смесь достигает температуры выше критической и адиабатически сжимается до высоких давлений. Давление газа внутри полости достигает весьма больших значений – десятков и сотен тысяч атмосфер [3]. При развитой кавитации внешним проявлением ее является акустический эффект в виде «шипения» со сплошным спектром от несколько сотен герц до сотен КГц. Спектр расширяется в область низких частот по мере увеличения максимального радиуса пузырьков схлопывания.

Опыты, проведенные в Тамбовском государственном техническом университете [4], показали, что наиболее перспективными для кавитационной обработки СОЖ являются аппараты роторного типа. Обработка СОЖ (5% эмульсия Укринол -1 ТУ 38-101-197-76) в таком аппарате позволила, на операции точения стали 45, повысить стойкость резца в 1.7 раза, понизить шероховатость – в 1.3 раза.

На кафедре технологии машиностроения и металлорежущих станков НТУ «ХПИ» проводятся работы по совершенствованию и интенсификации процессов смешения различных жидких сред. В основу этих методик положен принцип обработки смесей в центробежных диспергаторах с интенсивным энергетическим воздействием на среду при кавитационной обработке.

Основным узлом смешения является диспергатор типа «ДФ» (диспергатор фланцевый). Типоразмер и конструкция диспергатора зависят от требуемой производительности и степени диспергирования. Например, диспергатор ДФ-04, при установленном электродвигателе 15 квт имеет производительность 10- 15 м³/час, при однородной эмульсии с дисперсностью в пределах 1—10 мкм.

Приготовление эмульсии в диспергаторе включает в себя два этапа. На первом этапе происходит интенсивное перемешивание всех вводимых компонентов и получение однородной гомогенной эмульсии (смеситель).

При дозированной подаче компонентов смешение выполняется в потоке за один проход. На втором этапе эмульсия проходит кавитационную обработку в специальных каналах ротора (диспергатор). При этом образование и схлопывание каверн, сопровождающееся локальными микрогидроударами, приводит к созданию мелкодисперсной смеси.

Гидроудары и локальные всплески температур при схлопывании каверн приводят к разрушению бактерий, что улучшает санитарно-гигиенические условия эксплуатации СОЖ и увеличивает период ее стойкости в 2 – 5 раз.

Предлагаемая схема централизованного приготовления и эксплуатации СОЖ (Рис.1) обеспечивает смешение необходимых компонентов в потоке и подачу готовой СОЖ в накопитель, а также восстановление (регенерацию) ее в процессе эксплуатации.

Диспергатор может встраиваться в существующие технологические линии приготовления СОЖ, заменяя или дополняя имеющиеся

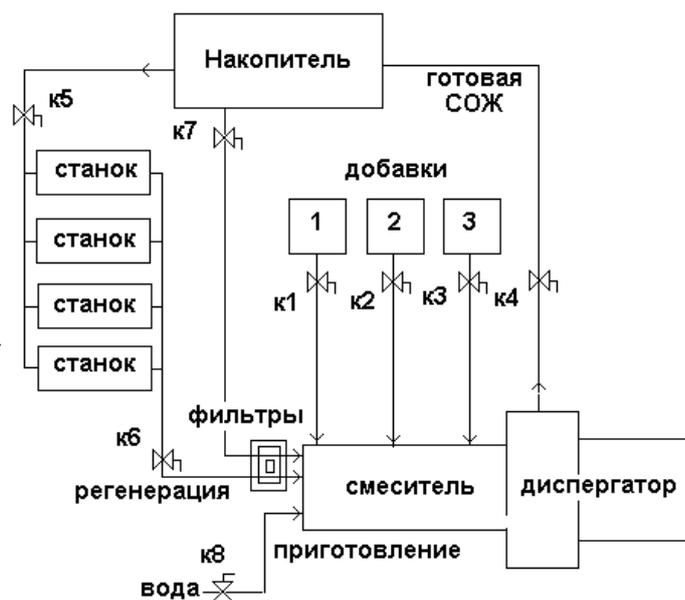


Рис.1 Схема приготовления СОЖ.

ся узлы перемешивания.

Особенностью данной технологической схемы является то, что диспергатор может выполнять и функции перекачивающего насоса, создавая рабочее давление на выходе до 3кГ/см^2 .

В зависимости от технологических особенностей и производительности диспергаторы могут иметь различные конструкции отдельных узлов и агрегатов.

При этом конструкция смесителя определяется количеством и составом вводимых компонентов, температурным режимом смешения и производительностью. Конструкция ротора зависит от необходимой степени диспергирования эмульсии и производительности. Узел уплотнений выбирается в зависимости от степени агрессивности обрабатываемой среды и может выполняться в двух вариантах. Может использоваться блок с армированными манжетами из МБР. Изоляция рабочей зоны может также выполняться специальными торцевыми уплотнениями, рабочие поверхности которых выполнены из сплава меди и карбидов вольфрама. Период стойкости таких торцевых уплотнений соизмерим с долговечностью подшипников электродвигателя.

Кроме механической обработки диспергаторы типа ДФ-04 могут найти успешное применение в термических цехах при приготовлении различных водомасляных эмульсий. Изменение соотношения «масло-вода» позволяет получить различные (переходные) режимы закалки, что обеспечит однородность структуры и требуемое качество деталей.

Внедрение технологических линий (или отдельных роторных диспергаторов), обеспечивающих кавитационную обработку СОЖ позволяет значительно улучшить технологические свойства и повысить стойкость эмульсий, существенно упростить схему приготовления, уменьшить габариты установки (т.к. приготовление смесей выполняется в потоке), значительно снизить энергозатраты на приготовление СОЖ, гибко в широких пределах изменять количество и состав смешиваемых компонентов (в зависимости от технологических требований к обработке резанием), снизить капитальные затраты.

Литература

1. Смазочно-охлаждающие средства, применяемые при шлифовании. Худобин Л.В. -М.; «Машиностроение», 1971. – 214с.
2. Технологические рекомендации по применению смазочно-охлаждающего технологического средства «Универсал». http://nv2000.tele-kom.ru/recom_primen.htm
3. Федоткин И.М., Немчин А.Ф. Использование кавитации в технологических процессах. –К.: Вища школа. Изд-во при Киев. ун-те, 1984.- 68с.
4. Червяков В.М., Воробьев Ю.В., Родионов Ю.В. Использование роторного аппарата для приготовления высококачественной смазочно-охлаждающей жидкости.

УДК 621.952

ВЛИЯНИЕ КОНТАКТНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТА И ДЕТАЛИ В ЗОНЕ РЕЗАНИЯ НА ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ

Татьянченко А.Г., канд. техн. наук

(г. Донецк, Украина)

Research the structure and value of contact deformation of the axis tool and detail on the back surface. Contact deformation influence on hole accuracy is consider. Analytic dependencies for prediction of the value of contact deformation are developed.

Неотъемлемой составляющей, оказывающей влияние на точность обработки отверстий, является контактное деформирование инструмента и детали по задней поверхности. Анализ контактного взаимодействия задней поверхности инструмента и поверхности детали показывает, что основной причиной контактных деформаций является затупление режущей кромки инструмента ρ . В результате этого часть толщины срезаемого припуска

$H = \rho(1 - \cos \Phi)$, где Φ - угол сдвига, не срезается, а подминается задней поверхностью инструмента. Современные исследования [1,2] указывают на преобладание пластических деформаций над упругими в общем объеме H и на примерное равенство между контактными деформациями детали и деформациями инструмента, которыми обычно пренебрегают. Эти два современных подхода к решению контактных задач требуют исследования упругопластических деформаций поверхности детали и упругих деформаций инструмента. Однако до настоящего времени в такой постановке эти задачи остаются нерешенными. Это связано с тем, что аналитические методы не позволяют получить количественные результаты контактного взаимодействия, а экспериментальные методы исследований, в связи с их малой чувствительностью позволяют исследовать лишь искусственно смоделированные процессы, подчас далекие от реальных условий. К тому же проведение экспериментальных исследований при обработке отверстий затруднено в связи с труднодоступностью зоны обработки и наложением тепловых контактных воздействий. Поэтому в настоящее время количественное исследование параметров контактного взаимодействия инструмента и детали возможно лишь на основе полномасштабного физического численного моделирования с использованием современных вычислительных комплексов.

В настоящей работе была поставлена задача исследования величины и структуры контактных деформаций инструмента и детали при обработке отверстий. Задача решалась с использованием пакета ANSYS6.0. Для создания конечно-элементной модели контактного взаимодействия инструмента и детали использовались твердо-

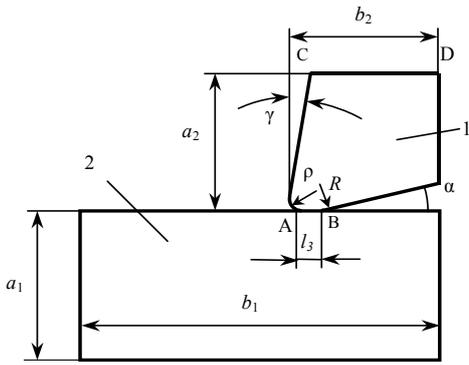


Рис.1. Определение контактных деформаций инструмента 1 и детали 2.

тельные элементы, позволяющие учитывать геометрическую и физическую нелинейность модели. Для исследования контактных процессов использовались конечно-элементные модели двух типов: общего типа (рис.1) – для микроисследования контактных процессов, и частные модели, отражающие особенности геометрии осевого инструмента.

Для оценки доли различных видов деформации на характер контактного взаимодействия инструмента (с радиусом округления режущей кромки ρ , площадкой износа l_3 , передним углом γ и задним углом α) и детали по задней поверхности был смоделирован упругопластический контакт инструмента и детали по задней поверхности на основе ортогонального резания с использованием модели общего типа (рис.1). Размеры фрагментов инструмента и детали: $a_1=6\text{мм}$, $b_1=3\text{мм}$, $a_2=2\text{мм}$, $b_2=2\text{мм}$, $\rho=20\text{мкм}$, $\gamma=7^\circ$, $R=50\text{мкм}$, $\alpha=10^\circ$, $l_3=50\text{мкм}$ (рис.1). Материал детали – сталь 45 ($\mu=0,3$, $E_\sigma=2*10^{11}\text{Па}$), диаграмма растяжения $\sigma-\epsilon$ линейная ($\sigma_T=360\text{МПа}$). Материал инструмента – быстрорежущая сталь Р6М5 ($E_u=2,1*10^{11}\text{Па}$, $\mu=0,3$), диаграмма $\sigma-\epsilon$ линейная и билинейная. Задача решалась как плоская с ограниченными и неограниченными деформациями вдоль режущей кромки инструмента. Динамический процесс вдавливания инструмента рассматривался как квазистатический без учета влияния скорости деформирования. Для повышения точности расчета использовалась дифференцированная разбивка модели на элементы с увеличенной плотностью сетки в контактной зоне. Размер конечных элементов в наиболее напряженных зонах принимался равным $1 \div 2\text{ мкм}$.

Исследование проводилось в два этапа. На первом этапе осуществлялось внедрение инструмента в деталь на глубину $H=3,6169\text{ мкм}$ за счет смещения верхнего контура инструмента CD (рис.1). На втором этапе был смоделирован процесс движения уже внедренного инструмента вдоль поверхности детали. Условием этого процесса являлось постоянство толщины слоя материала детали H , подминаемого при движении инструмента. Движение осуществлялось с учетом коэффициента трения контактируемых поверхностей f .

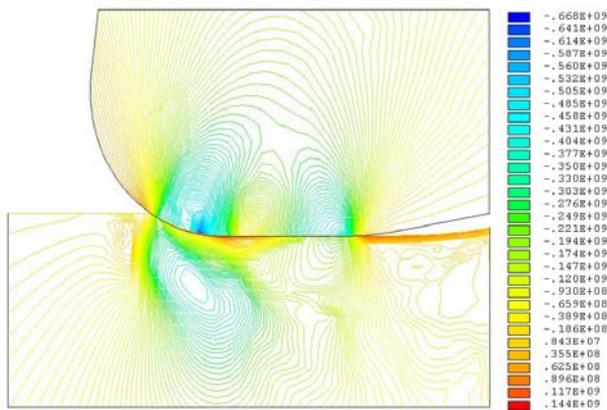


Рис.2. Напряженное состояние инструмента и детали при движении инструмента по поверхности детали.

Исследование напряженно-деформированного состояния для приведенных условий показали, что максимальные напряжения в детали не превышали 360МПа, а максимальные напряжения в инструменте составили 668МПа (рис.2). Дислокация максимальных напряжений в инструменте сосредоточена вокруг точки сопряжения дуги режущей кромки и площадки износа. Деформация инструмента в зоне резания составила $y_u=0,3013\text{ мкм}$. Полная деформация на поверхности детали составила $y_\sigma=3,3156\text{ мкм}$. После прохождения инструмента и снятия нагрузки за счет упругих свойств деформированный слой детали частично восстановил свой объем. Величина упругого восстановления поверхности детали составила 0,1129мкм. Доля упругой деформации инструмента Δ_2 в суммарном смещении ставила 8,330%, доля упругой деформации детали $\Delta_3 - 3,121\%$, доля пластической деформации детали $\Delta_1 - 91,669\%$. Анализ напряженно-деформированного состояния показал, что основная нагрузка при движении инструмента приходится на дугу округления режущей кромки (рис.2). Подобное распределение напряжений способствует более интенсивному износу задней поверхности инструмента в этой зоне, что приводит к изменению ее формы. Рациональная форма поперечного сечения будет соответствовать равномерному износу во всех точках контакта и равномерному распределению контактных напряжений. Исследования автора показали, что условию равномерного износа соответствует форма задней поверхности инструмента, представленная на рис.3, где R_0 - радиус округления площадки износа, равный

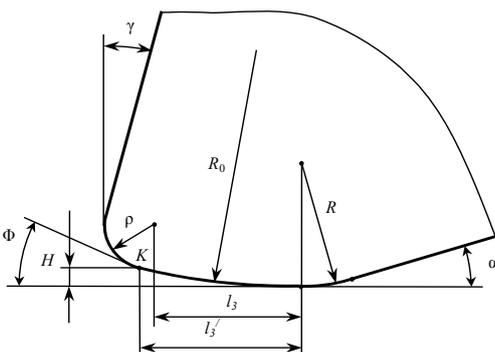


Рис.3. Рациональная форма площадки износа профиля задней поверхности инструмента.

Результаты исследования напряженно-деформированного состояния для приведенных условий показали, что максимальные напряжения в детали не превышали 360МПа, а максимальные напряжения в инструменте составили 668МПа (рис.2). Дислокация максимальных напряжений в инструменте сосредоточена вокруг точки сопряжения дуги режущей кромки и площадки износа. Деформация инструмента в зоне резания составила $y_u=0,3013\text{ мкм}$. Полная деформация на поверхности детали составила $y_\sigma=3,3156\text{ мкм}$. После прохождения инструмента и снятия нагрузки за счет упругих свойств деформированный слой детали частично восстановил свой объем. Величина упругого восстановления поверхности детали составила 0,1129мкм. Доля упругой деформации инструмента Δ_2 в суммарном смещении ставила 8,330%, доля упругой деформации детали $\Delta_3 - 3,121\%$, доля пластической деформации детали $\Delta_1 - 91,669\%$. Анализ напряженно-деформированного состояния показал, что основная нагрузка при движении инструмента приходится на дугу округления режущей кромки (рис.2). Подобное распределение напряжений способствует более интенсивному износу задней поверхности инструмента в этой зоне, что приводит к изменению ее формы. Рациональная форма поперечного сечения будет соответствовать равномерному износу во всех точках контакта и равномерному распределению контактных напряжений. Исследования автора показали, что условию равномерного износа соответствует форма задней поверхности инструмента, представленная на рис.3, где R_0 - радиус округления площадки износа, равный

$$R_0 = \rho + \frac{l_3^2 + l_3 \rho \sin \Phi}{\rho(1 - \cos \Phi)} \tag{1}$$

Моделирование упругопластического контакта инструмента с такой формой площадки показало, что нагружение задней по-

верхности в этом случае стало более равномерным. При этом наибольшие контактные напряжения уменьшились по сравнению с площадкой износа традиционной формы с 686МПа до 543МПа. Подобное снижение максимальных и выравнивание контактных напряжений приводит к уменьшению износа по задней поверхности и данная форма площадки износа будет более стабильной и устойчивой. Максимальная деформация инструмента в зоне резания при движении инструмента составила $y_u = 0,3879$ мкм. Полная деформация на поверхности детали составила $y_d = 3,229$ мкм. Величина упругого восстановления поверхности детали после прохождения инструмента составила 0,1246мкм. Доля упругой деформации инструмента Δ_2 в суммарном смещении составила 10,724%, доля упругой деформации детали $\Delta_3 - 3,445\%$, доля пластической деформации детали $\Delta_1 - 85,831\%$. По сравнению с инструментом с обычной формой площадки износа, доля составляющих деформаций по задней поверхности изменилась незначительно.

Таблица 1
Доля упругой деформации детали Δ_3 , инструмента Δ_2 и пластических деформаций детали Δ_1 в общей контактной деформации по задней поверхности ($\rho=20$ мкм, $l_3=50$ мкм)

	Микро-модель с обычной площадкой износа	Микро-модель с рациональной площадкой износа	Модель развертки с обычной площадкой износа	Модель развертки с рациональной площадкой износа
Δ_1	88,549%	85,831%	87,392%	85,738%
Δ_2	8,330%	10,724%	8,146%	8,942%
Δ_3	3,121%	3,445%	4,462%	5,320%

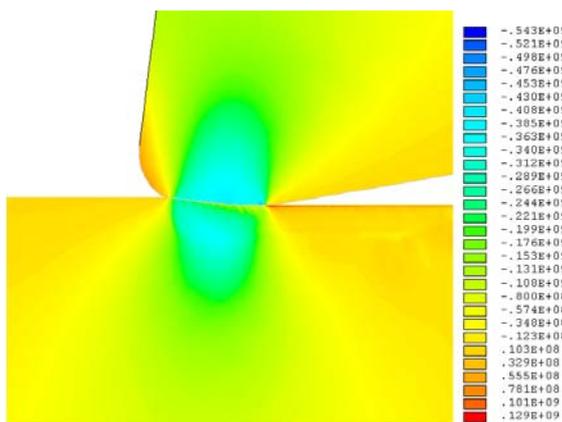


Рис.4. Распределение напряжений для инструмента с рациональной формой задней поверхности.

зуба инструмента приходится более 95 % упругой деформации инструмента, а на долю сердцевины – менее 5%.

В результате контактного взаимодействия инструмента и детали по задней поверхности происходит упругий отжим контактной поверхности инструмента на величину Δ_2 , упругий отжим поверхности детали на величину Δ_3 и пластическое деформирование поверхности детали на глубину Δ_1 . После прекращения контакта инструмент полностью, а деталь частично восстанавливают свою форму и размеры за счет снятия упругих деформаций. Упругое деформирование инструмента способствует уменьшению номинального размера инструмента, а упругое деформирование детали способствует расширению и увеличению отверстия в процессе обработки. В результате этого при обработке отверстия недоснимается часть припуска и после снятия упругих деформаций отверстие оказывается усаженным на величину $(\Delta_2 + \Delta_3)$. Фактический диаметр отверстия определяется как

$$d_{\text{факт}} = d_{\text{ном}} - 2(\Delta_2 + \Delta_3), \quad (2)$$

где $d_{\text{ном}}$ - номинальный диаметр инструмента. Результаты численного анализа показали, что величина контактного давления $p(x)$ хорошо согласуется с решением Р. Хилла [3] $p_{\text{max}} = (2 + \pi)\sigma_T / \sqrt{3}$, где σ_T - предел текучести обрабатываемого материала. С учетом этого на основе решения известных задач теории упругости [4] автором были получены аналитические зависимости для прогнозирования величины Δ_2 и Δ_3 :

$$\Delta_3 = \frac{0,371\sigma_T l_3}{E} \ln\left(\frac{r}{y_0}\right), \quad \Delta_2 = \frac{1,1656\sigma_T l_3}{E(\pi/2 - \alpha - \xi + \sin(\pi/2 - \alpha - \gamma))} \ln\left(\frac{2r}{l_3 \tan 0,5(\pi/2 - \alpha - \gamma)}\right), \quad (3), (4)$$

где r - радиус отверстия. Анализ решений, полученных с использованием (3) и (4), показал, что погрешность зависи-

Для оценки влияния особенностей конструкции осевого инструмента был смоделирован процесс контактного взаимодействия осевого инструмента (восьмизубой развертки) и детали (сектора поперечного сечения цилиндрической втулки). При моделировании форма площадки износа по задней поверхности инструмента представлялась в традиционной и оптимальной форме. Исследование проводилось в полярной системе координат. Процесс контактного взаимодействия моделировался за три этапа: вдавливание инструмента в деталь на глубину H , движение инструмента по поверхности детали (по-

ворот на угол ψ) и отвод инструмента. Максимальные упругие деформации инструмента определялись на втором этапе при движении инструмента. Деформации детали измерялись как сумма пластических и упругих деформаций в зоне максимальных деформаций инструмента. Разделение деформаций детали на упругие и пластические осуществлялось после отвода инструмента и снятия нагрузки.

Проведенные исследования показали, что учет геометрии инструмента и детали практически не оказывает влияния на структуру суммарной деформации по задней поверхности и долю ее составляющих. Учет геометрии инструмента приводит к незначительному росту величины и доли упругих деформаций инструмента и детали (табл.1). Это свидетельствует о том, что основные деформации как

детали, так и инструмента приходятся на ограниченную область вокруг зоны контакта. Анализ структуры упругой деформации инструмента показал, что на долю деформации

мости (3) по сравнению с результатами численного анализа составляет 6,21%, зависимости (4) - 15,98%.

Литература

1. Стрельцов В.А. Исследование процесса контактирования задней поверхности режущего инструмента с обрабатываемой поверхностью // Вестник машиностроения. – №10. – 2001. – С.38-41.
2. Полетика М.Ф. Контактные нагрузки на режущих поверхностях инструмента. – М.: Машиностроение, 1969. – 150с.
3. Аркулис Г.Э., Дорогобид В.Г. Теория пластичности. – М.: Металлургия, 1987. – 312с.
4. Тимошенко С.П. Теория упругости. – М.: Наука, 1979. – 560 с.

УДК 621.02.001.63

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ КРЕПЛЕНИЯ СМП В СБОРНОЙ КОНЦЕВОЙ ФРЕЗЕ

Новиков С.Г., канд. техн. наук, Малыхин В.В., канд. техн. наук, Фадеев А.А.

(г. Курск, Россия)

Conditions of reliable fastening SMP in a modular trailer mill are considered depending on modes of cutting.

В статье [1] предложена классификация оценочных параметров, используемых в качестве выходных характеристик для численного моделирования процесса резания. Одним из параметров данной классификации является остаточное напряжение, которое присутствует как у обрабатываемой детали, так и у сборного инструмента со сменными многогранными пластинами (СМП). Представляет интерес нахождения зависимостей по определению напряжений, которые действуют в стыке СМП и корпуса сборной концевой фрезы.

Пусть на твердотельную пластину действует сила R со стороны детали. Раскладываем эту силу на составляющие: $R = P_X + P_Z$ (рис. 1).

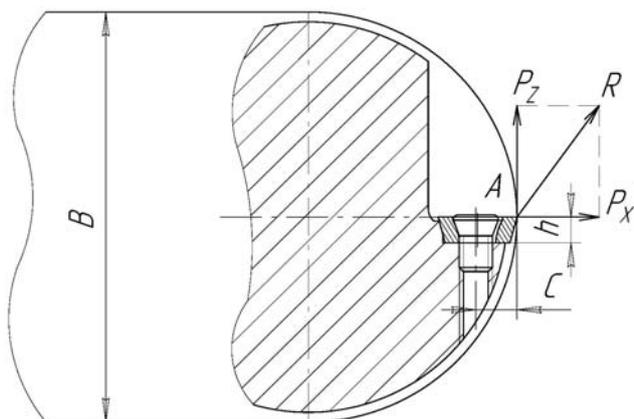


Рис. 1. Схема действия сил на пластину.

На рис. 1 показана т. А приложения силы R по отношению геометрического расположения пластины. Пользуясь Леммой о параллельном переносе силы (Лемма Пуано) перенесем силы P_X и P_Z параллельно себе в точку O стыка пластины и корпуса фрезы, добавляя при этом моменты M_X и M_Z соответствующих сил относительно центра переноса O (рис. 2,а). Имеем: $M_X = -P_X \cdot h$, $M_Z = P_Z \cdot c$ (моменты M_X и M_Z показаны пунктиром). Суммарный момент

$$M = M_Z + M_X = P_Z \cdot c - P_X \cdot h.$$

Сила R_Z и момент M раскрывают стык, а сила R_X сдвигает пластинку и корпус фрезы. Возможность раскрытия стыка и сдвига деталей устраняют затяжкой болтов с силой $F_{ЗАТ}$. Вначале производим

расчет по условию нераскрытия стыка. До приложения нагрузки R затяжка образует в стыке напряжения

$$\sigma_{ЗАТ} = F_{ЗАТ} / A_{cm},$$

которые приближенно считаем равномерно распределенными по стыку. В формуле A_{cm} – площадь стыка. Эпюра $\sigma_{ЗАТ}$ показана на рис. 2, б.

После приложения внешней нагрузки – силы P_Z к затянутому соединению винт дополнительно растянется на некоторую величину Δ , а деформация сжатия деталей уменьшается на ту же величину.

Для простоты можно сказать, что только часть внешней нагрузки дополнительно нагружает винт, а другая часть идет на разгрузку стыка. Фактически вся внешняя нагрузка воспринимается винтом, но уменьшается затяжка стыка или нагрузка на винт со стороны стыка деталей. Однако результат сохраняется.

Если обозначим χ коэффициент внешней нагрузки (учитывает приращение нагрузки винта в долях от силы P_Z), то дополнительная нагрузка винта равна $\chi \cdot P_Z$, а уменьшение затяжки стыка – $(1 - \chi) \cdot P_Z$. Значение коэффициента χ определяем по условию равенства дополнительных деформаций винта и деталей (условие совместности деформаций):

$$\Delta = \chi \cdot P_Z \cdot \lambda_B = (1 - \chi) \cdot P_Z \cdot \lambda_D,$$

где λ_B – податливость винта, равная его удлинению при единичной нагрузке; λ_D – суммарная податливость соединяемых деталей.

Тогда $\chi = \frac{\lambda_D}{\lambda_B + \lambda_D}$. Далее получим приращение нагрузки на винт $F_B = \chi \cdot P_Z$, расчетную (суммарную)

нагрузку на винт $F_P = F_{ЗАТ} + \chi \cdot P_Z$, и остаточную затяжку стыка $F_{СТ} = F_{ЗАТ} - (1 - \chi) \cdot P_Z$.

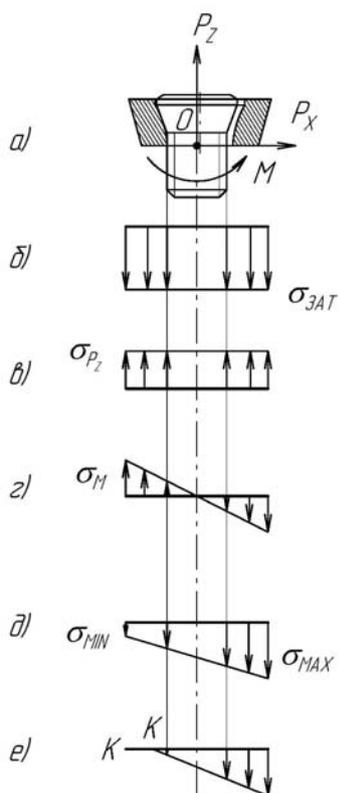


Рис. 2. Схема действия сил на пластину.

Тогда сила P_Z растягивает винт и уменьшает $\sigma_{ЗАТ}$ на величину $\sigma_{P_Z} = \frac{P_Z}{A_{СТ}} \cdot (1 - \chi)$. В этой формуле $P_Z \cdot (1 - \chi)$ - доля внешней нагрузки, которая идет на разгрузку стыка. Расчеты и испытания конструкций показывают, что $\chi = \frac{\lambda_D}{\lambda_B + \lambda_D} \leq (0,2 \div 0,3)$. Упрощая решение, принимаем $\chi = 0$, что идет в запас по условию нераскрытия стыка, т.е. имеем $\sigma_{P_Z} = \frac{P_Z}{A_{СТ}}$. Эпюра σ_{P_Z} представлена на рис. 2, в.

При решении задачи о том, как изменяются напряжения в стыке под действием момента M , необходимо выяснить относительно какой оси поворачивается пластина. Применяя принцип наименьшего сопротивления, можно полагать, что поворот происходит вокруг оси симметрии стыка O , так как относительно этой оси возникает наименьший момент сопротивления повороту (меньше момент инерции площади стыка). Это условие соблюдается только при достаточно большой затяжке винта, обеспечивающей нераскрытие стыка. При раскрытии стыка ось поворота смещается от оси симметрии к кромке стыка. Если затяжка отсутствует, то осью поворота будет кромка стыка. Следовательно, затяжка соединения проявляет себя как пайка или склейка деталей по всему стыку. До тех пор пока стык не раскрылся, пластинку и корпус фрезы можно рассматривать как единое целое. Испытания подтверждают это положение.

Рассматривая условия нераскрытия стыка, считаем осью поворота ось симметрии стыка. При этом напряжения в стыке под действием момента M изменяются в соответствии с эпюрой, аналогичной эпюре напряжений при изгибе. Пренебрегая значением χ , так же как при определении σ_{P_Z} , приближенно запишем

$$\sigma_M \approx \frac{M}{W_{СТ}},$$

где $W_{СТ}$ - момент сопротивления изгибу, который определяют для площади стыка.

Эпюра σ_M представлена на рис. 2, г. В зависимости от значения затяжки и нагрузки эпюра суммарных напряжений в стыке принимает вид одного из вариантов (рис. 2, д и е). Здесь

$$\sigma_{MAX} = \sigma_{ЗАТ} \pm \sigma_{P_Z} + \sigma_M - \text{максимальное напряжение в стыке};$$

$$\sigma_{MIN} = \sigma_{ЗАТ} \pm \sigma_{P_Z} - \sigma_M - \text{минимальное напряжение в стыке}.$$

В этих формулах за положительные приняты напряжения затяжки $\sigma_{ЗАТ}$.

Вариант на рис. 2, е свидетельствует о раскрытии стыка на участке KK , так как напряжения здесь равны нулю, что недопустимо. Вариант на рис. 2, д иллюстрирует нераскрытие стыка и рассматривается как расчетный. По условию нераскрытия стыка $\sigma_{MIN} > 0$, или $\sigma_{ЗАТ} \geq \pm \sigma_{P_Z} + \sigma_M$ или $\sigma_{ЗАТ} = K \cdot (\pm \sigma_{P_Z} + \sigma_M)$.

Здесь $K \approx 2,5 \div 4$ - коэффициент запаса по нераскрытию стыка при переменной нагрузке. Тогда

$$F_{ЗАТ} = A_{СТ} \cdot K(\pm \sigma_{P_Z} + \sigma_M).$$

Далее производим расчет по условию отсутствия сдвига деталей в стыке.

В соединении пластины с корпусом фрезы имеется разгрузочное устройство от сдвига деталей, выполненное за счет смещения осей винта и пластины. Поэтому расчет только произведен по условию нераскрытия стыка.

Практически нераскрытие стыка зависит не только от значения затяжки $F_{ЗАТ}$, но и от сохранения ее в эксплуатации. Последнее определяется, например качеством обработки поверхности стыка. При большой шероховатости поверхности ее неровности постепенно сминаются, что приводит к ослаблению затяжки. Для ответственных соединений поверхности стыка деталей рекомендуется шлифовать.

Таким образом, рассмотрев оба условия, найдены зависимости для определения напряжений, которые действуют в стыке СМП и корпуса сборной концевой фрезы.

Литература

1. Емельянов С.Г., Гладышкин А.О., Мерзоева М.С., Фадеев А.А. Повышение точности обработки сборными режущими инструментами с использованием выходных характеристик численного моделирования процесса резания // Материалы 1 международной научно-технической конференции «Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации»/ Курск. гос. техн. ун-т Курск, 2003. с. 92-94.
2. Иванов М.Н. Детали машин. М., «Машиностроение», 1987. стр. 39 – 42, 48 – 54.

УДК 621.923

ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ПРИ КРУГЛОМ НАРУЖНОМ ШЛИФОВАНИИ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

Новиков Ф.В., докт. техн. наук, Дитиненко С.А.

(г. Харьков, Украина)

Ways of improvement of quality of processing at round external grinding cutting tools.

Проблеме шлифования алмазными кругами на металлических связках твердосплавных инструментов в научно-технической литературе уделено большое внимание [1,2,3]. Однако в полном объеме данная проблема не решена. Это связано с рядом факторов: относительно низкими показателями производительности и качества обработки, повышенным расходом алмаза и т.д. В особой мере это относится к обработке цилиндрических поверхностей специальных твердосплавных инструментов, где необходимо обеспечить шероховатость обработки на уровне $R_a = 0,1$ мкм и съём больших припусков (более 2 мм на сторону).

Цель работы – теоретическое и экспериментальное обоснование условий существенного уменьшения шероховатости обработки специальных твердосплавных инструментов при круглом наружном шлифовании алмазными кругами на металлических связках.

Экспериментальные исследования шероховатости обработанной поверхности проводились при круглом наружном продольном шлифовании алмазным кругом на металлической связке 1А1 300x20x5 АС6 125/100 М1-10 4. В качестве обрабатываемой детали использовался инструмент (рейбер) из твердого сплава ВК8. После установки алмазного круга на круглошлифовальный станок производилось вскрытие алмазоносного слоя круга и устранение биения с использованием электроэрозионной правки. Был применен источник постоянного тока (напряжение - $U = 36$ В, сила тока - $I = 0 \dots 100$ А). Электродом служила стальная цилиндрическая заготовка, которая крепилась в центрах круглошлифовального станка и совершала вращательное и продольное движения. Электроэрозионная правка производилась с силой тока до 100 А. Регулирование силы тока осуществлялось за счет поперечной подачи электрода. Время начального вскрытия алмазоносного слоя круга и устранения биения до уровня 0,01 мм составило приблизительно 20 минут.

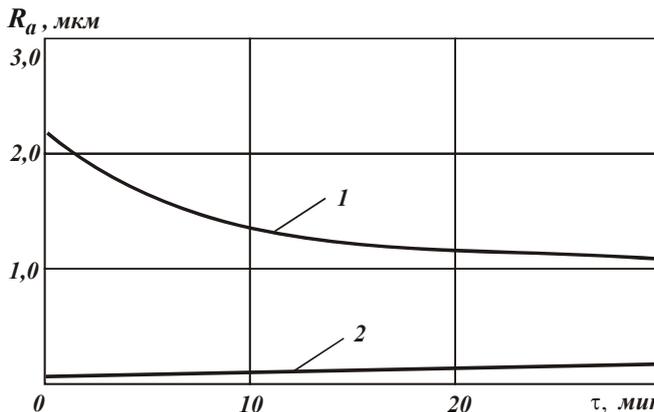


Рис. 1. Зависимость параметра шероховатости обработки R_a от времени τ : 1 – после электроэрозионной правки

обрабатываемого материала. С течением времени обработки в связи с износом и затуплением режущих зерен круга параметр шероховатости R_a уменьшается, однако не столь значительно, рис. 1.

Необходимо отметить, что изменение параметров режима шлифования: $V_{дет}$, $S_{пр}$, t также не привело к заметному изменению параметра R_a .

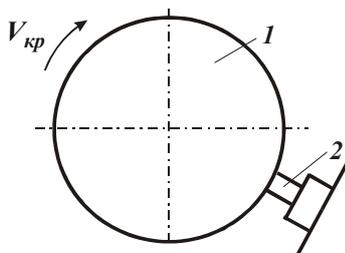


Рис. 2. Схема обтачивания алмазного круга на металлической связке алмазным правящим карандашом: 1 – алмазный круг; 2 – алмазный правящий карандаш.

Шлифование твердосплавного рейбера производилось без применения электроэрозионной правки (т.е. при отключенном источнике технологического тока).

Опытами установлено, что шероховатость обработки при шлифовании вновь заправленным алмазным кругом составляет $R_a = 2,2$ мкм ($V_{кр} = 30$ м/с; $V_{дет} = 15$ м/мин; $S_{пр} = 5$ мм/об; $t = 0,05$ мм). Такое большое значение параметра R_a обусловлено тем, что шлифование производилось алмазным кругом с “острым” режущим рельефом, сформированным в процессе электроэрозионной правки и характеризующимся значительной высотой выступающих зерен над уровнем связки круга. Шлифование данным кругом обеспечивает высокопроизводительный съём обрабатываемого материала.

Были проведены опыты по оценке влияния величины притупления режущих кромок алмазного круга на шероховатость обработки. С этой целью с помощью алмазного правящего карандаша МААС способом обтачивания произведено притупление режущих кромок алмазного круга согласно схеме, приведенной на рис. 2. Применялись следующие условия обтачивания алмазного круга: $V_{кр} = 30$ м/с; $S_{пр} = 0,3$ м/мин; $t = 0,02$ мм/дв.ход. Подготовленный таким способом к работе алмазный круг обеспечивал шероховатость обработки при шлифовании $R_a = 0,1 \dots 0,2$ мкм. Следовательно, притупление режущих кромок алмазного круга позволило уменьшить параметр шероховатости обработки при шлифовании R_a с 2,2 мкм до 0,1...0,2 мкм, т.е. приблизительно в 10...20 раз.

С течением времени обработки кругом с притупленными режущими кромками параметр R_a несколько увеличивался (рис. 1), что связано с выпадением из связки круга притупленных зерен и подключением в работу новых зерен с

острыми кромками. Режущий рельеф круга становился более развитым, что приводило к уменьшению величины линейного износа зерен и соответственно к увеличению параметра шероховатости обработки R_a .

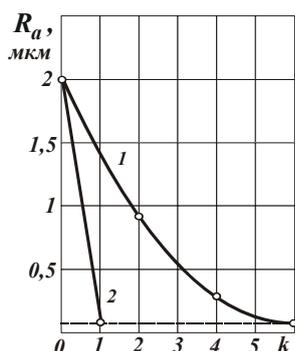


Рис. 3. Зависимость параметра шероховатости обработки R_a при шлифовании от количества k продольных ходов алмазного правящего карандаша при обтачивании алмазного круга на металлической связке: 1 - $t = 0,02$ мм/дв.ход; 2 - $t = 0,1$ мм/ход.

При $t = 0,02$ мм/дв.ход (при обтачивании) значения шероховатости обработки при шлифовании $R_a = 0,1-0,2$ мкм достигаются приблизительно за шесть проходов алмазного карандаша.

Опытами, проведенными в течении 30 минут шлифования, установлено, что алмазный круг с притупленными режущими кромками обладает высокой размерной стойкостью. Это позволяет использовать его на чистовых операциях шлифования для обеспечения высоких показателей шероховатости и точности обработки, что открывает новые технологические возможности шлифования. По сути, одним алмазным кругом можно одновременно снимать относительно большие припуски с высокой производительностью и обеспечивать шероховатость поверхности на уровне операций чистовой обработки.

Были проведены экспериментальные исследования по изучению влияния глубины шлифования на шероховатость обработки при шлифовании алмазным кругом 1A1 300x20x5 AC6 100/80 M1-01 4 после его обтачивания алмазным правящим карандашом. Установлено, что при глубине шлифования $t = 0,01-0,025$ мм в течении 30 мин обработки параметр шероховатости R_a изменяется в пределах 0,1-0,2 мкм, рис. 4,а. При глубине шлифования $t = 0,05$ мм параметр шероховатости R_a за тоже время обработки

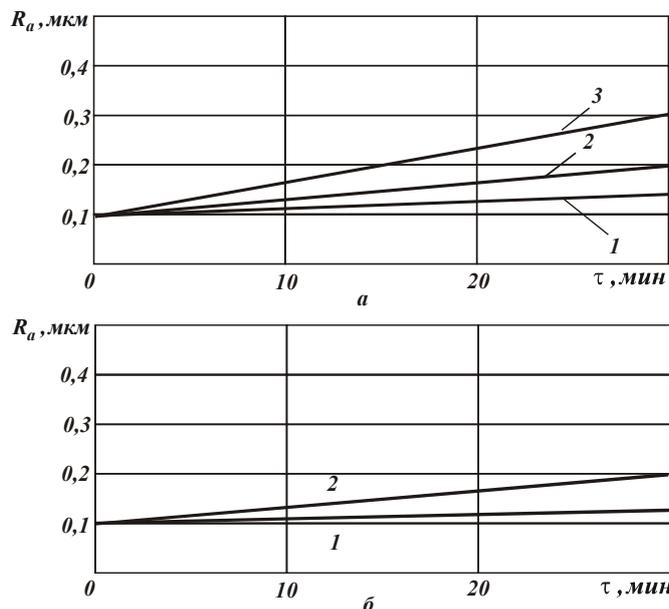


Рис. 4. Зависимость параметра шероховатости обработки R_a от времени обработки τ : а - алмазный круг на металлической связке M1-01; 1 - $t = 0,01$ мм; 2 - $t = 0,025$ мм; 3 - $t = 0,05$ мм; б - алмазный круг на металлической связке M1-10; 1 - $t = 0,01$ мм; 2 - $t = 0,05$ мм.

\bar{R}_{max} - значение параметра шероховатости R_{max} для $x=0$. На рис. 5,а приведены графики, полученные с учетом образования на режущих зернах площадок износа, а на рис. 5,б - графики, не учитывающие образование на режущих зернах площадок износа. Сравнивая эти графики, нетрудно видеть, что с учетом образования на зернах площадок износа параметр шероховатости обработки R_{max} уменьшается более интенсивно с увеличением величины x (рис. 5,а), чем в случае, не учитывающем образование на зернах площадок износа (рис. 5,б).

На рис. 3 показано влияние числа проходов K алмазного правящего карандаша при обтачивании алмазного круга на параметр шероховатости обработки R_a при шлифовании. Условия обтачивания алмазного круга: $V_{кр} = 30$ м/с; $S_{np} = 0,3$ м/мин. Как видим, с увеличением числа проходов K параметр шероховатости обработки R_a уменьшается. При глубине резания $t = 0,1$ мм/ход (при обтачивании) значения шероховатости обработки при шлифовании $R_a = 0,1-0,2$ мкм достигаются за один проход алмазного карандаша.

метр шероховатости R_a за тоже время обработки изменился в значительно больших пределах: 0,1-0,4 мкм.

Для сравнения были проведены экспериментальные исследования шероховатости обработки при шлифовании алмазным кругом 1A1 300x20x5 AC6 125/100 M1-10 4 после его обтачивания алмазным правящим карандашом, рис. 4,б. Установлено, что за 30 мин обработки при глубине шлифования $t = 0,05$ мм параметр шероховатости R_a изменился в пределах 0,1-0,2 мкм. Это можно объяснить более высокой износостойкостью данного алмазного круга.

Проведем теоретический анализ экспериментальных данных шероховатости поверхности. На основе полученных аналитических зависимостей [4] определим условие, вызывающее столь значительное уменьшение параметра шероховатости обработки R_a (с 2,2 до 0,1 мкм) при шлифовании алмазным кругом на металлической связке после его обтачивания алмазным правящим карандашом. Для этого были построены графики R_{max} - x для различных значений \bar{R}_{max} (рис. 5), где R_{max} - параметр шероховатости обработки, мкм; x - величина линейного износа максимально выступающего над уровнем связки зерна, мкм;

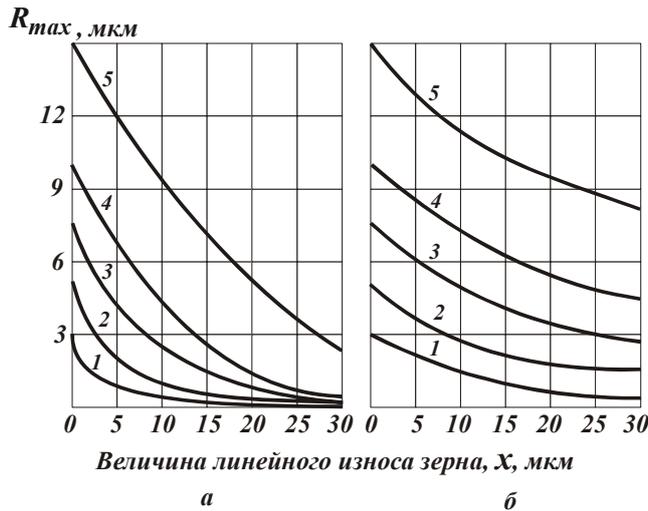


Рис. 5. Зависимости параметра шероховатости R_{max} от величины линейного износа зерна x : 1 - $\bar{R}_{max} = 3$ мкм; 2 - $\bar{R}_{max} = 5$ мкм; 3 - $\bar{R}_{max} = 7,5$ мкм; 4 - $\bar{R}_{max} = 10$ мкм; 5 - $\bar{R}_{max} = 12$ мкм.

алмазным правящим карандашом, параметр шероховатости обработки R_a равен 0,12 мкм ($R_{max} \approx 0,5$ мкм). Следовательно, за счет обработки алмазного круга алмазным правящим карандашом произошло уменьшение параметра R_{max} приблизительно в 20 раз. Это хорошо согласуется с расчетными данными, приведенными на рис. 5,а. На основе проведенного анализа можно заключить, что выравнивание вершин зерен (путем обтачивания круга алмазным правящим карандашом) происходит в результате микроразрушений алмазных зерен с образованием на них площадок износа.

Приведенные на рис. 5 графики показывают практически неограниченное уменьшение параметра шероховатости обработки R_{max} с увеличением величины линейного износа зерен x , т.е. раскрывают потенциальные возможности уменьшения параметра R_{max} за счет существенного увеличения величины x (при условии образования на зернах площадок износа).

Произведем численный расчет параметра шероховатости обработки R_{max} (для $x=0$) на основе зависимости [4]

$$R_{max} = \left(\frac{100 \cdot \pi \cdot \bar{X}^3 \cdot V_{дет}}{6 \cdot \text{tg} \gamma \cdot m \cdot V_{кр}} \cdot \sqrt{\frac{1}{D_{кр}} + \frac{1}{D_{дет}}} \right)^{0,4}, \quad (1)$$

(где \bar{X} - зернистость круга, м; m - объемная концентрация зерен круга; 2γ - угол при вершине конусообразного зерна; $V_{кр}, V_{дет}$ - скорости круга и детали, м/с; $D_{кр}, D_{дет}$ - диаметры круга и детали, м) для условий круглого наружного шлифования свежевскрытым (после электроэрозионной правки) алмазным кругом 1A1 300x20x5 AC6 100/80 M1-01 4. Исходные данные для расчета: $\text{tg} \gamma = 1$; $m = 100$; $\bar{X} = 0,1 \cdot 10^{-3}$ м; $V_{кр} = 30$ м/с; $V_{дет} = 15$ м/мин; $D_{кр} = 0,3$ м; $D_{дет} = 0,014$ м. В результате установлено: $R_{max} = 4,3$ мкм ($R_a \approx 0,2 \cdot R_{max} = 0,86$ мкм). Экспериментально установленное значение R_a для данных условий шлифования равно 1,9 мкм. Следовательно, расчетное значение R_a более чем в два раза меньше экспериментально установленного значения. Данное расхождение следует рассматривать достаточно большим, требующим уточнения. Наблюдаемое расхождение значений R_a может быть обусловлено двумя факторами:

- 1) не учет в расчетной схеме разновысотного расположения вершин зерен в пределах толщины слоя, равного параметру шероховатости R_{max} ;
- 2) не учет вероятностного характера участия зерен в резании в связи с возможностью их прохождения "след в след".

Оценим влияние разновысотного расположения вершин режущих зерен на шероховатость поверхности. Для упрощения анализа рассмотрим схему плоского шлифования, рис. 6,а. Формирование шероховатости на обрабатываемом образце будем рассматривать в направлении линии ОА, считая, что скорости $V_{дет}$ и $V'_{дет}$ связаны соотношением

$$V'_{дет} = 2 \cdot V_{дет} \cdot \sqrt{\frac{t}{D_{кр}}}. \quad (2)$$

Следовательно, добиться существенного уменьшения параметра R_{max} только лишь за счет выравнивания вершин режущих зерен (уменьшения высот выступания вершин зерен над уровнем связки круга) достаточно сложно. Необходимо обеспечить образование на режущих зернах площадок износа. Из этого можно сделать вывод о том, что экспериментально установленное существенное уменьшение параметра шероховатости обработки R_{max} (в 20 раз) произошло главным образом вследствие образования на режущих зернах площадок износа.

Проведем анализ полученных графиков для значения $\bar{R}_{max} = 10$ мкм, соответствующего экспериментальному значению, полученному при шлифовании свежевскрытым алмазным кругом на металлической связке ($R_a = 2,2$ мкм). С увеличением величины x от 0 до 30 мкм параметр шероховатости обработки R_{max} уменьшился в 22,2 раза (рис. 5,а) и в 2,28 раза (рис. 5,б) соответственно. Как установлено экспериментально, при шлифовании алмазным кругом, обработанным

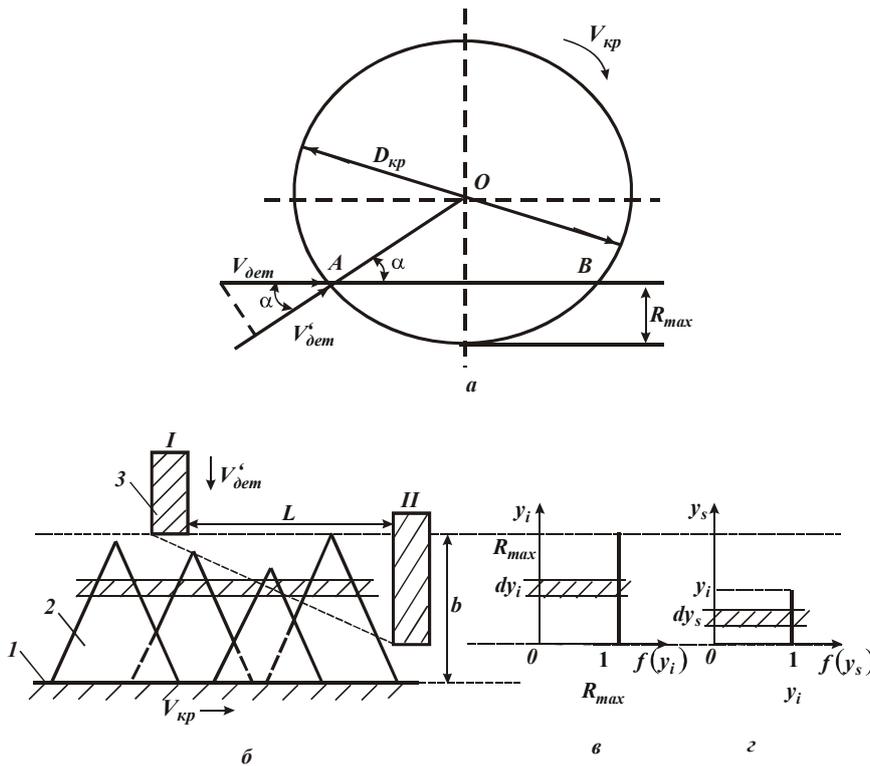


Рис. 6. Расчетная схема шероховатости поверхности: 1 – уровень связки круга; 2 – режущее зерно; 3 – обрабатываемый образец.

ца, высоты проекций зерен на образец будут различны. Характер изменения высот проекций зерен y_s будет подчиняться равномерному закону с плотностью распределения $f(y_s) = \frac{1}{y_i}$ (рис. 6,г). Определим суммарную длину оснований рассматриваемых проекций зерен dB :

$$dB = \int_0^{y_i} 2 \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot y_s \cdot dn_s = \operatorname{tg} \gamma \cdot y_i \cdot dn_i, \quad (3)$$

где $dn_s = dn_i \cdot f(y_s) \cdot dy_s$; $dn_i = n_0 \cdot f(y_i) \cdot dy_i$; $f(y_i) = \frac{1}{R_{max}}$; $n_0 = k \cdot B \cdot L \cdot \frac{R_{max}}{b} = k \cdot B \cdot V_{kp} \cdot \tau \cdot \frac{R_{max}}{b}$ - число зерен, расположенных на участке поверхности круга длиной L и выступающих над уровнем связки на высоту, более $(b - R_{max})$.

Определим суммарную длину оснований проекций зерен $\int_0^{R_{max}} dB$ от всех слоев зерен толщиной dy_i :

$$\int_0^{R_{max}} dB = \int_0^{R_{max}} \operatorname{tg} \gamma \cdot n_0 \cdot f(y_i) \cdot y_i \cdot dy_i = \int_0^{R_{max}} \operatorname{tg} \gamma \cdot \frac{n_0}{R_{max}} \cdot y_i \cdot dy_i = \frac{\operatorname{tg} \gamma \cdot n_0 \cdot R_{max}}{2}. \quad (4)$$

Параметр шероховатости обработки R_{max} определим из условия:

$$\int_0^{R_{max}} dB = B, \quad (5)$$

где B - ширина обрабатываемого образца, м.

Откуда

$$R_{max} = \sqrt{\frac{2 \cdot b}{\operatorname{tg} \gamma \cdot k \cdot V_{kp} \cdot \tau}}. \quad (6)$$

Для круглого наружного шлифования:

$$\tau = \frac{2}{V_{dem}} \cdot \sqrt{\frac{R_{max}}{\left(\frac{1}{D_{kp}} + \frac{1}{D_{dem}}\right)}}, \quad R_{max} = \sqrt[5]{\left(\frac{200 \cdot \pi \cdot X^3 \cdot V_{dem}}{3 \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot m \cdot V_{kp}}\right)^2 \cdot \left(\frac{1}{D_{kp}} + \frac{1}{D_{dem}}\right)}. \quad (7)$$

Предположим, за время τ прямолинейный обрабатываемый образец, движущийся со скоростью V'_{dem} по нормали к рабочей поверхности круга, внедрился в слой зерен круга на глубину R_{max} , рис. 6,б. Будем считать, что выступание вершин зерен над уровнем связки круга подчинено равномерному закону распределения.

Выделим часть зерен, вершины которых расположены в слое бесконечно малой толщины dy_i , т.е. имеют высоту выступления y_i над условным уровнем $(b - R_{max})$, где b - максимальная высота выступления вершин зерен над уровнем связки круга, м (рис. 6,в). Рассмотрим условия образования шероховатости поверхности от наложения проекций этих зерен на движущийся образец. В результате взаимного движения круга и образца,

высоты проекций зерен на образец будут различны. Характер изменения высот проекций зерен y_s будет подчиняться равномерному закону с плотностью распределения $f(y_s) = \frac{1}{y_i}$ (рис. 6,г). Определим суммарную

длину оснований рассматриваемых проекций зерен dB :

$$dB = \int_0^{y_i} 2 \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot y_s \cdot dn_s = \operatorname{tg} \gamma \cdot y_i \cdot dn_i, \quad (3)$$

где $dn_s = dn_i \cdot f(y_s) \cdot dy_s$; $dn_i = n_0 \cdot f(y_i) \cdot dy_i$; $f(y_i) = \frac{1}{R_{max}}$; $n_0 = k \cdot B \cdot L \cdot \frac{R_{max}}{b} = k \cdot B \cdot V_{kp} \cdot \tau \cdot \frac{R_{max}}{b}$ - число зерен, расположенных на участке поверхности круга длиной L и выступающих над уровнем связки на высоту, более $(b - R_{max})$.

Определим суммарную длину оснований проекций зерен $\int_0^{R_{max}} dB$ от всех слоев зерен толщиной dy_i :

$$\int_0^{R_{max}} dB = \int_0^{R_{max}} \operatorname{tg} \gamma \cdot n_0 \cdot f(y_i) \cdot y_i \cdot dy_i = \int_0^{R_{max}} \operatorname{tg} \gamma \cdot \frac{n_0}{R_{max}} \cdot y_i \cdot dy_i = \frac{\operatorname{tg} \gamma \cdot n_0 \cdot R_{max}}{2}. \quad (4)$$

Параметр шероховатости обработки R_{max} определим из условия:

$$\int_0^{R_{max}} dB = B, \quad (5)$$

где B - ширина обрабатываемого образца, м.

Откуда

$$R_{max} = \sqrt{\frac{2 \cdot b}{\operatorname{tg} \gamma \cdot k \cdot V_{kp} \cdot \tau}}. \quad (6)$$

Для круглого наружного шлифования:

$$\tau = \frac{2}{V_{dem}} \cdot \sqrt{\frac{R_{max}}{\left(\frac{1}{D_{kp}} + \frac{1}{D_{dem}}\right)}}, \quad R_{max} = \sqrt[5]{\left(\frac{200 \cdot \pi \cdot X^3 \cdot V_{dem}}{3 \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot m \cdot V_{kp}}\right)^2 \cdot \left(\frac{1}{D_{kp}} + \frac{1}{D_{dem}}\right)}. \quad (7)$$

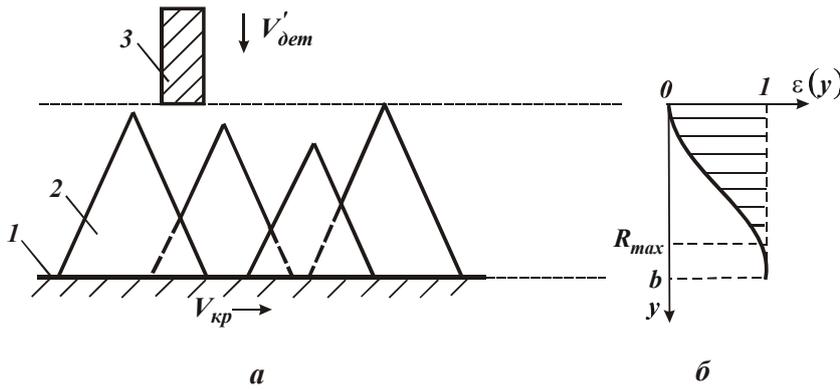


Рис. 7. Схема формирования относительной полноты профиля круга $\varepsilon(y)$ и график функции $\varepsilon(y)$: 1 – уровень связки круга; 2 – режущее зерно; 3 – обрабатываемый образец.

зерен в пределах слоя толщиной R_{max} приводит к увеличению шероховатости обработки.

Произведем расчет шероховатости поверхности с учетом вероятностного характера участия зерен в резании. Для этого рассмотрим теоретический подход к расчету шероховатости обработанной поверхности, предложенный нами в работе [5]. Согласно данного подхода, область сплошного перекрытия проекций зерен на плоскости прямолинейного образца, движущегося со скоростью $V'_{дем}$ по нормали к рабочей поверхности круга, описана с помощью вероятностной функции (функции распределения) – относительной полноты профиля круга $\varepsilon(y)$, рис. 7:

$$\varepsilon(y) = 1 - \exp\left(-\frac{tg\gamma \cdot k \cdot V_{кр}}{3 \cdot b \cdot V'_{дем}} \cdot y^3\right). \tag{8}$$

Заштрихованным на рис. 7,б показан неснятый материал (в виде микронеровностей) обрабатываемого образца. Функция $\varepsilon(y)$ изменяется в пределах $0 \dots 1$: при $y = 0 \rightarrow \varepsilon(y = 0) = 0$, по мере увеличения координаты y функция $\varepsilon(y)$ стремится к значению $\varepsilon(y) \rightarrow 1$. Исходя из этого, установить параметр шероховатости обработки R_{max} можно с определенным приближением, задавая значение $\varepsilon(y)$, например, равным $\varepsilon_0 = 0,9; 0,95; 0,99$ и т.д. Тогда

$$R_{max} = \sqrt[3]{-\frac{200 \cdot \pi \cdot \bar{X}^3 \cdot V'_{дем} \cdot \ln(1 - \varepsilon_0)}{tg\gamma \cdot m \cdot V_{кр}}}. \tag{9}$$

В работе [5] для выполнения расчетов параметра шероховатости обработки R_{max} принято $\varepsilon_0 = 0,895$; $\ln(1 - \varepsilon_0) = -2,25$. Тогда окончательно зависимость (9) опишется

$$R_{max} = \sqrt[3]{\frac{450 \cdot \pi \cdot \bar{X}^3 \cdot V'_{дем}}{tg\gamma \cdot m \cdot V_{кр}}}. \tag{10}$$

Для оценки полученного решения определим значение ε_0 на основе экспериментальных данных отношения R_{max} / R_a , которое, как известно, может изменяться в пределах $4 \dots 8$ для различных условий шлифования и обрабатываемых материалов. Для этого произведем численный расчет функции $\varepsilon(y)$, описываемой зависимостью (8), для различных значений y , задаваясь определенным шагом Δy (рис. 8).

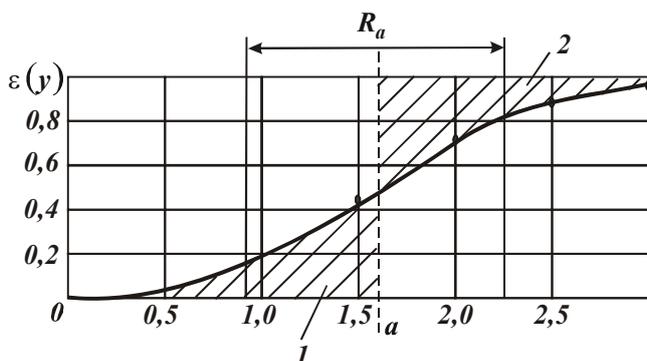


Рис. 8. Расчетная схема параметра шероховатости обработки R_a на основе зависимости $\varepsilon(y)$.

Затем, на основе полученного графика определим параметр шероховатости обработки R_a .

Из геометрических соображений параметр R_a равен

$$R_a = \frac{F_1 + F_2}{1}, \tag{11}$$

где F_1, F_2 - заштрихованные на рис. 8 площади 1 и 2 ($F_1 = F_2$).

Значение 1 в знаменателе зависимости (11)

Зависимости (1) и (7) отличаются лишь множителем $\sqrt[3]{4^2} = 1,74$. Тогда, рассчитанное по зависимости (7) значение $R_a \approx 0,2 \cdot R_{max}$ для указанных выше условий шлифования, равно 1,5 мкм. Это на 21% меньше экспериментально установленного значения $R_a = 1,9$ мкм. Как видим, зависимость (7) позволяет более точно рассчитать параметр шероховатости обработки R_{max} и соответственно параметр R_a по сравнению с зависимостью (1). Таким образом показано, что учет разновысотного расположения вершин режущих

соответствует условию $\varepsilon(y) \approx 1$. Используя график функции $\varepsilon(y)$, приведенной на рис. 8, первоначально определим положение средней линии $y = a$. Оно определяется из условия $F_1 = F_2$. Зависимость (8) преобразуем:

$$\varepsilon(y) = 1 - \exp\left(-\frac{tg\gamma \cdot m \cdot V_{кр}}{200 \cdot \pi \cdot \bar{X}^3 \cdot V'_{дем}} \cdot y^3\right). \quad (12)$$

Для исходных данных: $tg\gamma = 1$; $m = 100$; $x = 10^{-4}$ м; $V_{кр} = 30$ м/с; $V'_{дем} = 2 \cdot 10^{-3}$ м/с зависимость (12) выражается:

$$\varepsilon(y) = 1 - \exp(-0,15 \cdot y^3). \quad (13)$$

В табл. 1 приведены расчетные значения площадей F_1 и F_2 для функции $\varepsilon(y)$, описываемой зависимостью (13). Нетрудно видеть, что при $y = 1,62$ мкм площади F_1 и F_2 равны между собой: $F_1 = F_2 = 0,34$. Тогда, исходя из зависимости (11), параметр шероховатости обработки R_a равен 0,68 мкм.

Таблица 1

Расчетные значения параметров															
y , мкм	0	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,62	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0	3,25
$\varepsilon(y)$	0	0,003	0,025	0,082	0,18	0,3	0,42	0,48	0,55	0,71	0,83	0,9	0,96	0,98	0,999
F_1 , мкм	0	0,0007	0,014	0,034	0,08	0,15	0,26	0,35	0,4	0,58	0,79	1,0	1,25	1,5	
F_2 , мкм	-	-	-	1,0	0,8	0,59	0,41	0,33	0,27	0,155	0,08	0,04	0,015	0,02	

В табл. 2 приведены расчетные значения отношения R_{max} / R_a для различных (возможных) значений параметра шероховатости обработки $R_{max} = y$, которые взяты из табл. 1.

Таблица 2

Расчетные значения отношения R_{max} / R_a				
R_{max} , мкм	2,5	2,75	3,0	3,25
R_{max} / R_a	3,68	4,0	4,4	4,8
ε_0	0,9	0,96	0,98	0,999

Как видим, отношение R_{max} / R_a изменяется приблизительно в пределах 4...5. Это согласуется с аналогичными экспериментальными данными, полученными при шлифовании и приведенными в указанных выше работах. Следовательно, с достаточной для практики точностью можно принять $\varepsilon_0 = 0,895$ [5]. Тогда справедлива зависимость (10), полученная для схемы шлифования прямолинейного образца, движущегося по нормали к рабочей поверхности круга со скоростью $V'_{дем}$.

Используя зависимость (10), установим зависимость для определения параметра шероховатости обработки R_{max} при круглом наружном шлифовании с учетом вероятностного характера участия зерен в резании:

$$R_{max} = \sqrt[5]{\left(\frac{450 \cdot \pi \cdot \bar{X}^3 \cdot V'_{дем}}{2 \cdot tg\gamma \cdot m \cdot V_{кр}}\right)^2 \cdot \left(\frac{1}{D_{кр}} + \frac{1}{D_{дем}}\right)}. \quad (14)$$

Зависимости (14) и (7) отличаются множителем $\sqrt[5]{11,4} = 1,62$. Тогда, рассчитанное по зависимости (14) значение $R_a = 0,2R_{max}$ для вышеуказанных условий шлифования ($tg\gamma = 1$; $m = 100$; $\bar{X} = 0,1 \cdot 10^{-3}$ м; $V_{кр} = 30$ м/с; $V'_{дем} = 15$ м/мин; $D_{кр} = 0,3$ м; $D_{дем} = 0,014$ м), равно 2,43 мкм. Расхождение данного значения с экспериментально установленным значением $R_a = 1,9$ мкм составляет 27%. Как видим, зависимость (14) дает завышенное (в пределах 27%), а зависимость (7) – заниженное (в пределах 20%) значения шероховатости обработки. В табл. 3 для сравнения приведены рассчитанные по полученным зависимостям значения параметра шероховатости R_a , а также экспериментальные значения параметра R_a .

Таблица 3

Расчетные и экспериментальные значения параметра R_a				
Зависимости	Расчетные значения			Экспериментальное значение
	(1)	(7)	(14)	
R_a , мкм	0,86	1,5	2,43	1,9

Таким образом, приведенные результаты свидетельствуют о существовании значительных резервов повышения качества обработки твердосплавных инструментов при круглом наружном алмазном шлифовании.

Литература

1. Захаренко И.П. Основы алмазной обработки твердосплавного инструмента. – К.: Наук. думка, 1981. – 300 с.
2. Абразивная и алмазная обработка материалов: Справочник / Под ред. проф. А.Н. Резникова. – М.: Машиностроение, 1977. – 390 с.
3. Теоретические основы резания и шлифования материалов: Учеб. пособие / А.В. Якимов, Ф.В. Новиков, Г.В. Новиков, Б.С. Серов, А.А. Якимов. – Одесса: ОГПУ, 1999. – 450 с.
4. Новиков Ф.В., Дитиненко С.А. Технология и теория прецизионной обработки твердосплавных инструментов алмазными кругами на металлических связках. – Труды 8-й Межд. Науч.-техн. конф. “Физические и компьютерные технологии”. – Харьков: ХНПК “ФЭД”, 2003. – С. 34-39.
5. Новиков Ф.В. Физические и кинематические основы высокопроизводительного алмазного шлифования. – Автореф. дис. ... докт. техн. наук. – Одесса: ОГПУ, 1995. – 36 с.

УДК 622.276.05

ПРИМЕНЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОГО РЕЛИТОВОГО СЛОЯ В ТОРЦОВЫХ УПЛОТНЕНИЯХ ПОГРУЖНОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН И В ОПОРАХ РАЗГРУЗОЧНЫХ ВОДЯНЫХ НАСОСОВ

Ткаченко В. П., канд. техн. наук

(г. Харьков, Украина)

Proof layer relit face condensation of an electric equipment for drilling chinks and production of petroleum.

Торцовые уплотнения вращающихся валов предназначены для защиты от проникновения жидкости из скважины во внутреннюю маслonaполненную полость погружного электрооборудования, к которому относятся электробуры для бурения нефтяных и газовых скважин и погружные электродвигатели серии ПЭД, применяемые в установках центробежных электронасосов для добычи нефти.

Изготовление релитовых торцовых уплотнений было освоено на опытном заводе СКТЬПЭ ВНПО «Потенциал» (ОАО завод «Потенциал»). В результате была полностью решена важная научно-техническая проблема по созданию принципиально новой технологии изготовления износостойких релитовых пар трения, а также оригинальных конструкций торцовых уплотнений, что получило признание в бывшем СССР и за рубежом. Разработанные технические решения, отличающиеся высокой экономической эффективностью, внедрены в производство электробуров, погружных электродвигателей ПЭД и других машин.

Теоретические и экспериментальные исследования, а также анализ многолетнего опыта эксплуатации уплотнений электробуров и погружных электродвигателей ПЭД позволили разработать новый подход к решению проблемы создания надежных торцовых уплотнений.

Было установлено, что в зазоре пары трения торцовых уплотнений возможно знакопеременное течение жидкости, что связано с влиянием динамики динамики уплотнений. Следовательно, при малых перепадах давления масла зазор пары трения может заполняться промывочной или пластовой жидкостью, которые обычно содержат абразивные частицы. Поэтому трущиеся поверхности уплотнений погружного электрооборудования должны, в первую очередь, обладать высокой износостойкостью. Этим условиям не соответствовали применявшиеся ранее торцовые уплотнения с парами трения: «сталь-бронза», «углеграфит-минералокерамика».

Разработанные релитовые торцовые уплотнения, в которых оба кольца имеют одинаковую трущуюся поверхность, обладают высокой износостойкостью благодаря большой твердости зерен релита и хорошими антифрикционными свойствами, что определяется влиянием медной связки. Наличие меди в рабочем слое релитовых уплотнений обеспечивает возможность работы в режиме избирательного переноса, что характеризуется образованием на трущейся поверхности сервовитной медной пленки и эффектом безызносности.

Уплотнения из силицированного графита, минералокерамики ЦМ-332 и твердого сплава ВК обладают повышенной хрупкостью и склонностью к терморастрескиванию. Аналогичные недостатки присущи торцовым уплотнениям зарубежных фирм, у которых твердосплавные кольца припаиваются к стальным корпусам пар трения («Пасифик» и «Бергман» в Германии, «Флексибокс» в Англии и др.)

Торцовые уплотнения фирмы «Крейн-пеккинг» имеют пару трения «углеграфит-минералокерамика», не обладают высокой износостойкостью в абразивной пластовой жидкости.

Преимущества релитовых торцовых уплотнений состоит в том, что наряду с высокой износостойкостью и антифрикционностью они лишены хрупкости и склонности к терморастрескиванию и являются наиболее технологичными и ремонтпригодными.

Основная особенность нового способа получения износостойкой поверхности заключается в том, что кольца торцового уплотнения изготавливаются из любой стали (кроме 20Х13, 30Х13, 40Х13) в том числе нержавеющей, и лишь на торцовой части выполняется рабочий износостойкий релитовый слой, прочно связанный со стальной основой. Высокая износостойкость обеспечивается благодаря применению твердых зерен релита, представляющего собой карбид вольфрама эвтектической структуры (WC + W₂C).

Повышение надежности электробуров за счет применения релитовых торцовых уплотнений способствовало их успешному применению при бурении на нефть, специальных скважин под опоры мостов, для подземной газификации и бурении скважин под дном рек.

Применение релитовых торцовых уплотнений в погружных электродвигателях серии ПЭД способствовало повышению надежности и увеличению наработки на отказ в 1,5-2 раза.

Цех по выпуску релитавых торцовых уплотнений ОАО завод «Потенциал» оснащен современным оборудованием.

Кроме погружного электрооборудования релитовые торцовые уплотнения применяются: в турбогенераторах ТГВ-500, в химических аппаратах для производства сорбита, в винтовых насосах, в насосах, перекачивающих раствор глицерина с кристаллами поваренной соли, в комбайнах (КВ), предназначенных для проходки горных выработок, в высокооборотных турбодетандерных агрегатах при скорости скольжения до 70 м/сек.

В процессе эксплуатации релитовых торцовых уплотнений и расширения области их применения (химическое оборудование, насосы и аппараты), возникла необходимость в замене медной связки на связку, стойкую в агрессивных и химически активных средах. Таковой явилась хромоникелевая связка, состоящая из 30% хрома и 70% никеля с присадками, позволяющими снизить температуру сплавления до 1150-1200 С. Был получен релитовый слой со связкой стойкой к вымыванию в агрессивных средах, что позволило применить релитовый слой в опорах разгрузочных водяных насосов.

До 1995 г. в водяных насосах большой мощности производства Сумского завода "Насосэнергомаш" применялись опоры разгрузочные, изготовленные из стали 30X13, 40X13 с закалкой до 50 ед. твердости, однако в процессе закаливания в опорах образовывались микротрещины и местные напряжения, которые неоднократно приводили к разрыву опор в процессе эксплуатации насосов из-за высоких нагрузок, возникающих при пусках насосов.

В 1996 г. для насосов была изготовлена опытная партия опор разгрузочных Ø 240 мм с шириной релитовой поверхности рабочего пояса 30 мм на хромоникелевой связке. Основа из стали 30X13 без закалки.

Эксплуатационные испытания этой партии показали высокую работоспособность релитового слоя на хромоникелевой связке.

Однако, при изготовлении опор с основой из стали 30X13 при нагреве её до температуры напекания и дальнейшем охлаждением вместе с вакуумной печью происходило её самозакаливание НКСЭ 50 ед., что не позволяло производить механическую обработку заготовок, плюс к этому при окончательном остывании на воздухе в стали появлялись микротрещины.

Приходилось делать деталям высокий отпуск для снятия напряжения и снижения твердости.

В последнее время опоры изготавливаются из стали 08X22Н6Т, которая при режимах напекания не изменяет твердости и более совместима с хромоникелевой связкой, применяемой для пропитки релитового слоя.

С 1998 г. начато серийное производство опор разгрузочных с релитовым слоем для насосов. Материалом основы опор являются стали 08X22Н6Т или 08X21Н6М2Т.

УДК 621. 951

ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ РУЖЕЙНЫХ СВЕРЛ

Королькова М. В., Гнатюк А. П., канд. техн. наук

(г. Одесса, Украина)

Given article is dedicated to increasing cutting life of gun drills intended for machining deep holes. The cutting life's increase of gun drills is realized on account of the possibility of simultaneous coolant feed to the machining area as on the lead face surface of the drill as on the clearance surface.

Головним недоліком рушничних сверл (РС) стандартної конструкції є їх низька стійкість, що особливо проявляється при обробці важкооброблюваних матеріалів. Це обумовлено малими витратами та тиском мастильно-охолоджуючого технологічного середовища (МОТС) у зоні обробки (ЗО), через те, що ця зона пов'язана із щільною великою перерізу зі стружковідвідним каналом. Змінюючи переріз цієї щільності можна добитися значного тиску МОТС у ЗО. Однак традиційні конструкції РС не можуть бути пристосовані для подачі струменя МОТС до місця контакту стружки та передньої поверхні з одночасною подачею потоку МОТС на задні поверхні. Крім того, щільність, яка поєднує ЗО та стружковідвідний канал, утворена ребром допоміжної задньої поверхні свердла та поверхнею різання, яка чинить визначальний вплив на тиск МОТС у порожнині "задні поверхні свердла- поверхні різання" (ЗПС-ПР). Тиск у цій порожнині визначається лише гідравлічним опором цієї щільності, бо тиск у стружковідвідному каналі практично дорівнює атмосферному. З поданого впливає, що тиск у порожнині ЗПС-ПР можна змінити або через зміну площі перерізу щільності, або через підвищення розходу МОТС.

Для підвищення розходу МОТС через ЗО необхідно значно підвищити тиск МОТС, а це приведе до додаткового розігріву його при проходженні через канал у робочій частині свердла, що небажано. Крім того, гідротанції серійних верстатів для обробки глибоких отворів обмежені потужністю, які спроможні розвивати для значного підвищення тиску, який зростає майже у четвертому ступені при певному збільшенні розходу МОТС.

У конструкції, яка пропонується (рис. 1), з метою підвищення стійкості РС на поверхні V-подібного стружковідвідного каналу, що безпосередньо межує з ріжучою частиною, розміщено вставку 9, торцева поверхня якої

виступає в осьовому напрямку відносно допоміжної задньої поверхні свердла. Вставку зроблено регульованою у осьовому напрямку, що дозволяє підвищити тиск МОТС у ЗО (порожнини ЗПС-ПР) за рахунок зменшення площі перерізу щілини, через яку МОТС з ЗО попадає у стружковідвідний канал. Це покращує умови змазування та охолодження конструктивних елементів робочої частини свердла, і як наслідок, зменшує їхнє зношування. Стійкість свердла для глибокого свердління з внутрішнім підводом МОТС визначається часом утворення фаски зносу по задній поверхні. Таким чином, підвищення тиску МОТС сприяє підвищенню стійкості свердла завдяки кращому проникненню МОТС під задні поверхні ріжучих лез, тобто у вузькі зазори між задніми поверхнями та поверхнею різання, які характеризуються високим гідравлічним опором. Підвищення тиску у порожнині ЗПС-ПР необхідне для подолання цього гідравлічного опору.

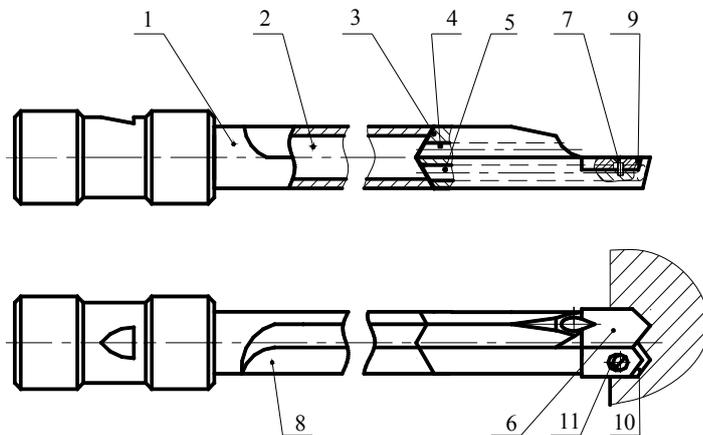


Рис. 1. Рушничне свердло.

направляючі елементи. Діаметрально протилежно ріжучому лезу пластина 6 розташований V-подібний стружковідвідний канал 8, на поверхні якого розміщено вставку 9, торцева поверхня 10 якої виступає у осьовому напрямку над допоміжною задньою поверхнею свердла. У вставці 9 зроблено паз 11, завдяки якому при відкручуванні гвинта 7 є можливість осьового переміщення вставки 9.

Під час роботи РС, МОТС від патрону, у якому встановлено свердло, подається до порожнини 2. Далі потік МОТС поділяється на два: один подається через канал 4 до передньої поверхні ріжучого леза свердла, а інший – подається до порожнини ЗПС-ПР. Тиск МОТС у цій порожнині визначається площею перерізу щілини між поверхнею різання та торцевою поверхнею 10 вставки 9. Змінюючи осьове положення вставки 9, можна регулювати площу перерізу щілини у широких межах, що приводить до відповідної зміни тиску МОТС у порожнині ЗПС-ПР. Як показали виконані дослідження, навіть невелике збільшення тиску у порожнині ЗПС-ПР (0,15-1,00 МПа) збільшує стійкість свердла у 2,5 і більше разів, в залежності від оброблюваного матеріалу. При цьому загальний тиск МОТС збільшується на ту ж величину, що відповідає 5-15% від загального тиску МОТС, і може бути забезпечений гідростанціями верстатів для глибокого свердління. Крім того, високі швидкості потоку МОТС, який виходить зі щілини, сприяють кращим умовам відведення стружки із ЗО по стружковідвідному каналу 8. А якщо урахувати, до вищевказаного, і, ще додаткову подачу МОТС по передній поверхні РС у зону "передня поверхня-стружка", то стає очевидним, що стійкість інструменту значно підвищиться. Наукові дослідження (лабораторні та виробничі), які були проведені при обробці сталей 12Х18Н9Т та 30ХГСН2А показали підвищення стійкості РС, розробленої конструкції у 4-6 разів.

Таким чином, застосування запропонованої конструкції РС для глибокого свердління забезпечує, порівняно з існуючими, такі переваги:

- 1) підвищення стійкості свердла у 4-6 разів;
- 2) більш ефективне використання енергії потоку МОТС;
- 3) кращі умови відведення стружки із ЗО.

УДК 621.95

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ГИДРОПРИВОДОВ СТАНКОВ

Тихенко В. Н., канд. техн. наук

(г. Одесса, Украина)

The questions of allocation of a hydrodrive from technical system are considered in view of those requirements, which should be executed for realization of control of the machine tool. The common structure of a volumetric hydrodrive from the point of view of processes of control can be presented as five subsystems, each of which supposes regulation of those or other parameters. Use of the system approach at designing allows to raise efficiency of a hydrodrive, and machine tool as a whole.

Современные гидроприводы станочного оборудования в общем случае являются совокупностью взаимосвязанных и взаимодействующих механических, гидравлических, электромеханических и электронных устройств [1]. Рассмотрим гидропривод как открытую систему, состоящую из некоторого количества подсистем, связан-

ных между собой непрерывностью процесса работы.

Главная практическая задача системотехники в данном случае состоит в том, чтобы, конструктор, обнаружив и описав сложность системы гидропривода, мог обосновать такие дополнительные физически реализуемые связи, которые бы, будучи наложены на существующую систему, сделали ее дополнительно управляемой в требуемых пределах, способствуя повышению эффективности гидропривода. Включенные в гидропривод новые связи должны усилить благоприятные и ослабить неблагоприятные тенденции поведения системы, сохранив и укрепив ее целенаправленность, но с ориентацией на интересы надсистемы (станка).

Общую структуру объемного гидравлического привода с точки зрения процессов управления можно представить в виде пяти подсистем: источник механической энергии, источник гидравлической энергии, управляющие устройства, гидромагистрали с рабочей жидкостью, гидродвигатель. Все подсистемы допускают регулирование тех или иных параметров, а выбор управления какой-либо из них зависит от конструктора.

Источником энергии в станочных приводах служит электрический двигатель, называемый приводящим. Традиционно используются нерегулируемые асинхронные двигатели, однако уже известны электрогидравлические приводы с регулированием частоты вращения приводящего электродвигателя.

Для преобразования механической энергии приводящего двигателя в энергию потока рабочей жидкости под давлением используются насосы в том числе с переменной рабочей подачей, т. е. регулируемые.

Для управления и регулирования гидроприводами в машиностроении широко используются дросселирующие (золотниковые или струйные) гидрораспределители, клапаны давления, регуляторы потока и дроссели. В последние годы получила развитие новая техника дистанционного управления распределителями, клапанами и регуляторами с помощью электромагнитов с пропорциональным управлением. По сравнению с электрогидравлическими дросселирующими распределителями, аппараты с пропорциональным управлением имеют невысокую стоимость, незначительно превышающую стоимость обычных элементов, и менее чувствительны к загрязнению рабочей жидкости. Однако пропорциональные распределители значительно уступают дросселирующим распределителям в достижимой точности позиционирования.

Рабочие жидкости являются одним из основных элементов гидравлических систем управления, поэтому от их свойств, таких как, плотность, упругость, вязкость и стабильность в заданном интервале температур и давлений во многом зависят свойства систем управления. В связи с этим при разработке и эксплуатации гидроприводов обычно стремились обеспечить стабилизацию свойств жидкости. Но в последнее время появились новые возможности для управления путем воздействия непосредственно на поток рабочей жидкости без использования подвижных механических устройств. Длительное время ведутся работы по созданию принципиально новых электрогидравлических преобразователей с использованием электрогидродинамических эффектов, возникающих при приложении к диэлектрической жидкости электростатического поля [2]. Преобразователи с непосредственной связью электрических и гидравлических процессов (часто их называют электрофлюидными преобразователями), только начинают свой путь в приводной технике. Они отличаются простотой конструкции преобразователя и высокой надежностью в работе. Компактность некоторых преобразователей позволяет встраивать их непосредственно в гидролинии. К сожалению, они пока еще не стандартизированы и серийно не выпускаются.

В этой связи можно указать, например, на принципиальную возможность использования магнитореологического эффекта в рабочей жидкости для управления ее вязкостью (а, следовательно, и расходом) с помощью электромагнитного поля. Преобразователем здесь может служить обычный электромагнит, изменяющий пропускную способность канала в зависимости от силы тока. Подвижные элементы в таком преобразователе отсутствуют, что является его несомненным преимуществом. Но возникают другие проблемы, пока еще полностью не решенные: повышенное изнашивание узлов гидросистемы, в первую очередь насоса, из-за наличия в магнитореологической жидкости мелкодисперсных металлических частиц, нестабильность свойств этой жидкости, инерционность мощного магнитного поля электромагнита и др.

В станочных гидроприводах традиционно использовались гидромоторы с нерегулируемым рабочим объемом, хотя конструкции, в которых можно изменять рабочий объем существуют давно. В последние годы на рынке гидрооборудования Украины предлагаются гидромоторы снабженные различными регулирующими устройствами, в частности, регулирования по давлению, обеспечивающими увеличение рабочего объема, соответственно, крутящего момента при повышении внешней нагрузки (давления) [3].

Из рассмотренных выше методов управления подсистемами гидропривода более всего исследованы управление источником гидравлической энергии (так называемое объемное регулирование) и при помощи управляющих устройств (так называемое дроссельное регулирование).

С точки зрения быстродействия наилучшие результаты достигаются при использовании струйных управляющих устройств, а также дросселирующих распределителей. Практическая реализация этих устройств обычно проще и дешевле, чем механизмов управления насосами. Однако КПД гидропривода с объемным регулированием значительно выше, чем при дроссельном или струйном регулировании.

Регулирование частоты вращения приводящего электродвигателя по динамическим характеристикам приближается к объемному регулированию, хотя необходимы дополнительные исследования. Преимуществом является то, что для управления не требуются электромеханические преобразователи. Недостаточно изучены вопросы практического использования устройств управления путем воздействия непосредственно на поток рабочей жидкости. Однако возможность избавиться от подвижных механических элементов и тем самым повысить надежность привода вызывает интерес у многих потребителей.

Применение принципов системного подхода при проектировании гидроприводов станочного оборудования позволяет с учетом современных требований всесторонне рассмотреть преимущества и недостатки вариантов управления той или иной подсистемой, учесть связи между подсистемами и с надсистемой (станком). Эти принципы использовались при анализе и синтезе гидроприводов с дополнительными обратными связями [4,5], что позволило повысить эффективность приводов станков (уменьшение зоны нечувствительности, увеличение точности слежения, снижение энергетических затрат и др.).

Литература

1. Попов Д.Н. Механика гидро- и пневмоприводов. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2001. — 320с.
2. Нагорный В.С., Денисов А.А. Устройства автоматики гидро- и пневмосистем. — М.: Высшая школа, — 1991. — 367 с.
3. Аврунин Г.А. Анализ современного технического уровня гидрообъемных передач//Мир техники и технологий. — 2003, №11. — С. 14-16.
4. Тихенко В.Н. Анализ и синтез гидравлических следящих приводов с обратными связями по нагрузке//Вестник Нац. техн. ун-та Украины. — К. НТТУ «КПИ», 2000, вып.38. — С. 79-83.
5. Тихенко В.Н. Использование дополнительных обратных связей для повышения эффективности гидравлических приводов//Труды Одес. политехн. у-та. — Одесса, 2000, вып 3 (12). — С. 20-24.

УДК 621.923

РАБОТОСПОСОБНОСТЬ КРУГОВ ПРИ АЛМАЗНО-ИСКРОВОМ ШЛИФОВАНИИ КОМПОЗИЦИИ “ТВЕРДЫЙ СПЛАВ Т15К6-СТАЛЬ 45”

Малыхин В.В., канд. техн. наук

(г. Курск, Россия)

In work results of optimization of conditions of diamond spark grinding of a firm alloy together with steel are resulted.

В технологическом процессе изготовления напайного твердосплавного инструмента, а также при его переточках в процессе эксплуатации пластина твердого сплава шлифуется совместно со стальным корпусом.

Отсутствие надежных технологических рекомендаций по выбору оптимальной характеристики алмазных кругов и соответствующих им режимов работы при шлифовании композиции “твердый сплав-сталь” снижает эффективность применения кругов из синтетических алмазов на металлической связке.

В связи с этим проведено исследование работоспособности алмазных кругов формы 12А2-45° с алмазами марки АС6 на металлической связке М1-01 при алмазно-искровом шлифовании по упругой схеме твердого сплава Т15К6 совместно со сталью 45.

Установленные особенности взаимодействия единичных алмазных зерен с твердым сплавом и композицией “твердый сплав-сталь”, а также установленные основные физические закономерности, позволяют выполнить оптимизацию работоспособности алмазных кругов при алмазно-искровом шлифовании. Для этого на основании результатов исследований, а также имеющихся в литературе сведений [1], приняты уровни факторов и интервалы их варьирования табл. 1. При этом учитывались и технологические возможности оборудования.

Таблица 1

Обозначение факторов, уровней и интервалов их варьирования

Факторы	Давление P , МПа	Скорость V , м/с	Зернистость z , мкм	Концентрация K , %
Условное обозначение факторов	x_1	x_2	x_3	x_4
Нулевой уровень (0)	0,7	30	120/100/80/	100
Верхний уровень (+)	1,0	40	200/160/125/	150
Нижний уровень (-)	0,4	20	40/50/40/	50
Интервал варьирования	0,3	10	80	50

Реализация плана, близкого к D - оптимальному (B_4), позволила получить математическую модель параметра оптимизации в виде следующих уравнений регрессии:

$$- \text{ для производительности } Q = 666 + 86,7 \cdot x_1 - 95,5 \cdot x_2 + 90 \cdot x_3 + 9,5 \cdot x_4 - 12,1 \cdot x_1 \cdot x_2 - 2,925 \cdot x_1 \cdot x_3 - 16,7 \cdot x_1 \cdot x_4 - 44,2 \cdot x_2 \cdot x_3 + 7,44 \cdot x_2 \cdot x_4 + 30,7 \cdot x_3 \cdot x_4 - 90,5 \cdot x_1^2 - 19,5 \cdot x_2^2 - 77,5 \cdot x_3^2 - 112,5 \cdot x_4^2 ; \quad (1)$$

$$- \text{ для относительного расхода алмазов } q = 2,74 - 0,468 \cdot x_1 - 0,449 \cdot x_2 - 0,165 \cdot x_3 + 1,07 \cdot x_4 - 0,119 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,031 \cdot x_1 \cdot x_3 - 0,342 \cdot x_1 \cdot x_4 + 0,175 \cdot x_2 \cdot x_3 - 0,133 \cdot x_2 \cdot x_4 + 0,022 \cdot x_3 \cdot x_4 - 0,65 \cdot x_1^2 - 0,432 \cdot x_2^2 + 0,957 \cdot x_3^2 + 0,065 \cdot x_4^2 ; \quad (2)$$

$$- \text{ для удельной себестоимости обработки } c = 7 - 2,143 \cdot x_1 + 0,371 \cdot x_2 - 1,427 \cdot x_3 + 0,115 \cdot x_4 + 0,327 \cdot x_1 \cdot x_3 - 0,094 \cdot x_1 \cdot x_4 + 0,408 \cdot x_2 \cdot x_3 + 0,116 \cdot x_2 \cdot x_4 - 0,332 \cdot x_3 \cdot x_4 - 0,062 \cdot x_1^2 - 0,714 \cdot x_1 \cdot x_2 + 2,988 \cdot x_3^2 +$$

$$+ 1,188 \cdot x_4^2 - 0,117 \cdot x_2^2. \quad (3)$$

Адекватность уравнений регрессии проверялась по F - критерию Фишера, статистические характеристики уравнений представлены в табл. 2.

Таблица 2

Статистические характеристики уравнений регрессии

Параметр оптимизации	Дисперсия адекватности $S_{ад}^2$	Дисперсия воспроизводимости $S^2\{y\}$	Значение F - критерия Фишера	
			расчетное	табличное
Q	17027	7700	2,2	2,3
q	0,763	1,113	0,685	2,3
c	3,2928	3,2988	0,998	2,3

Статистический контроль выборочных дисперсий по критерию Кохрена показал, что они однородны.

Гипотезу об адекватности моделей 2-го порядка можно считать справедливой, так как расчетные значения критерия Фишера $F_{расч} < F_{табл}$. Таким образом, найденные уравнения (1), (2) и (3) являются адекватными моделями исследуемого процесса алмазно-искрового шлифования (АИШ).

Наиболее обобщенным параметром оптимизации является удельная себестоимость обработки, определяемая уравнением регрессии (3). Зависимости (1) и (2) позволяют проанализировать процесс шлифования и объяснить физический смысл закономерностей, описанных уравнениями (1) и (2). Для определения оптимального значения критерия оптимизации c необходимо найти координаты центра поверхности отклика, описанной уравнением (3).

Расчеты показали, что центр найденной поверхности отклика лежит за пределами принятых интервалов варьирования. Поэтому одно из минимальных значений удельной себестоимости обработки, обеспечивающей наибольшую производительность, определялось методом перебора на ЭВМ и составила 5,02 коп/см³, при этом значения уровней факторов равны: $x_1=1$, $x_2=-1$, $x_3=0$, $x_4=0$ ($P=1,0$ МПа, $V=20$ м/с, $z=100/80$, $K=100\%$).

Анализ влияния режимов алмазно-искрового шлифования и характеристик кругов на работоспособность чашечных алмазных кругов наиболее удобно выполнять с помощью двумерных сечений поверхности отклика и однофакторных зависимостей [2, 3]. В качестве примера рассмотрим исследование поверхностей отклика, описываемых зависимостями $c = f(P, V)$ и $Q = f(P, V)$. В дальнейшем остальные поверхности отклика исследовались аналогично. Исследование поверхности отклика начиналось с преобразования уравнений (1) и (3) в каноническую форму и определения характеристик форм поверхности отклика при фиксированных значениях $x_3 = x_4 = 0$. Каноническая форма уравнений (1) и (3), полученная с помощью ЭВМ в плоскости x_1x_2 при $x_3=0$ и $x_4=0$ имеет вид:

$$c = 4,68 + 0,28 \cdot \tilde{x}_1^2 - 0,46 \cdot \tilde{x}_2^2, \quad (4)$$

$$Q = 821 - 91 \cdot \tilde{x}_1^2 - 19 \cdot \tilde{x}_2^2, \quad (5)$$

Анализ канонического уравнения (4) показывает, что поверхность отклика представляет собой гиперболический параболоид, т.к. знаки у коэффициентов при x_1 , x_2 - противоположные. Для поверхностей типа минимакса особая точка не является оптимальной. В сечениях поверхности отклика $c = f(P, V)$ плоскостями, параллельными координатным осям \tilde{x}_1 и \tilde{x}_2 , получаются гиперболы, а в центре поверхности отклика – минимум.

Анализ канонического уравнения (5) показывает, что поверхность отклика $Q = f(P, V)$ - эллиптический параболоид [3, 4], т.к. знаки у коэффициентов при \tilde{x}_1 и \tilde{x}_2 одинаковые. В сечении поверхности отклика плоскостями, параллельными координатным осям \tilde{x}_1 и \tilde{x}_2 , будет эллипс, а в центре поверхности отклика – максимум.

Углы поворота осей определялись по формуле: для $c - \alpha = 42^\circ 48'$, $Q - \alpha = 4^\circ 50'$.

Двухмерные сечения поверхности отклика $Q = f(P, V)$ и $c = f(P, V)$ позволяют выбирать различные сочетания режимов алмазно-искрового шлифования для получения заданной производительности, сбалансированной с удельной себестоимостью обработки. Например, производительность, равную 600 мм³/мин можно получить при скорости, равной 35,8 м/с и давлении $P = 0,58$ МПа. При этом соответственно получим удельную себестоимость обработки 7,25 коп/см³ и 8,09 коп/см³. Варьирование режимами шлифования дает возможность более рационально использовать технологические возможности оборудования с учетом получения заданной производительности при минимальной удельной себестоимости обработки.

Характер расположения линий равного отклика позволяет оценить влияние нормального давления и скорости резания на производительность и удельную себестоимость обработки. По мере повышения нормального давления увеличивается производительность, т.к. возрастает глубина внедрения алмазных зерен в обрабатываемый материал. Увеличение производительности приводит к снижению удельной себестоимости, поскольку темп съема материала опережает рост износа круга. Повышение скорости резания уменьшает производительность обработки и незначительно увеличивает удельную себестоимость обработки. Характер изменения производительности можно объяснить следующим образом. При обработке твердого сплава совместно со сталью стальная стружка, срезаемая алмазными зернами, приближается к сливной и интенсивно заполняет межзерен-

ное пространство в отличие от твердого сплава, при шлифовании которого образуется мелкоэлементная стружка, состоящая из отдельных слабо связанных карбидов. Увеличение скорости резания уменьшает время мгновенного контакта обрабатываемой поверхности и алмазного круга, что снижает интенсивность воздействия импульсных разрядов на режущую поверхность круга. В результате режущая поверхность круга плохо очищается от налипшей стали и производительность процесса уменьшается. Повышение скорости резания приводит к более интенсивному разрушению субмикрочастиц алмазных зерен и образованию на режущей части алмазных зерен площадок износа. Интенсивному разрушению субмикрочастиц способствует и высокая температура в зоне резания, а также адгезионные и диффузионные явления в зоне контакта одной из составляющих композиций – стали и алмазного круга. Уменьшение производительности алмазно-искрового шлифования с увеличением скорости резания приводит к повышению удельной себестоимости обработки.

Двухмерные сечения поверхности отклика $Q = f(z, K)$ и $c = f(z, K)$ позволяют выбирать различные сочетания характеристик алмазных кругов для получения заданной производительности с соответствующей ей удельной себестоимостью обработки. Характер расположения линии равного отклика а также однофакторные зависимости свидетельствуют о сложном влиянии зернистости и концентрации на работоспособность кругов при алмазно-искровом шлифовании твердого сплава совместно со стальной державкой. С увеличением зернистости производительность процесса возрастает. Относительный расход и удельная себестоимость при увеличении зернистости до 100/80 уменьшаются, а при дальнейшем возрастании зернистости до 160/125 повышаются, причем, удельная себестоимость обработки и относительный расход алмазов при малой зернистости 50/40 больше, чем при зернистости 160/125. По мере уменьшения зернистости уменьшается межэлектродный зазор, ухудшается прокачка охлаждающей жидкости и затрудняется удаление ею стружки из зоны резания, усиливаются электроэрозионные и электроконтактные явления. Увеличение температуры в зоне резания, в результате этого, а также за счет адгезии между сталью и алмазными зернами усиливает износ круга и снижает производительность процесса. С увеличением размера зерна растет сила, вызывающая его разрушение. Более крупные зерна имеют большую площадь контакта со связкой и лучше удерживаются. Изменение зернистости кругов выше 100/80 в условиях алмазно-искрового шлифования твердого сплава совместно со сталью приводит к тому, что рост толщины единичного среза, а, следовательно, и силы, приходящейся на каждое зерно, опережает увеличение размеров зерна. Поэтому зерна у крупнозернистых кругов изнашиваются в основном вследствие их сколов и дробления. Этим можно объяснить рост удельного расхода алмазов и удельной себестоимости обработки при работе кругами зернистостью 100/80.

Влияние концентрации на работоспособность алмазных кругов объясняется количественным фактором (числом зерен). Повышение концентрации увеличивает интенсивность воздействия алмазных зерен на обрабатываемую поверхность и уменьшает число импульсных разрядов в процессе шлифования. Уменьшение производительности при увеличении концентрации свыше 100% связано с тем, что в результате преобладающего влияния количественного фактора режущая способность круга менее интенсивно восстанавливается под воздействием импульсных разрядов. Характер влияния концентрации алмазов в круге на удельную себестоимость обработки такой же, как и зернистости круга, но концентрация алмазов в круге влияет на удельную себестоимость меньше, чем зернистость. Износ и относительный расход алмазов в круге с повышением концентрации увеличивается однозначно. Анализ работоспособности алмазных кругов в зависимости от концентрации показывает, что наиболее рационально использовать круги со 100% концентрацией алмазов в круге. Круги с высокой концентрацией алмазов целесообразно применять в случаях шлифования с большими нормальными нагрузками.

Исследование работоспособности кругов 12A2-45° с алмазами марки АС6 на связке М1-01 при алмазно-искровом шлифовании твердого сплава Т15К6 совместно со сталью 45 позволило установить следующие оптимальные условия обработки: $P = 1,0$ МПа, $V = 20$ м/с; $z = 120$ (100/80) мкм; $K = 100\%$.

Анализ влияния исследуемых факторов на работоспособность алмазных кругов позволил выявить некоторые особенности алмазно-искрового шлифования композиции “твердый сплав - сталь”. Это относится к зависимости $Q = f(V)$, имеющей монотонно-убывающий вид, и к зависимости $Q = f(z)$, $Q = f(K)$, имеющим экстремальный характер. Основной причиной таких зависимостей является неоднозначное влияние импульсного тока на режущую способность алмазных кругов при изменении V , z и K . В целом алмазно-искровое шлифование является эффективным способом обработки и обеспечивает высокую работоспособность алмазных кругов на металлической связке при обработке композиции “Т15К6-сталь45”.

Литература

1. Захаренко И.П., Савченко Ю.Я. Алмазно-электролитическая обработка инструмента. – К.: Наук. думка, 1978. – 224 с.
2. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 279 с.
3. Душинский В.В., Пуховский Е.С., Радченко С.Г. Оптимизация технологических процессов в машиностроении. – К.: Техніка, 1977. – 176 с.
4. Евдокимов Ю.А., Колеников В.И., Тетерин А.И. Планирование и анализ экспериментов при решении задач трения и износа. – М.: Наука, 1980. – 228 с.

УДК 621.923

УСТОЙЧИВОСТЬ МАГНИТНОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ ФОРМОБРАЗОВАНИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Морачковский О.К., докт. техн. наук, Новиков Ф.В., докт. техн. наук
(г. Харьков, Украина)

The problems of mathematical modeling of formatting processes of thin-wall electro conductive metals by magnetic fields and close with it of a problem of efficiency of effect by magnetic pressure for obtaining qualitative items are discussed. It is noted, that irreciprocal forming at the expense of resiliency of thin-wall metal are accompanied by small oscillations about stable equilibrium, the frequency which one depends on value of magnetic pressure, and pressure in these conditions variably in time, that can result in instability of formatting.

Рассматриваются вопросы математического моделирования процессов формообразования тонкостенных электропроводящих заготовок магнитными полями и связанные с этим проблемы эффективности воздействия магнитным давлением для получения качественных изделий. Показано, что необратимое формообразование за счет упругости тонкостенных заготовок сопровождаются малыми колебаниями около устойчивого равновесия, частота которых зависит от величины магнитного давления, а само давление в этих условиях переменено во времени, что может привести к неустойчивости процесса формообразования.

Постановка проблемы. Вопросам моделирования процессов формообразования тонкостенных электропроводящих заготовок магнитными полями посвящено большое число публикаций, например, [1-3]. В этих публикациях в основном обсуждаются проблемы создания технологических систем для обработки металлов магнитными полями. Вопросы пластического деформирования листовых заготовок и тонких оболочек при формообразовании достаточно изучены в большом количестве публикаций по теории пластичности и теории обработки металлов давлением, преимущественно в предположении квазистатического деформирования при известном распределении магнитного поля. Малочисленными остаются исследования по проблеме эффективности воздействия на заготовку магнитным давлением для получения качественных изделий. Основанием для таких исследований может послужить работа [4], в которой показано, что возмущенное деформируемым объектом магнитное поле приводит к появлению бегущей волны срединной поверхности тонкостенной заготовки с амплитудой и частотой, зависящих от магнитного давления.

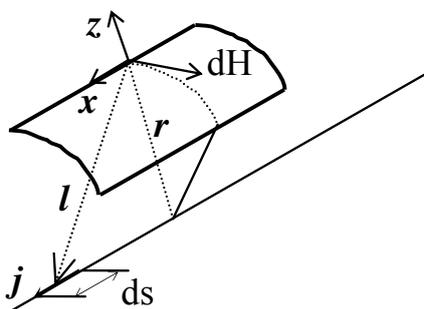


Рис. 1

Математическое моделирование. Сохраняя в основном обозначения работы [4], рассмотрим математическую постановку задачи о деформировании тонкостенной заготовки в магнитном поле.

Для описания магнитных полей с проводящим материалом воспользуемся частным представлением уравнений Максвелла.

$$\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}, \quad \vec{j} = \operatorname{rot} \vec{H}, \quad \operatorname{div} \vec{D} = \rho_e, \quad \operatorname{div} \vec{B} = 0, \quad \vec{j} = \sigma(\vec{E} + \vec{V} \times \vec{B}), \quad (1)$$

где \vec{E}, \vec{H} - векторы напряженности электрического и магнитного полей; $\vec{j}, \vec{D}, \vec{B}$ - векторы плотности тока, магнитной и электрической индукции; ρ_e, \vec{V}, σ - объемная плотность и скорость движения электрического заряда, проводимость тока.

Интегрированием (1), найдем для произвольной точки пространства, которое задано вектором положения \vec{l} , выражение для известного закона Био и Савара. Этим законом устанавливается связь между приращением вектора напряженности магнитного поля $d\vec{H}$ и приращением вектора $d\vec{s}$, лежащего на недеформируемой электропроводящей поверхности, направленным по линии тока с плотностью \vec{j} :

$$d\vec{H} = \frac{1}{4\pi} j \frac{d\vec{s} \times \vec{l}}{|\vec{l}|^3}, \quad |\vec{H}| = \frac{j}{2\pi r},$$

где r - кратчайшее расстояние от точки пространства до проводника.

Представим поверхность оболочки формообразованную основным магнитным давлением $\vec{p}_0 = -\frac{\mu_0 j^2}{8\pi^2 R^2} \vec{e}_r$ и возмущенным давлением, представляющим разность для изогнутого и основного состояний $\Delta \vec{p} = (2 \frac{w}{R} \vec{e}_r + ikw \vec{e}_x) p_0$, в виде:

$$w = W \exp[i(kx - \omega t)], \quad u = U \exp[i(kx - \omega t)], \quad (2)$$

где W, U, k, ω - амплитуды перемещений, волновое число и круговая частота, $\vec{n} = \vec{e}_r - ikw \vec{e}_x$ - вектор внешней нормали для формообразованной поверхности, записанный с точностью до малых величин высшего порядка.

Как известно краевая задача динамической теории упругости для тонкой оболочки тела, в рамках предположения о малости деформаций, формулируется следующим образом:

$$\frac{d^2u}{dx^2} + \frac{\nu}{R} \frac{dw}{dx} = -\frac{1-\nu^2}{Eh} p_x, \quad (3)$$

$$\frac{\nu}{R} \frac{du}{dx} + \frac{h^2}{12} \frac{d^4w}{dx^4} + \frac{w}{R^2} = -\frac{1-\nu^2}{Eh} \left(p_r - \frac{\gamma}{g} h \frac{d^2w}{dt^2} \right) \quad (4)$$

где u, w - осевая и нормальная к поверхности оболочки компоненты вектора перемещений; h, R - толщина радиус цилиндрической оболочки; γ/g - массовая плотность, E, ν - модуль упругости материала и коэффициент Пуассона материала оболочки; p_x, p_r - компоненты векторов сил, приведенных к исходной поверхности.

Для учета вязкопластического течения поверхности при необратимом формообразовании воспользуемся способом, позволяющим свести учет течения материала при формообразовании поверхности к дополнительным «фиктивным» силам, приведенным к поверхности. Воспользуемся законом пластического течения, ассоциированным с поверхностью Треска, тогда, с точностью до малых величин, можно записать, что дополнительное давление будет равным:

$$\bar{p}_v = \frac{1-\nu^2}{Eh} P_v \left(\frac{dw}{dt} \right)^m \bar{e}_r, \quad (5)$$

где P_v, m - амплитуда давления вязкопластического течения и материальная постоянная нелинейной диаграммы деформирования материала оболочки. Связь между эквивалентной скоростью деформации и эквивалентным напряжением аппроксимирована степенным законом, а эквивалентное напряжение принято отвечающим максимальным касательным напряжениям.

Подставляя выражения для давлений, с учетом (5), в систему уравнений (3)–(4), получим следующую систему нелинейных дифференциальных уравнений:

$$\frac{d^2u}{dx^2} + \frac{\nu}{R} \frac{dw}{dx} + \frac{1-\nu^2}{Eh} ikwp_0 = 0, \quad (6)$$

$$\frac{\nu}{R} \frac{du}{dx} + \frac{h^2}{12} \frac{d^4w}{dx^4} + \frac{w}{R^2} - 2 \frac{1-\nu^2}{Eh} \frac{w}{R} p_0 + \frac{1-\nu^2}{Eh} \bar{P}_v \left(\frac{dw}{dt} \right)^m + \frac{1-\nu^2}{E} \frac{\gamma}{g} h \frac{d^2w}{dt^2} = 0. \quad (7)$$

Для линейризованной системы уравнений, за счет не учета пластического течения, из системы (6)–(7) получим линейную систему упругого деформирования оболочки под действием магнитного давления, отвечающую рассмотренной в работе [4]. Эту линейризованную систему, после подстановки функции (2) и преобразований относительно амплитудных значений перемещений поверхности, найдем частоту колебаний поверхности в виде:

$$\omega^2 = \frac{g}{\gamma h} \left(\frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} k^4 + \frac{Eh}{R^2} \right) - \frac{2+\nu}{R\gamma h} g p_0.$$

В случае, если магнитное поле отсутствует, получаем частоту осесимметричных колебаний кольца, мысленно выделенного из оболочки:

$$\Omega^2 = \frac{g}{\gamma h} \left(\frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} k^4 + \frac{Eh}{R^2} \right).$$

Отсюда следует, что давление от возмущения магнитного поля при формообразовании поверхности снижает частоту колебаний и тем больше, чем выше интенсивность магнитного поля. С другой стороны, это движение изменяет магнитное давление в зависимости от знака прогиба, так что в сжатых областях при изгибе поверхности может наступить неустойчивость формообразования.

Критическое давление оказывается равным:

$$p_{0кр.} = \frac{\gamma h R g}{(2+\nu)\gamma h} \Omega^2.$$

Пример расчета. Далее рассмотрим пример, в котором представим результаты анализа процессов формообразования тонкостенной электропроводящей заготовки. Для примера рассмотрим стальную цилиндрическую заготовку с геометрическими и физико-механическими параметрами: $R=10h$; $L=100R$; $E=6.77 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$; $\nu=0.3$,

которая формообразуется магнитным давлением. Давление в основном состоянии - $\bar{p}_0 = -\frac{\mu_0 J^2}{8\pi^2 R^2} \bar{e}_r$ отвечает

раздаче заготовки на величину: $w_0 = 0,25h$. Возмущенное давление, $\Delta \bar{p} = \left(2 \frac{w}{R} \bar{e}_r + ikw \bar{e}_x \right) p_0$, создается за счет движения стенки заготовки при изгибе, и изменяется со временем в зависимости от приобретаемой оболочкой формы. Так, осесимметричной форме оболочки отвечает $k=1$, а если $k=2\pi/\lambda$ - вдоль осевой координаты образуются волны, длина которых λ . В равенстве (5) для «фиктивного» давления, вызванного пластическим течением, примем: $\bar{P}_v = 10^{-6}$, $m=4$.

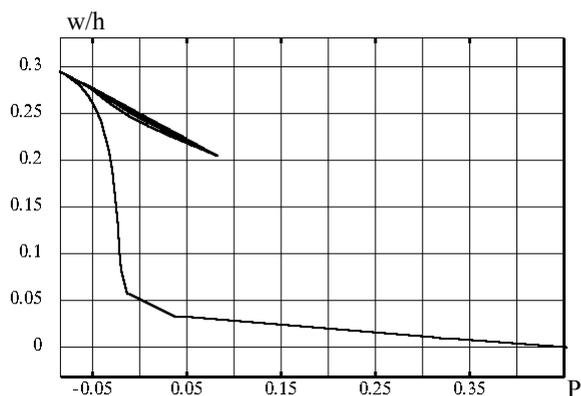


Рис. 2. Изменение максимальных значений амплитуды радиального перемещения оболочки в зависимости от магнитного давления.

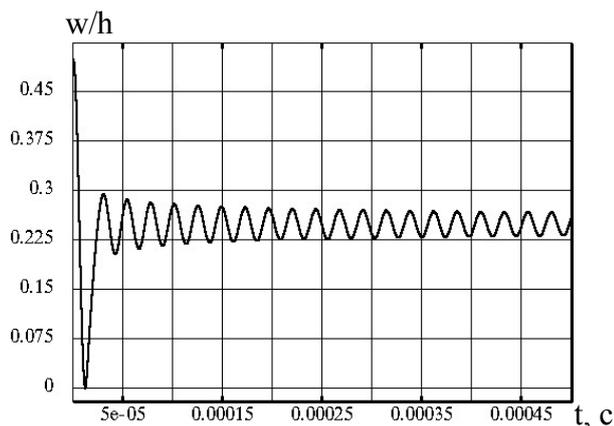


Рис. 3. Изменение максимальных значений амплитуды радиальных перемещений в зависимости от времени

Результаты расчетов при $k = 1$ представлены на рис. 2 - в виде закона для изменения максимальных значений амплитуды радиального перемещения оболочки в зависимости от магнитного давления, и на рис. 3 - в виде формообразования поверхности со временем, которое происходит при затухании. Представленное решение отвечает эффективному воздействию магнитным давлением для получения качественного изделия. Как следует из расчетных данных, необратимое формообразование за счет упругости тонкостенной заготовки сопровождаются малыми колебаниями около устойчивого равновесия, частота которых зависит от величины магнитного давления, а само давление в этих условиях переменное во времени.

Расчеты получены путем интегрирования полученных выше уравнений (6), (7), моделирующих движение поверхности при формообразовании с учетом вязкопластического ее течения.

Выводы. Показано, что необратимое формообразование за счет упругости тонкостенных заготовок сопровождаются малыми колебаниями около устойчивого равновесия, частота которых зависит от величины магнитного давления, а само давление в этих условиях переменное во времени, что может привести к неустойчивости процесса формообразования.

Литература

1. Батыгин Ю.В., Лавинский В.И., Хименко Л.Т. Импульсные магнитные поля для прогрессивных технологий - X: МОСТ-Торнадо, 2003. - 288 с.
2. Лавинский В.И. Выбор параметров магнитно-импульсной штамповки тонких листовых материалов // Кузнечно-штамповое производство. - 2000, №8. - С. 18-21с.
3. Белый И.В., Фертик С.М., Хименко Л.Т. Справочник по магнитно-импульсной обработке металлов. - Харьков: Вища школа, 1970.- 190 с.
4. Вольмир А.С. Задачи магнитоупругости в теории оболочек // Сб. Расчеты на прочность, вып.16. - М.: Машиностроение, 1975. - С. 261-279.

УДК 621.7.044

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА СОУДАРЕНИЯ ТВЕРДЫХ ТЕЛ ПРИ ИМПУЛЬСНОЙ КЛЕПКЕ

Чистяк В.Г., канд. техн. наук
(г. Харьков, Украина)

The assumptions are represented, the method and settlement circuit of a research of process of impact of a pressing and support through deformable by them for want of impulse method of formation of junction is ustified. Are obtained of theoretical dependence of process.

Как установлено исследованиями /1/, на качество заклепочных соединений, выполненных импульсным способом, определяющее влияние оказывают особенности механизма образования соединения (кинематика процесса). В этой связи представляет интерес установление общих зависимостей, отражающих перемещения элементов ударной системы, протекающие во времени.

Процесс импульсной клепки в общем случае представляет соударение трех тел: бойка, обжимки и поддержки /1/. Будем считать соударяющиеся тела жесткими стержнями, а деформируемую заклепку – податливым элементом, лишенным массы. Так как площадь поперечного сечения стержня заклепки значительно меньше площади поперечных сечений деформирующих ее тел, а прочностные свойства материала последних существенно выше, то предположение об абсолютной жесткости соударяющихся тел можно считать справедливым. Пренебрежение массой заклепки также можно считать вполне допустимым, так как она неизмеримо меньше масс об-

жимки и поддержки.

Предположим, что к моменту достижения плотного контакта заклепки с обжимкой и поддержкой произойдет полная передача энергии бойка обжимке, которые из соображений максимума КПД передачи энергии выполняются из условия равенства их масс. Приведенное предположение, подтверждаемое экспериментально [2], позволяет считать, что процесс клепки осуществляется обжимкой самостоятельно без влияния бойка.

Пренебрегаем влиянием в процессе удара внешних сил воздействия давления и веса энергоносителя, сил трения и других сил. На первом этапе не учитываем также влияние на процесс клепки жесткости пакета соединяемых деталей.

Предположим, что при клепке имеет место центральный удар обжимки и поддержки, то есть линия действия векторов их сил совпадает с осью стержня заклепки, и проходит через центры масс указанных тел.

Обычно полагают, что для практических задач волновыми явлениями, сопровождающими ударные процессы и существенно усложняющими их математическое описание, можно пренебречь, если соблюдается критерий применимости методов классической теории удара [3–5]

$$\frac{t_0}{T} > 3 \tag{1}$$

Ориентировочно оценивая длительность клепки $t_0 \approx 20 \cdot 10^{-5} \text{ с}$ (по средним значениям величин осадки и скорости деформирования), определив наибольший период собственных колебаний T соударяющихся тел, исходя из отношения фактической длины поддержки l_n и скорости распространения волн α (для инструментальных сталей $\alpha = 5,1 \cdot 10^3 \text{ м/с}$)

$$T = 2l_n / \alpha \approx 3,9 \cdot 10^{-5} \text{ с}, \tag{2}$$

находим

$$\frac{t_0}{T} = \frac{20 \cdot 10^{-5} \text{ с}}{3,9 \cdot 10^{-5} \text{ с}} > 3. \tag{3}$$

Это дает возможность при исследованиях представить процесс импульсной клепки упрощенной расчетной схемой классической механики соударения двух жестких тел (рис.) с учетом силовых зависимостей деформируемого ними промежуточного элемента (заклепки).

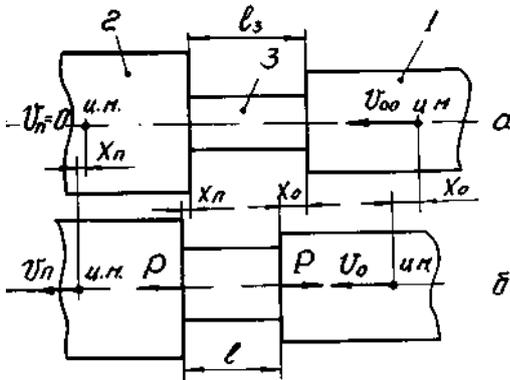


Рис. Расчетная схема импульсной клепки.

На рис.,а показан момент, соответствующий приобретению обжимкой требуемой начальной скорости V_{00} после соударения ее с бойком и наличия плотного контакта обжимки 1 и поддержки 2 с заклепкой 3. Считаем, что к этому моменту поддержка сохраняет состояние покоя, а заклепка – исходную длину l_3 . Соударяющиеся обжимка и поддержка имеют массы m_0 и m_n , соответственно. Допущение о нежимаемости обжимки и поддержки дает основание считать перемещение их рабочих поверхностей X_0 и X_n равными перемещениям центров масс.

Обозначив текущую длину заклепки во время ее деформирования l , согласно рис.,б запишем

$$l_3 = X_0 + l - X_n, \tag{4}$$

откуда деформация заклепки

$$\alpha = l_3 - l = X_0 - X_n. \tag{5}$$

Вследствие инерционного сопротивления поддержки массой m_n на поверхностях контакта заклепки 3 с обжимкой 1 и поддержкой 2 возникает сила ударного взаимодействия P , деформирующая заклепку и зависящая от величины ее деформации

$$P = f(\alpha). \tag{6}$$

Приняв за положительное направление скорости обжимки V_{00} , запишем дифференциальные уравнения движения соударяющихся тел

$$\begin{aligned} m_0 \frac{d^2 x_0}{dt^2} &= -P = -f(\alpha) \\ m_n \frac{d^2 x_n}{dt^2} &= P = f(\alpha). \end{aligned} \tag{7}$$

Интегрируя выражения (7) при принятых начальных условиях $t=0, V_0=0, V_n=0$, получим

$$m_0 \int_{V_{00}}^{V_0} dV_0 = - \int_0^t P dt, m_0(V_0 - V_{00}) = - \int_0^t P dt,$$

$$m_n \int_0^{V_n} dV_n = \int_0^t P dt, m_n V_n = \int_0^t P dt, \quad (8)$$

где V_o и V_n – текущие скорости обжимки и поддержки.

Приравнивая левые части (8), запишем аналитическое выражение закона сохранения количества движения для ударной системы

$$m_o V_{o0} = m_o V_o + m_n V_n. \quad (9)$$

Из этого выражения

$$V_o = \frac{dX_o}{dt} = V_{o0} - \frac{m_n}{m_o} * \frac{dX_n}{dt}. \quad (10)$$

Дифференцируем выражение (5) по времени

$$\frac{d\alpha}{dt} = \frac{dX_o}{dt} - \frac{dX_n}{dt}, \quad (11)$$

откуда

$$\frac{dX_n}{dt} = \frac{dX_o}{dt} - \frac{d\alpha}{dt}, \quad (12)$$

а с учетом значения dX_o/dt по (10)

$$\frac{dX_n}{dt} = V_{o0} - \frac{m_n}{m_o} * \frac{dX_n}{dt} - \frac{d\alpha}{dt} = \frac{m_o}{m_o + m_n} \left(V_{o0} - \frac{d\alpha}{dt} \right) \quad (13)$$

Дифференцируем выражение (13) по времени

$$\frac{d^2 X_n}{dt^2} = - \frac{m_o}{m_o + m_n} \frac{d^2 \alpha}{dt^2}, \quad (14)$$

подставляем его в (7)

$$m_n \frac{d^2 X_n}{dt^2} = - \frac{m_o}{m_o + m_n} \frac{d^2 \alpha}{dt^2} = f(\alpha) \quad (15)$$

Запишем (15) в виде обычного дифференциального уравнения

$$\frac{d^2 \alpha}{dt^2} + \frac{m_o + m_n}{m_o * m_n} f(\alpha) = 0, \quad (16)$$

или

$$\alpha'' + \frac{m_o + m_n}{m_o * m_n} f(\alpha) = 0. \quad (17)$$

После преобразования получим

$$d[(\alpha')^2] = -2 \frac{m_o + m_n}{m_o * m_n} f(\alpha) d\alpha. \quad (18)$$

При $t=0$

$$\frac{dX_o}{dt} = V_{o0}, \quad \frac{dX_n}{dt} = 0,$$

$$\alpha' = \frac{d\alpha}{dt} = V_{o0} - 0, \text{ тогда } (\alpha')^2 = V_{o0}^2$$

Интегрируя (18), находим

$$\int_{V_{o0}}^{(\alpha')^2} d[(\alpha')^2] = -2 \frac{m_o + m_n}{m_o * m_n} \int_0^\alpha f(\alpha) d\alpha,$$

$$(\alpha')^2 - V_{o0}^2 = -2 \frac{m_o + m_n}{m_o * m_n} \int_0^\alpha f(\alpha) d\alpha,$$

$$\alpha' = \frac{d\alpha}{dt} = \sqrt{V_{o0}^2 - 2 \frac{m_o + m_n}{m_o * m_n} \int_0^\alpha f(\alpha) d\alpha}. \quad (19)$$

Разделяя переменные и интегрируя, получим

$$t = \int_0^\alpha \left(V_{o0}^2 - 2 \frac{m_o + m_n}{m_o * m_n} \int_0^\alpha f(\alpha) d\alpha \right)^{-\frac{1}{2}} d\alpha. \quad (20)$$

Заметим, что полной осадке соответствует условие экстремума $d\alpha/dt=0$, то есть

$$\frac{d\alpha}{dt} = \left(V_{00}^2 - 2 \frac{m_0 + m_n}{m_0 * m_n} \int_0^{\alpha_m} f(\alpha) d\alpha \right)^{-\frac{1}{2}} = 0, \quad (21)$$

откуда

$$\int_0^{\alpha_m} f(\alpha) d\alpha = \frac{m_n}{m_0 + m_n} * \frac{m_0 * V_{00}^2}{2} = A_d, \quad (22)$$

где A_d – энергия деформирования заклепки.

Исходя из этого, запишем выражение (20) зависимости осадки α по времени t в общем виде

$$t = \frac{1}{V_{00}} \int_0^{\alpha} \left(1 - \frac{1}{A_d} \int_0^{\alpha} f(\alpha) d\alpha \right)^{-\frac{1}{2}} d\alpha. \quad (23)$$

Введя безразмерный параметр – относительную посадку – $z = \alpha/\alpha_m$, и подставив в качестве верхнего предела интегрирования $z=1$, получим выражение для определения полного времени процесса клепки

$$t_d = \frac{\alpha_m}{V_{00}} * \int_0^1 \left(1 - \frac{1}{A_d} \int_0^{\alpha} f(\alpha) d\alpha \right)^{-\frac{1}{2}} dz. \quad (24)$$

Таким образом, полученная зависимость (23) дает возможность, используя выражения (12) и (13) и учитывая конкретный характер силового взаимодействия (6) найти перемещения деформирующих элементов ударной системы поддержки и обжимки в любой момент процесса клепки.

Литература

1. Чистяк В.Г. Процесс образования соединений заклепками с компенсаторами при импульсной клепке. Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства, вип. 10. "Підвищення надійності відновлюємих деталей машин. Фізичні та комп'ютерні технології", Харків, 2002, С.150-153.
2. Лепетюха В.С., Чистяк В.Г., Федосенко И.Г. Изучение процесса импульсной клепки с помощью сверхскоростной фоторегистрирующей установки СФР // Высокая скорость обработки материалов давлением. – Харьков: ХАИ, 1982 – вып.8 – С. 46-51.
3. Вернер Гольдсмит. Удар. Теория и физические свойства соударяемых тел. М., Стройиздат, 1965. - 448 с.
4. Пановко Я.Г. Введение в теорию механического удара. М., Наука, 1977. - 224 с.
5. Кильчевский Н.А. Теория соударений твердых тел. Киев, Наукова думка, 1969. - 246 с.

УДК 515.2:518

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІДРОБКИ МЕТОДАМИ СВОБОДНОГО ОБКАТУ

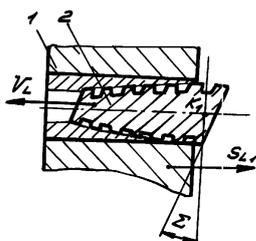
Умінський С.М., канд. техн. наук

(г. Одеса, Україна)

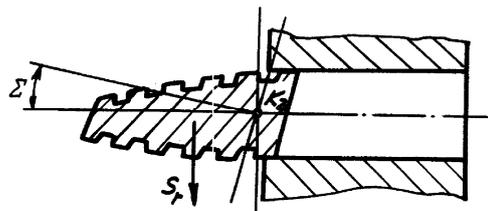
For increase of productivity of furnish of cogwheels by methods free rolling and increases of durability of the tool due to bilateral use of cutting edges gearing sheving, increases of an allowance, cutting for each pass, the way at which the centre of crossing of axes sheving and preparations in a starting position establish for tool preparations and at an end face of a tooth sheving is developed.

Зубчасті передачі являються одними з найбільш поширених з кількості механічних передач, вони дозволяють здійснювати передачу крутного руху при всіх можливих видах відносного розташування вісей. В теперішній час за допомогою зубчастих передач передаються значні навантаження до 7000 н/см, окружні швидкості при цьому досягають 200м/с, потужності 100кВт. У зв'язку з цим зростають потреби до якості й надійності зубчастих передач зниженню металоємкості, габаритних розмірів, вартості виробів. /1/ Якісні показники деталей закладаються ще при їх конструюванні і потім формуються на протязі всього технологічного процесу виготовлення. Тому технологічні методи мають велике значення в забезпеченні точності розмірів, форми та відносного розташування поверхонь, їх шорсткості та стану поверхнього шару. Аналіз технологічних процесів механічної обробки зубчастих коліс в серійному й масовому виробництві показав, що при виготовленні зубчастих коліс в відчизняному й закордонному машинобудуванні однією з основних операцій являється операція зубошевінгування. Технічними обмеженнями, визначаючими можливість її користування являються: набір застосовуючих на виробництві прогресивних методів обробки поверхонь і їх характеристики, а також різноманітні схеми посилення зубчастих коліс./2/ Одним із основних засобів підвищення ефективності відробки зубчастих коліс мето-

дами шевінгування й хонінгування залишається підвищення продуктивності обробки, раціональне використання інструмента. При використанні розповсюджених методів шевінгування, коли обробляємо колесо виконує зворотньо – поступальний рух паралельно своєї вісі, ріжучі зубці шевера завантажено неорівно (в обробці приймає участь половина ріжучих зубців) /3/. Так, при використанні породільного способу шевінгування в обробці приймають участь тільки половина ріжучих кромки зубців шевера. Торцеві ріжучі кромки виключені з роботи. Це призводить к нераціональному зносу ріжучих кромки зубців шевера /3/. Для підвищення продуктивності відробки зубчастих коліс методами вільного обкату й підвищення довгострокової служби інструмента за рахунок двустороннього використання ріжучих кромки зубців шевера, підвищення припуску, вилучаємого за кожний прохід розроблен спосіб багатопрохідного шевінгування. При обробці таким способом, шевер 2 і заготовку 1 встановлюють таким чином, щоб центр схрещування вісей шевера й заготовки в початковому стані знаходився за торцем заготовки й у торця зуба шевера (мал.1.)



Мал..1.Перетин зубів шевера та заготовки на початку обробки.

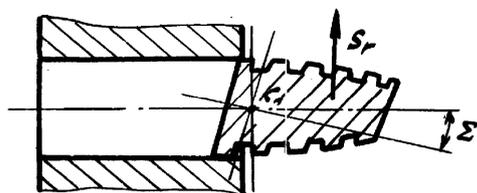


Мал..2.Перетин зубів шевера та заготовки в кінці першого проходу.

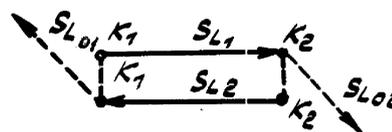
Потім заготовлі повідомляють подачу вздовж її вісі до виходу центра схрещування за протилічний торець заготовки. Для здійснення повторного проходу, шеверу повідомляють переміщення вздовж його вісі на величину:

$$S_0 = b_0 - (2-6) \text{ мм.} \quad (1)$$

Обмеження робочої ширини зубчастого венця шевера на величину 2 – 6 мм необхідно для забезпечення зачеплення інструмента із заготовлею. З підвищенням куту схрещування вісей Σ потрібно приймати менші значення величини S_0 . Після зміщення центра схрещування вісей к протиліжному торцю шевера, інструменту повідомляють радіальну подачу на вірзання, і цикл відробки повторюється (мал.2,3,4). В цьому випадку в роботі будуть приймати участь всі ріжучі кромки зубців шевера, чим досягається їх рівномірне зношування



Мал..3 Перетин зубів шевера та заготовки в кінці другого проходу.



Мал..4.Циклограма обробки.

Крім цього підвищується число ріжучих кромки, які приймають участь в роботі, що дозволить здійснювати відробку з меншою шириною зубчастого венця інструмента /4/. Цим досягається економія інструментального матеріалу і підвищення довгостроковості інструмента. Крім цього підвищення числа ріжучих кромки, одночасно приймаючих участь в роботі, дозволяє підвищувати припуск, вилучений за кожний прохід, що дозволяє підвищувати продуктивність обробки /5,6/. Для здійснення такого способу використовується станок, в якому інструмент встановлюють в шпінделі інструментальної бабки, а заготовлі в шпинделях затискуючих пристроїв передньої й задньої бабки столу, оснащеною механізмом радіальної подачі столу станка. Для здійснення можливості вісьового переміщення шпінделя встановлюють гідро-циліндр, оснащений упором, за допомогою якого здійснюється регулювання вісьового переміщення шпінделя.

Література

1. Сухоруков Ю.Н. Модификация эвольвентных цилиндрических зубчатых колес: Справочник. – К.: Техника. 1992. - 197с.
2. Пономарев В.П.и др. Конструкторско-технологическое обеспечение качества деталей машин. – М. Машиностроение, - 1984. – 184с.
3. Романов В.Ф. Расчеты зуборезных инструментов. – М.: Машиностроение, 1969 – 145с.
4. Козлов Д.Н. Шевинговальщик. – М.: Профтехиздат, 1962. – 168с.
5. Адам Я.И. Исследование процесса шевингования зубчатых колес средних модулей. \ Труды ЦНИИТМАШ, 1963. №37. с.30-42.

УДК 515.2:518.62

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВЕРСТАТНОГО ЗАЧЕПЛЕННЯ ПРИ ОБРОБЦІ МЕТОДАМИ ПОВЗДОВЖНЬОГО ШЕВІНГУВАННЯ.

Умінський С.М., канд. техн. наук, Якімов О.О., канд. техн. наук
(м. Одеса, Україна)

On the basis of the analysis machine-tool gearings at a longitudinal method sheaving, it is established that cutting tools sheaving delete an allowance of various size. Improvement of quality of a surface and stability of the tool at longitudinal sheaving can be reached by uniform distribution of an allowance between toots. The design procedure sheaving is developed, allowing to realize these requirements.

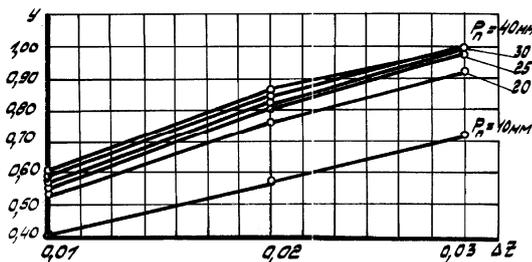
Циліндричні евольвентні зубчасті передачі з лінійним контактом можуть бути складені із прямозубих, косо-зубих і шевронних коліс. Робочі поверхні зубів повинні забезпечувати постійність кутової швидкості обертання відомого зубчатого колеса при постійній кутовій швидкості відомого зубчатого колеса. Найбільше розповсюдження в машинобудуванні отримали передачі з зубами, робочі поверхні яких окреслені по евольвенті. Передаючи, які складаються із таких коліс, зберігають постійність кутових швидкостей, їх виготовлення високотехнологічне./1/. Експлуатаційні показники зубчастих коліс в значній мірі залежить від технологічних способів їх кінцевої обробки. На цих операціях формується кінцева точність по всім параметрам, величина шорсткості поверхні, ступінь наклепу і інші показники якості. Найбільше розповсюдження в умовах серійного і масового виробництва знайшла технологія виготовлення циліндричних зубчастих коліс з використанням операцій шевінгування. Для визначення впливу різних конструктивних параметрів інструменту на продуктивність і якість обробки розглянемо зачеплення гвинтової пари. За початок прийнята крапка дотику лінії зачеплення з основним циліндром шевера, а вісь абсцис – головна нормаль l_n . Як відмічено в роботі /2/ положення крапки Р (полюса зачеплення) визначається радіусом кривизни в крапці профіля зуба колеса. Так як величина видаляемого припуску при шевінгуванні являє собою малу величину (0,01 – 0,02) мм, то профілі зубів колеса і шевер в крапці контакту можна розглядати у вигляді дуг окружностей. Величина плями контакту шевера і заготовлі із зменшенням кута схрещування вісей і кута зачеплення зростає (мал.1,2). При збільшенні довжини загальної лінії зачеплення g і величини видаляемого припуску z довжина плями контакту збільшується /3/. Аналітичні дослідження впливу параметрів верстатного зачеплення дозволили дещо спростити розрахункові залежності для визначення довжини плями контакту і загальної довжини лінії зачеплення без істотного зниження точності розрахунків:

$$l_k = \frac{\sqrt{2gz}}{\operatorname{tg} \alpha_n (\operatorname{tg} \beta_1 - \operatorname{tg} \beta_0)}, \quad (1)$$

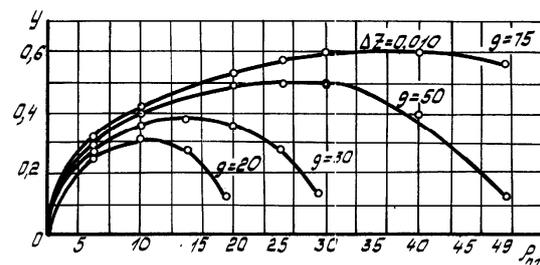
де β_1 – кут нахилу лінії зубу колеса, град.; β_0 – кут нахилу зубу шевера, град.; Z – величина видаляемого припуску, мм.; g – довжина лінії зачеплення, мм.; α_n – кут зачеплення, град.

$$g = \frac{\sqrt{d_{w1}^2 - d_{b1}^2}}{2 \cos \alpha_n \sin \beta_1} + \frac{\sqrt{d_{w0}^2 - d_{b0}^2}}{2 \cos \alpha_n \sin \beta_0} \quad (2)$$

де d_{w1} і d_{w0} – діаметри початкових циліндрів заготовлі і інструмента, мм.; d_{b1} і d_{b0} – діаметри основних циліндрів заготовлі і інструмента, мм.



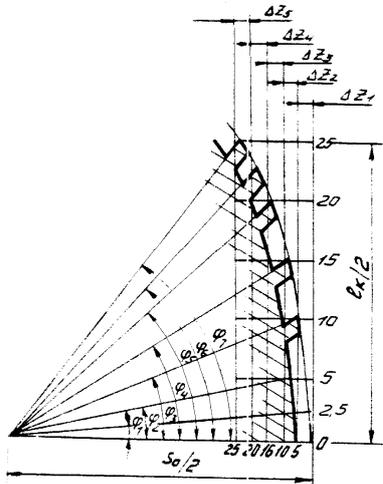
Мал.1 Залежність ширини плями контакту від величини видаляемого припуску.



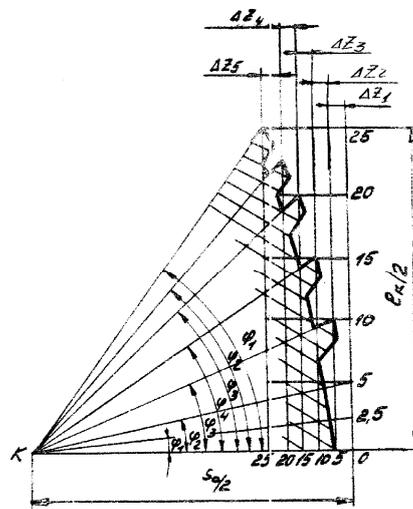
Мал.2. Залежність ширини плями контакту від радіусу кривизни обробляемого колеса.

Збільшення довжини плями контакту сприяє покращенню точності напрямку зубів при шевінгуванні, і надає негативний вплив при втіленні ріжучих кромок шевера в обробляемому поверхню зубів колеса внаслідок виникаючого росту зусиль різання і як наслідок зміни розрахункового кута схрещування вісей шевера і колеса /4/. Аналітичні дослідження зусиль при шевінгуванні показали, що нормальні складові зусиль різання, які викликають деформацію вісей обробляемого колеса і шевера пропорційні площі плями контакту. Величина припуску, видаляемою кожною ріжучою кромкою шевера в різних крапках від центра схрещування при паралельному методі шевінгування являє собою величину змінну, що призводить до неоднакових навантажень на кожную ріжучу кромку. Крім цього, внаслідок деформації вісей заготовлі і інструменту, зміні обертання в початковий період нового ходу столу ріжучі кромки шевера перевантажуються і викривляються. Зношення в направляючих столу станка, механізми подачі, виникаюче зміння зусиль в зачепленні внаслідок наявності інерційних має також

викликає переваження ріжучих кромки інструменту в момент зміни напрямлення обертання. Перераховані негативні моменти істотно впливають на стійкість шевера, продуктивність і якість обробки. Усунення цих недоліків можна добитись при виконанні шагу між ріжучими зубцями інструменту змінним. (мал.3,4). Це дозволяє зменшити величину питомих сил різання, які при видаленні малих припусків досягають значних величин /5/. Для виявлення впливу передніх і задніх кутів на обробку, розглянемо зачеплення зубів шевера і шестерні. Для випадку коли стружечні канавки на зубах шевера розташовані в площинах, перпендикулярних його вісі, виникають в процесі контакту передні кути і кути різання на різноіменних профілях зубів мають різну величину. В випадку, коли стружечні канавки розташовані нормально до гвантової лінії зубів шевера, на характер змінення передніх кінематичних кутів ріжучих кромки зуба шевера істотний вплив оказує зміна вектора швидкості різання, напрямлення ріжучих кромки на зубі шевера і профіль стружечних канавок. Для випадку коли ріжуча кромка виконана перпендикулярно до напрямлення зуба шевера на розподільному циліндрі та стружкова канавка має прямокутний перетин, передні статичні та кінематичні кути не змінюються по довжині ріжучої кромки. При виконанні ріжучої кромки на евольвентній поверхні зуба шевера перпендикулярно до його вісі, а бокової поверхні стружкової канавки паралельно площині торцевого перерізу, передній статичний кут буде дорівнювати куту нахилу зуба шевера на основному циліндрі та залишається постійним по всій довжині /6/. Дослідження зміни задніх кінематичних кутів вздовж пятна контакту показали наявність зменшення величини та знаку задніх кутів ріжучих кромки в напрямленні більшої вісі пятна контакту. В граничних місцях пятна контакту ріжучі кромки мають найбільші задні кінематичні кути. В межах контактної зони задні кінематичні кути змінюються від позитивних та негативних значень./6/



Мал.3. Значення припуску видалюваного в різних плямах від центра сходування вісей шевера і заготовлі.



Мал.4.Перетин зуба шевера із змінним кроком між ріжучими зубцями.

Наявність задніх кінематичних кутів оказує негативну дію на продуктивність та якість обробки. Підвищити продуктивність обробки за рахунок більш вільного втілення ріжучих кромки шевера в бокову поверхню зуба оброблюваного колеса, якість обробки за рахунок знехтування тертя ріжучих зубців по задній поверхні можна при виконанні центрального ріжучого зубця прямокутної форми, а останніх в вигляді нерівнобічної трапеції (з протилежним напрямленням відносно центрального зуба). В цьому випадку профілі ріжучих зубців являються рівно міцними / 7/. Відстань ріжучих кромки зубців шевера, відносно ріжучої кромки центрального зубця розраховують за наступною залежністю:

$$l_i = \frac{\sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta Z \cdot i}}{\operatorname{tg} \alpha_n (\operatorname{tg} \beta_1 - \operatorname{tg} \beta_0)}, \quad (3)$$

де l_i – відстань між ріжучими кромками центрального зубця та ріжучою кромкою i – го зубця, виміряного вздовж вісі зуба інструмента, мм.; g – довжина лінії зачеплення, мм. ΔZ – величина видалюваного припуску ріжучої кромки, мм. i – порядковий номер зубця. α_n – кут профілю зуба в нормальному перетину, град.; β_1 – кут нахилу лінії зуба заготовлі, град.; β_0 – кут нахилу лінії зуба шевера, град.

Враховуючи, що при малих зусиллях переважаючий вплив на процес шевінгування оказує задня поверхня ріжучого зуба, а при більших – ріжуча кромка, запропонована методика розрахунку геометричних параметрів дозволяє підвищити продуктивність та якість обробки. На основі аналізу верстатного зачеплення при повздовжньому методі шевінгування встановлено, що ріжучі зубці шевера віддаляють припуск різної величини. Підвищення якості поверхні та стійкості інструменту при повздовжньому шевінгуванні можна досягти шляхом рівномірного розподілу припуску між ріжучими зубцями.

Література

1. Сухоруков Ю.Н. Модификация эвольвентных цилиндрических зубчатых колес: Справочник. – К.: Техника. 1992 – 197с.

2. Бакингом Э. Цилиндрические зубчатые колеса. М.:ОНТИ, Глав. ред. лит – ры по машиностроению и металлообработке. 1935 – 378с.
3. Клепиков В.Д. Швинг – процесс. – М.: Машгизд. 1946. – 148с.
4. Сухоруков Ю.Н., Евстигнеев Е.И., Гринблат В.Л. Швингование при параллельных осях.//Передовой научно – технический опыт. №6-63-285/34. – М., 1983. – с.18-22.
5. Бабак В.Ф. Усилия резания при швинговании.//Труды ФПИ.-Фрунзе,1974 Вып.83. – с.87-93.
6. Бабак В.Ф. Элементы срезаемого слоя при швинговании//Труды ФПИ. Фрунзе 1973. Вып.61,-с 88-100.
7. С.М.Уминский, С.С.Подгорный, Л.В.Бовнегра. Исследование влияния параметров станочного зацепления на точность отделки при про-дольном швинговании. Труды Украинской академии экономической кибернетики. (Южный научный центр). Выпуск 2.Киев – Оде-сса 1999 стр. 34-38.

УДК 515.2:518

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ВЕРСТАТНОГО ЗАЧЕПЛЕННЯ НА ПОКАЗНИКИ ТОЧНОСТІ ПРИ ОБРОБЦІ МЕТОДАМИ ОБКАТУ

Умінський С.М., канд. техн. наук
(м. Одеса, Україна)

On the basis of carried spent analytical and experimental researches machine-tool gearings at sheving by methods of " a short course " and tangential submission it is established, that arising in the beginning and the end of an operation cycle of deformation of technological system result in displacement of a stain of contact along a tooth of preparation, to change of a corner of crossing of axes of preparation and the tool. With increase of a corner of crossing of axes sheving and preparations, the size of the combined skew, an error of a direction of a tooth is increased.

Прогрес в машинобудівній області господарства в значній мірі залежить від рівня розвитку техніки в області виробництва і експлуатації передач зацепленням. Зубчата передача представляє собою невід’ємну частину більшості сучасних машин і механізмів і частіше о приділяє їх якість, і надійність експлуатації. У зв’язку з цим підвищення експлуатаційних і товарних характеристик зубчатих передач на початку їх виробництва являється традиційно актуальною задачею. Під якістю будь-якої продукції розуміємо сукупність властивостей і показників, визначаючих придатність виробу для задоволення конкретних потреб в відповідності за їх призначенням. Показники якості, характеризуючи точність машини за безпечуються відповідними параметрами точності окремих деталей входних в зборочні вузли. Якість зубчатих коліс визначається їх міцністю і точністю. При проектуванні конструкцій і розробці технології виготовлення зубчастих коліс необхідно знати величину похибки, які можуть виникнути в процесі виготовлення цих деталей, т.ч. після механічної і термічної обробки./1/ Обробку робочих поверхонь зубів коліс методами вільної обкатки, як правило проводять абразивним і лезвийним інструментом. При таких способах обробці форма і розміри зуба оброблюваного колеса неперервне змінюються, що приводить до неперервної зміни умов контакту робочих поверхонь інструмента і заготівлі. Зі збільшенням товщини зрізуемого припуску, обумовленого впровадженням ріжучого зубця, відносним ковзанням і каченням, нормальна складова зусиль різання збільшується. По даним авторів /2,3/ залежність нормальної складової зусилля різання від товщини відокремлюваного припуску являється лінійною. При збільшенні твердості оброблюваного матеріалу і нормальна складова зусилля різання збільшується. Значні зусилля при обробці визивають пружні деформації технологічної системи. Деформації і необхідна потужність швингування при врізанні шевера збільшується, а при виході зменшується /3,4/. Розглянемо вплив виникаючих зусиль різання на точність обробітку при тангенціальному швингуванні. Виникаючі деформації системи при тангенціальному швингуванні приводять к скаженію форми зуба в процесі обробки, т.ч. у початку робочого хода кут схрещування вісей шевера та заготівлі, не дорівнює розрахунковому куту схрещування вісей Σ , а твірна розподільного циліндру шевера образує з площиною розподільного циліндру обробляемого колеса кут ΔV , (непаралельність вісей). При цьому довжина лінії контакту шевера та оброблюемого колеса l_k визначається по залежності:

$$l_k = \frac{\sqrt{2gZ}}{\operatorname{tg} \alpha_n (\operatorname{tg} \beta_1 - \operatorname{tg} \beta_0)}, \quad (1)$$

де α_n - кут профілю зуба в нормальному перетину, град.; β_1 - кут нахил лінії зуба обоблюемого колеса, град. β_0 - кут нахилу лінії зуба інструменту град.; Z – товщина віддаляемого припуску, мм.

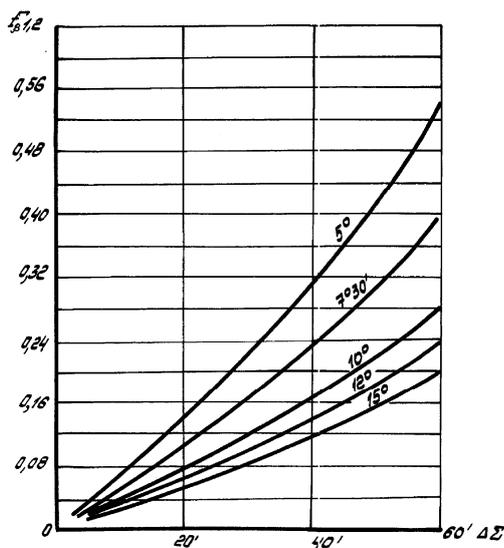
Довжина лінії зачеплення g для цього випадку визначається за залежністю:

$$g = \frac{\sqrt{d_{w1}^2 - d_{b1}^2}}{2 \cos \alpha_n \sin \beta_1} + \frac{\sqrt{d_{w0}^2 - d_{b0}^2}}{2 \cos \alpha_n \sin \beta_0}, \quad (2)$$

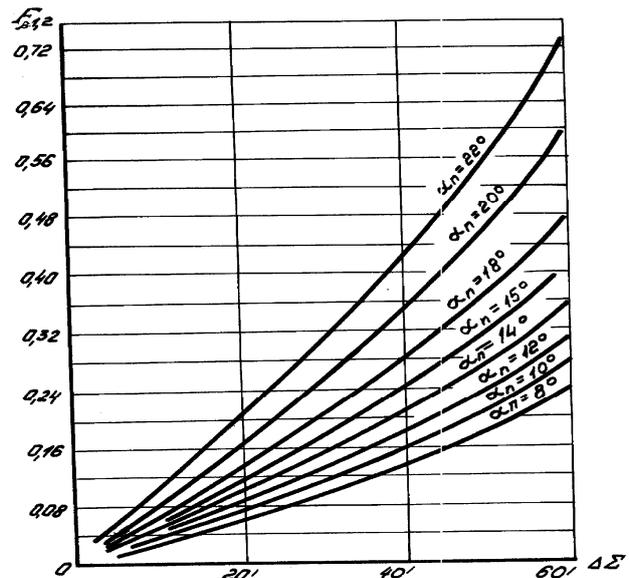
де d_{w1} і d_{w0} – діаметри початкових циліндрів заготівлі і інструменту, мм.; d_{b1} і d_{b0} – діаметри основних циліндрів заготовки й інструменту, мм.

За рахунок збільшення плями контакту зусилля різання досягає таких значень що подальшого врізання шевера в заготівлю не відбувається і шевер своїм розподільним циліндром перекатується по розподільному циліндру обробляемой заготівлі /3,5/. Розглянемо вплив параметрів верстатного зачеплення і кутів перекоосу вісей шевера і заготівлі на змінення довжини лінії контакту і похибку напрямку зуба. На мал.1 відображено графік змі-

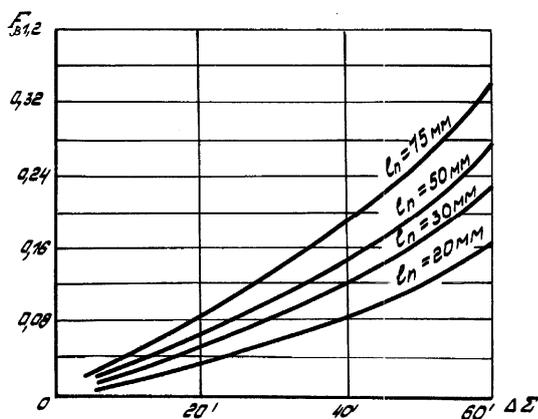
нення ширини западини при різних кутах схрещування $\Delta\Sigma$. Із збільшенням додаткового кута схрещування вісей величина похибки напрямку зуба збільшується, найвелика величина похибки відповідає обробці з малими кутами схрещування вісей /4,5,6/. На мал.2 представлено графік змінення ширини западини при різних кутах зачеплення в залежності від змінення додаткового кута схрещування вісей $\Delta\Sigma$. При збільшенні додаткового кута схрещування вісей і кута зачеплення величина похибки напрямку зуба також збільшується. Із збільшенням довжини лінії зачеплення довжина лінії контакту шевера і заготівлі також збільшується /4,5,6/. На мал. 3 відображено графік змінення ширини западини при різній довжині лінії зачеплення та зміні додаткового кута схрещування вісей $\Delta\Sigma$. Аналітичні і експериментальні дослідження сумісного впливу похибок від з'являючогося змінення кута схрещування вісей $\Delta\Sigma$ і непаралельності вісей ΔV (комбінований перекид) при тангенційному та "короткого ходу" методах шевінгування показали, що із збільшенням величини комбінованого перекосу вісей ($\Delta\Sigma + \Delta V$) величина похибки напрямку зуба збільшується (мал.4). Найбільша похибка характерна для найменших та найбільших кутів зачеплення. При збільшенні кута схрещування вісей величина комбінованого перекосу ($\Delta\Sigma + \Delta V$) та похибка напрямку зуба збільшуються.



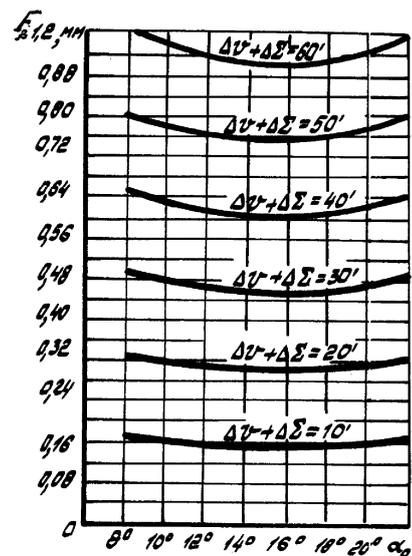
Мал..1.Зміна розміру западини при різних кутах схрещування вісей.



Мал..2.Зміна розміру западини при різних кутах зачеплення.



Мал..3.Зміна розміру западини в залежності від довжини лінії зачеплення та додаткового кута схрещування.



Мал..4.Зміна розміру западини при комбінованому перекосі вісей заготівлі та інструменту.

На підставі проведених аналітичних та експериментальних дослідів верстатного зачеплення при шевінгуванні методами "короткого ходу" та тангенційної подачі, встановлено, що виникаючи на початку та при кінці циклу обробки деформації технологічної системи призводять до зміщення пята контакту вздовж зуба заготів-

лі, зміненню кута схрещування вісей аготівлі та інструмента. Виявлен вплив параметрів верстатного зачеплення на характер похибки напрямку зуба при тангенційном та “короткого ходу” методах шевінгування. Із збільшенням кута схрещування вісей шевера та заготівлі, величина комбінованого перекося, похибка напрямку лінії зуба також збільшується. Характер змінення напрямку лінії зуба залежить від величини коливання віддаляемого припуску в процесі обробки.

Література

1. Конструкторско-технологическое обеспечение качества деталей машин./В.П.Пономарев, А.С. Батов, А.В. Захаров и др. – М. Машиностроение, 1984. – 184с.
2. Кузоватов В.С. Влияние геометрических параметров передачи шевер – колесо на точность шевингования цилиндрических зубчатых колес./Станки и инструмент. – 1976. - №4. с.16 – 18.
3. Сухоруков Ю.Н. Влияние деформации систем на точность процесса шевингования зубчатых колес методом тангенциальной подачи. В.сб.: Производство зубч. передач и вопросы надежности. Омск, 1975. – с.35-44.
4. Соколов В.Н. Повышение эффективности шевингования цилиндрических зубчатых колес. Том 1. М.: Машиз. 1954. с.161 – 192.
5. Сухоруков Ю.Н. Модификация эвольвентных цилиндрических зубчатых колес.: Справочник. – К. Техніка/ 1992 – 197с.
6. Уминский С.М., Подкоритов А.Н., Бойченко С.А. Исследование влияния параметров станочного зацепления сопряженных поверхностей инструмента и заготовки на точность при обработке методами свободного обката. Аграрний вісник Причорномор'я:36. Наук.прац./Одеський ДСГІ.-Одеса:ОДСГІ. – 2001. №4 (15) с.144 – 148.

УДК 515.2.518.62

ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ВІДРОБКИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ МЕТОДІВ ОБКАТУ

Умінський С.М., канд. техн. наук

(м. Одеса, Україна)

The way of reception of longitudinal updating tools is described at diagonal she-ving without use special adaptations and has attached. The settlement dependences for definition of a corner of axes and diagonal submission are given which pro-vide achivement of longitudinal updapting tools.

Зубчата передача є невід'ємною частиною більшості сучасних машин і механізмів. Найбільш розповсюджені в машинобудуванні передачі з зубами, робочі поверхні яких окреслені по евольвенті. Передачі, які складаються з таких колес, зберігають постійні кутові швидкості навіть при наявності коливання міжосьової відстані, а їх виготовлення високотехнологічне.

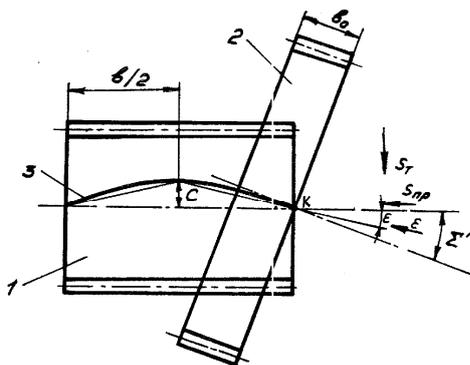
Евольвентні зубчасті колеса можна нарізати із значним зміщенням інструменту для досягнення високих характеристик передачі при мінімальній масі колес.[1] Робота евольвентних циліндричних зубчастих передач характеризується нерівномірним розподіленням навантаження як по висоті робочої ділянки зуба, так і по його довжині. Нерівномірність розподілення навантаження являється однією з причин пошкодження передач та передчасного їх виходу з ладу. Це викликає шум зубчастих передач, передчасне викрашування робочої поверхні зубів, яке в подальшому може призвести до їх поломки, обмежує можливість зменшення габаритних розмірів передач. Нерівномірність розподілення навантаження по довжині зуба виникає в результаті: неточності виготовлення і зборки зубчастих передач; пружних деформацій зубів, валів та підшипникових опор; температурних деформацій зубчастих передач. Нерівномірне розподілення навантаження по висоті зуба відбувається в результаті наявності динамічних нагрузок, що виникають внаслідок погрішностей зачеплення, деформації зубів, зносу робочої поверхні зуба в процесі експлуатації, зміни сил тертя по висоті робочої ділянки зубів.[2,3] Для зменшення цих погрішностей вводять переднамірене відхилення форми зуба від теоретичної у відповідності з конкретними умовами експлуатації – модифікацію. [1,2,3]. Існують два основних види модифікації – профільна та повздожжня. Повздожжня модифікація використовується там де необхідно забезпечити сприятливе розташування п'ятна контакту при роботі зубчастого колеса і шестерні, згин зубів передачі від навантаження та умов роботи передачі (наприклад, нагріву), виключити кромочний контакт. Використання колес модифікованої форми зуба в редукторах і коробках швидкостей дозволяє на 50 – 60% підвищити їх нагрузочну спроможність при тих же габаритах передачі, в 2 – 3 рази збільшити довговічність та на 4 – 6 ДБ зменшити рівень шуму. Найбільш розповсюдженою формою повздожньої модифікації являється бочкоподібна модифікація зубів колеса. Бочкоподібна форма зуба надається зубам для зменшення рівня шуму та усунення концентрації нагрузки на їх кінцях внаслідок похибки кута нахилу лінії зуба чи непаралельності розташування осей спряженої пари зубчастих коліс при збиранні. Така форма зуба забезпечує сприятливе розташування п'ятна контакту (середина довжини зуба). Величина бочкоподібної модифікації залежить від умов роботи передачі і звичайно складає 0,0075 – 0,02 мм на одну сторону на 25 мм довжини зуба [2,3]. Експлуатаційні показники зубчастих коліс в значній мірі залежать від технологічних способів їх кінцевої відробки. На цих операціях формується кінцева точність по всім показникам, величина шорсткості поверхні, ступінь наклепу та інші показники якості. К таким методам відносяться зубошліфування, зубопритирка, зубохонінгування і шевінгування.

Одним з розповсюджених способів отримання бочкоподібної модифікації зубів являється обробка методом паралельного чи діагонального шевінгування на шевінгувальному верстаті через розгойдування стола із заготовки. Проте в цьому випадку знижується жорсткість технологічної системи, що має негативний вплив на точність обробки. Авторами [4,5,6] описан спосіб отримання повздожньої модифікації при тангенціальному методі шевінгування. В цьому випадку використовують погрішності, що виникають на початку і в кінці циклу шевінгування. Застосування оправок із змінною за довжиною жорсткістю дає можливість отримувати не тільки бочкоподібну форму зуба, а й зуби з одним або декількома перекосами по довжині. Одним з недоліків цього способу являється те, що заготовки не повинні мати велике радіальне биття. Це призводить до нерівномірного розташування пляма контакту та неоднакової площі на різних зубах заготовки. Повздожню модифікацію при тангенціальному та "короткого ходу" методах шевінгування також отримують шляхом використання облегаючих шевєров з певною кривиною за довжиною. Як і при тангенціальному шевінгуванні ширина вінця шевєра при врізному шевінгуванні повинна бути більше ширини вінця оброблюваної заготовки. Проте при виготовленні шевєрів з великою шириною вінця виникають труднощі при їх фінішній обробці, а саме: при їх загочці мають місце осипання шліфувального круга. Таким чином обробка зубчастих коліс з великою шириною вінця ($b_1 > 40$ мм) облегаючими шевєрами ускладнена [4,5,6]. Аналітичні та експериментальні дослідження діагонального і тангенціального методів шевінгування дозволили розробити спосіб досягнення повздожньої модифікації зубів при якому відсутні розгойдувальні рухи стола з заготовкою, що забезпечує підвищення жорсткості системи, розширює технологічні можливості обробки [3,7,8]. Для формування повздожньої модифікації заготовці надають подачу вздовж її осі і додаткову подачу нормальної осі заготовки (діагональну подачу) [7]. У вихідному положенні (мал. 1) інструмент 2 і заготівлю 1 установлюють так, щоб центр схрещування осей інструмента і заготівлі розміщався за торцем заготівлі й у торця інструмента. Первісне налагодження верстата здійснюють аналогічно налагодженню для шевінгування зубчастих коліс методом подовжньої подачі [6]. Після установки центра схрещування осей у центральній частині заготівлі й інструмента, заготівлі повідомляють подачу уздовж її осі на довжину:

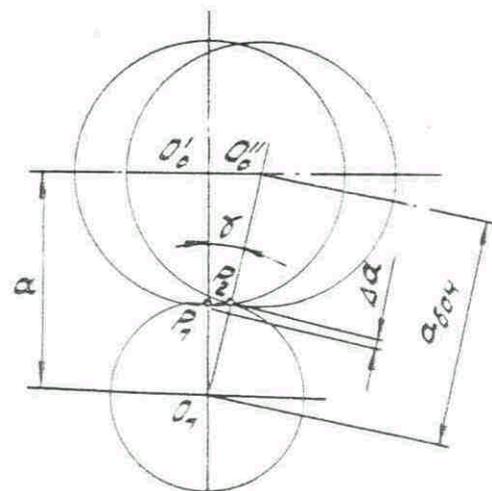
$$S_{np} = b_1/2 - \left(b_0/2\right) \cos \Sigma' + 1 \div 2 \text{ мм}, \quad (1)$$

$$S_T = \left(b_0/2\right) \sin \Sigma', \quad (2)$$

де b_1 і b_0 – ширини зубцюватих вінців заготівлі й інструмента, мм. Σ' – кут схрещування осей у вихідному положенні, град.; S_{np} , S_m – довжини робочих ходів при продольній та тангенційній подачах, мм. У результаті здійснення таких додаткових переміщень досягається зсув центра схрещування осей у необхідне положення (мал.1).



Мал. 1. Схема обробки для одержання повздожньої модифікації.

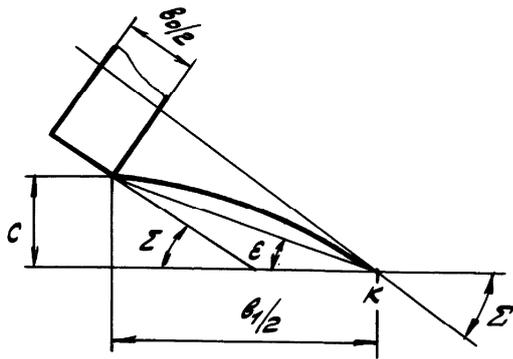


Мал. 2. Розрахункова схема зміння міжосьової відстані.

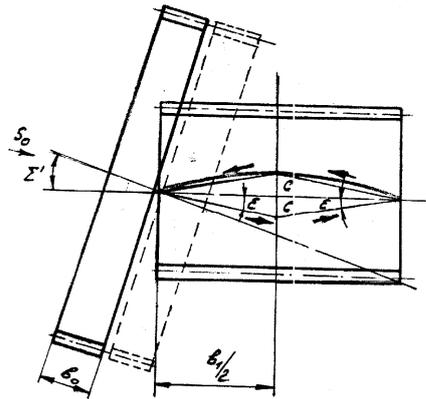
Для формування бочкоподібної форми зуба заготівлі повідомляють подачу уздовж її осі і додаткову подачу нормальною осі заготовки (діагональну подачу). При обробці найбільший зйом припуску відбувається в крапках $P1$, що відповідають врізання і виходу шевєра (мал.2,3,4). У крапці $P2$ величина припуску, що видаляється, зменшується за рахунок збільшення на величину Δa до $a_{всоч}$. При обробці в результаті зміни міжосьової відстані кут схрещування осей шевєра і заготівлі у вихідному положенні Σ' відрізняється від розрахункового кута схрещування Σ , прийнятого при відомих діагональних методах. Величина кута Σ' визначається по залежності:

$$\Sigma' = \arctg \left[\left(\text{tg} \Sigma \right) \cdot \left(\frac{\sin \alpha_n}{\sin \alpha_n + \frac{\Delta S}{a}} \right) \right], \quad (3)$$

де a – міжосьова відстань, мм; α_n – нормальний кут зачеплення, град; ΔS – необхідна величина бочкоподібності, мм.



Мал.3 Схема для кута визначення діагональної подачі.



Мал.5. Схема здійснення багатопрхідного шевінгування

У вихідному положенні кут схрещування осей шевера і заготівлі приймають рівним Σ' , а заготівлі чи інструменту повідомляють подачі S_{np} і S_m (діагональну подачу під кутом ε) доти, поки центр схрещування осей шевера і заготівлі не досягає центра заготівлі ($b/2$), а кут схрещування не досягне розрахункової величини Σ . Після цього напрямком тангенціальної подачі S_m (мал.1) змінюють на протилежне. Кут діагональної подачі ε визначається залежністю:

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{2a}{b_1} \cdot \left[\arccos \left(\frac{\sin \alpha_n}{\sin \alpha_n + \frac{\Delta S}{a}} \right) \right] \quad (4)$$

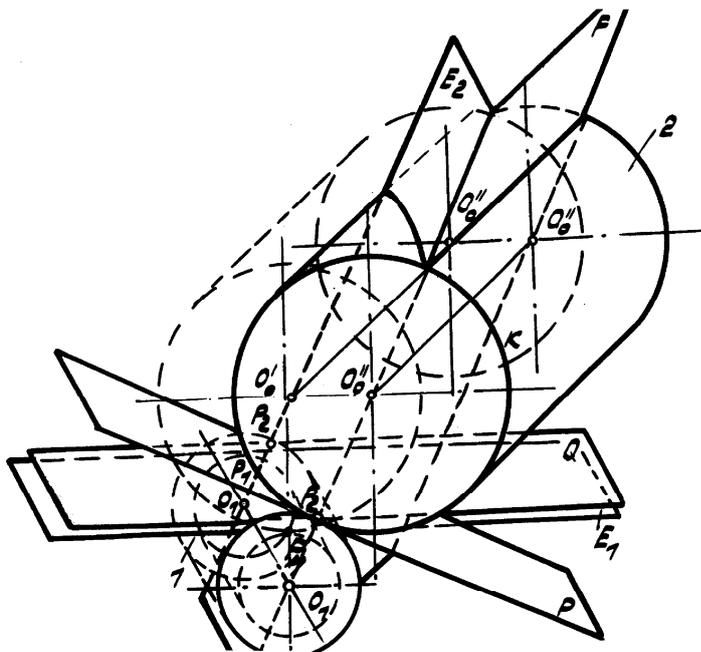
При багато прохідному шевінгуванні (мал. 5) після завершення чергового проходу шевер встановлюють у вихідне положення, переміщуючи його методом подовжньої подачі заготівлі на величину:

$$S'_{np} = b_0 \cos \Sigma' \quad (5)$$

і тангенціальну подачу заготівлі на величину:

$$S'_{np} = b_0 \sin \Sigma' \quad (6)$$

Потім заготівлі чи інструменту повідомляють діагональну подачу під кутом ε у напрямку рівнобіж-



Мал.4. Схема для визначення кута діагональної подачі заготовки та інструмента при відробці з досягненням повздовжньої модифікації зубів.

жному подачам попереднього проходу [7,8]. Такий спосіб дозволяє обробляти зубчасті колеса з подовжньою модифікацією зубів діагональним методом без використання спеціальних пристосувань і пристроїв, чим досягається розширення технологічних можливостей діагонального шевінгування. Такий спосіб шевінгування може бути реалізований на верстатах, що забезпечують двокоординатні переміщення столу в горизонтальній площині. На зубошевігувальних верстатах, у яких відсутнє переміщення по другій координаті, описаним способом можна одержувати подовжню модифікацію зубів конічної форми. При цьому, налагодження верстата не відрізняється від розглянутого [7,8].

Для формування бочкоподібної форми зуба при шевінгуванні заготівлі необхідно повідомляти подачу уздовж її осі і додаткову подачу нормально осі

заготівлі (діагональну подачу). У результаті зміни міжосьової відстані при шевінгуванні кут схрещування осей шевера і заготівлі у вихідному положенні Σ' відрізняється від розрахункового кута схрещування Σ , прийнятого при відомих діагональних методах.

Література

1. Болотовський І.А., Гурьев Б.И., Смирнов В.Э. Цилиндрические эвольвентные зубчатые передачи внешнего зацепления. М.: Машиностроение, 1974. – 160с.
2. Генкин М.Д., Рыжов М.А., Рыжов Н.М. Повышение надежности тяжелонагруженных зубчатых передач. – М.: Машиностроение, 1981. 31с.
3. Сухоруков Ю.Н. Модификация эвольвентных цилиндрических зубчатых колес.: Справочник. – М.: Техника. 1992. – 197с.
4. Сухоруков Ю.Н., Евстатиев Р.И. Инструменты для обработки зубчатых колес методом свободного обката. – К.: Техника, 1983. – 123с.
5. Кокичев В.Н. Зубоотделочные станки. Л.; Судпромгиз. 1960. 244с.
6. Калашников С.Н., Калашников А.С. Шевінгування зубчастих коліс. М.; Вища школа. 1985. 223с.
7. А.С. 1634403 А1 МКИ 3 В 23 F19/06. Спосіб чистової обробки зубчастих коліс. С.М. Умінський та ін. – Опубл. В БІ. 15.03.91., Бюл. №10.
8. Сухоруков Ю.Н., Уминский С.М. Расширение технологических возможностей зубошевингования // Вестник машиностроения. – 1992. - №1. – с. 40 – 41.

УДК 621.9.06 – 52.

АЛГОРИТМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ МНОГОПОТОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Гусарев В.С., канд. техн. наук
(г. Одесса, Украина)

Algorithms of functioning and productivity of multiline technological systems.

Многопоточные технологические системы применяют в машиностроении для увеличения выпуска изделий. Принципиально эти системы представляют автоматические линии из специального или агрегатного оборудования (станков, прессов, сборочных агрегатов). Такие автоматические линии бывают двух типов: дискретного и непрерывного действия. Промышленность использует системы обоих типов. Выбор типа автоматической линии связан, главным образом, с видом изделия, особенностями процесса, а также с серийностью или массовостью производства. Эти системы различаются структурой, алгоритмами функционирования и, естественно, производительностью.

Автоматические линии дискретного действия имеют, чаще всего, линейную структуру, с транспортером, проходящим через все технологические позиции. Особенностью функционирования этих линий является следующее: цикл обработки изделий выполняется на всех позициях одновременно, после ее окончания транспортирование всех изделий происходит также одновременно из позиции в позицию. Время, затрачиваемое на обработку в позициях, может быть разным, поэтому движение транспортера происходит только по окончании самой длительной операции обработки.

Цикл системы:

$$\tau_c = \max \tau_0 + \tau_p.$$

Здесь: $\max \tau_0$ - время самой длительной операции обработки ($\max \tau_0 = 0,8$ мин); τ_p - время перемещения изделий транспортером ($\tau_p = 0,2$ мин)

Производительность системы:

$$П = 60 \tau_c^{-1}, \quad П = 60 * 1,0^{-1} = 60 \frac{\text{издел}}{\text{мин}}$$

Если же система многопоточна, то ее производительность (с n - потоками)

$$П = 60 \cdot n \cdot \tau_c^{-1}.$$

Например, при $n=3$, а $\tau_c=1$ получим:

$$П = 60 * 3 * 1^{-1} = 180.$$

Автоматическая линия с $n=3$ потоками имеет алгоритм функционирования следующий:

$$(U \circ U \circ U) p_{\alpha} \circ (A_1 \circ A_1 \circ A_1) p_{\alpha} \circ (B_1 \circ B_1 \circ B_1) p_{\alpha} \circ (C_1 \circ C_1 \circ C_1) p_{\alpha} \circ (V \circ V \circ V),$$

или в упрощенном варианте:

$$\overset{3}{(U \circ U \circ U)} p_{\alpha} \circ \overset{3}{(A_1 \circ A_1 \circ A_1)} p_{\alpha} \circ \overset{3}{(B_1 \circ B_1 \circ B_1)} p_{\alpha} \circ \overset{3}{(C_1 \circ C_1 \circ C_1)} p_{\alpha} \circ \overset{3}{(V \circ V \circ V)}.$$

Обозначения и запись структуры алгоритма функционирования автоматической многопоточной системы дискретного действия выполняется согласно [4]

В этих формулах: U и V - операции ввода и вывода технологического объекта в автоматическую линию; A_1 ; B_1 ; C_1 - технологические операции; p_{α} - транспортные операции.

Синхронизация обработки в таких системах обычно не требуется, хотя имеется возможность ее выровнять

за счет подгонки режимов обработки.

Автоматические линии непрерывного действия обычно называемые роторными или роторно-конвейерными имеют сложную структуру [1,2,3], и как следствие, сложный алгоритм функционирования. В этих системах технологические операции выполняются в непрерывно перемещающихся позициях, каждая технологическая операция обслуживается одновременно, как рабочим, так и транспортным механизмом

Эти автоматические системы могут иметь различное время технологических операций, однако в линии обязательно пооперационная синхронизация (кинематическая) для обеспечения непрерывности действия транспортной системы. В роторных автоматических линиях за один оборот ротора должна быть выполнена технологическая операция. Так как на роторе несколько позиций, то производительность выпуска изделий будет:

$$P = 60 \left(\frac{\tau_0}{n} \right)^{-1} = 60n\tau_0^{-1}$$

Формула производительности совпадает (во второй части) для многопоточной дискретной и многопоточной непрерывного действия линий. Однако, имеются существенные различия. Структура таких систем существенно отлична, кроме того различны алгоритмы функционирования.

Алгоритм функционирования роторной линии следующий:

$$\left(\begin{smallmatrix} 0 \\ 3 \end{smallmatrix} U \right) \circ p_\gamma \circ \left(\begin{smallmatrix} 0 \\ 4 \end{smallmatrix} A_1 \right) \circ (q_\gamma \circ p_\gamma) \circ \left(\begin{smallmatrix} 0 \\ 3 \end{smallmatrix} p_\gamma \right) \circ \left(\begin{smallmatrix} 0 \\ 6 \end{smallmatrix} B_1 \right) \circ (q_\gamma \circ p_\gamma) \circ \left(\begin{smallmatrix} 0 \\ 3 \end{smallmatrix} \Lambda \right) p_\gamma \circ \left(\begin{smallmatrix} 0 \\ 3 \end{smallmatrix} C_1 \right) \circ (q_\gamma \circ p_\gamma) \circ \left(\begin{smallmatrix} 0 \\ 3 \end{smallmatrix} V \right) p_\gamma$$

Обязательная синхронизация при различной длительности технологических операций обеспечивается выполнением условия одинаковой производительности каждого ротора.

$$P(A) = P(B) = P(C) = P(p);$$

что выполняется если,

$$\left(\frac{\tau_0(A)}{n(A)} \right)^{-1} = \left(\frac{\tau_0(B)}{n(B)} \right)^{-1} = \left(\frac{\tau_0(C)}{n(C)} \right)^{-1} = \left(\frac{\tau_0(p)}{n(p)} \right)^{-1},$$

где: τ_0 - время одного оборота ротора, иначе время технологической операции; n - число позиций в роторе.

Здесь:

$$\begin{aligned} \tau_c(A) \neq \tau_c(B) \neq \tau_c(C) \neq \tau_c(p); \\ n(A) \neq n(B) \neq n(C) \neq n(p). \end{aligned}$$

Особенностью роторной линии является выдача изделия с интервалом времени:

$$\tau_k = \frac{\tau(i)}{n(i)}.$$

В многопоточной автоматической линии дискретного действия выдача серии изделий (n) будет происходить с интервалом времени:

$$\tau_k = \tau_c.$$

Следует иметь в виду, что огромная производительность роторных и конвейерных линий, кроме многопоточности дополнительно определяется числом оборотов роторов в единицу времени, поэтому производительность будет:

$$P = 60 \cdot m \cdot \left(\frac{\tau_0}{n} \right)^{-1} = 60 \cdot m \cdot n \cdot \tau_0^{-1}$$

Следствием этого производительность роторных и конвейерных линий достигает 200...20 000 изделий в час.

Литература

1. Клузов И.А. Проектирование роторных машин и линий. - М.: Машиностроение, 1990.-320с.
2. Кошкин Л.Н. Роторные и роторно-конвейерные линии. - М.: Машиностроение, 1982.-336с.
3. Михайлов А.Н. Основы синтеза поточно-пространственных технологических систем непрерывного действия. - Донецк, Дом НТУ, 2002,-379с.
4. Технологія автоматизованого машинобудування: Підручник / О.В. Якимов, В.С. Гусарев, П.А. Лінчевський та інш.- Одеса: ОДПУ, 1999,-402с.

УДК 621.02.001.63

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ НАЛАДКИ ДЕЛИТЕЛЬНЫХ ГОЛОВОК ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСОВ СБОРНЫХ ФРЕЗ

Куц В.В., канд. техн. наук, Горохов А.А., канд. техн. наук

(г. Курск, Россия)

The circuit of calculation of parameters of adjustment of the head for processing grooves under many-sided plates which are replaced is described.

Математическое моделирование процесса изготовления сборных фрез связано с расчетом параметров наладки станка и приспособления второго порядка при обработке j -го элемента корпуса [1]. Реализация параметров наладки должно перевести корпус в такое положение, когда станет возможно выполнение параметризованной

управляющей программы для станка с ЧПУ. При изготовлении корпуса фрезы на 3-х координатном вертикально-фрезерном станком с ЧПУ при использовании делительной головки в качестве приспособления данная задача может быть решена следующим образом.

Наличие перемещений в 3-х координатах позволяет реализовать 4-ре параметра наладки ($\alpha_{1kp}, \dots, \alpha_{nkp}, n=4$) станка, при обработке паза kp -й сменной многогранной пластины. Эти параметры наладки реализуются при выполнении управляющей программы для стойки ЧПУ станка.

Делительная головка позволит реализовать в свою очередь два параметра наладки ($\beta_{1kp}, \dots, \beta_{mkp}, m=2$). При реализации параметров наладки, вращения корпуса фрезы вокруг оси головки, и наклона оси делительной головки с закрепленным корпусом, матрица наладки $M_{A'A''}(\beta_{1k}, \dots, \beta_{mk})$ будет равна (рис. 1.)

$$M_{A'A''}(\beta_{1k}, \beta_{2k}) = M(x = R_d \sin \beta_{2k}, z = R_d - R_d \cos \beta_{2k}, \beta_y = \beta_{2k}, \beta_z = \beta_{1k}).$$

Как было отмечено ранее, делительная головка должна, реализуя свои параметры наладки, установить корпус так, чтобы была возможность выполнения параметризованной управляющей программы для станка с ЧПУ. В общем случае, при обработке элементов дисковыми фрезами, выполнение этого условия можно записать как

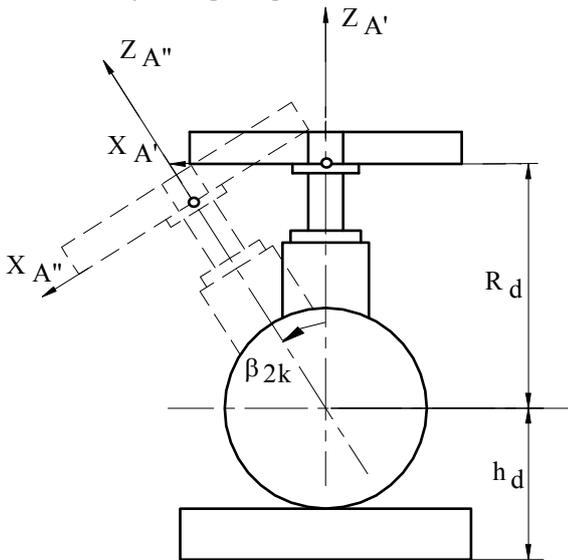


Рис. 1. Настройка делительной головки

параметра наладки ($\beta_{1kp}, \dots, \beta_{mkp}, m=2$) последовательно решая два векторных уравнения. Обозначив

$$M_{A_{kp}V}^j(\beta_{1k}, \beta_{2k}) = M_{A_{kp}A}^j M_{AA''} M_{A'A''}^{-1}(\beta_y = \beta_{1k}, \beta_z = \beta_{2k}) M_{A'W} M_{WV}, \text{ тогда:}$$

- 1) приняв, $\beta_{2k} = 0$ решим уравнение $k_{0A_{kp}} \cdot M_{A_{kp}V}^j(\beta_{1k}, \beta_{2k} = 0) \cdot \bar{j}_{0V} = 0$ относительно β_{1k} ;
- 2) по рассчитанному параметру β_{1k} решим уравнение $k_{0A_{kp}} \cdot M_{A_{kp}V}^j(\beta_{1k}, \beta_{2k}) \cdot \bar{i}_{0V} = 0$ относительно параметра β_{2k} .

При обработке пазов концевыми фрезами, обработка возможна, если $i_{0A_{kp}} \cdot M_{A_{kp}A}^j M_{AA''} M_{A'A''}^{-1}(\beta_{1k}, \dots, \beta_{mk}) M_{A'W} M_{WV} = \bar{k}_{0V}$, т.е. когда ось X_{A_k} обрабатываемого паза станет перпендикулярна плоскости $X_V 0_V Y_V$, что и даст возможность обработать дно паза концевой фрезой.

Тогда два параметра наладки ($\beta_{1kp}, \dots, \beta_{mkp}, m=2$) рассчитаем, последовательно решая два векторных уравнения:

- 1) приняв, $\beta_{2k} = 0$ решим уравнение $i_{0A_{kp}} \cdot M_{A_{kp}V}(\beta_{1k}, \beta_{2k} = 0) \cdot \bar{j}_{0V} = 0$ относительно β_{1k} ;
- 2) по рассчитанному параметру β_{1k} решим уравнение $i_{0A_{kp}} \cdot M_{A_{kp}V}(\beta_{1k}, \beta_{2k}) \cdot \bar{i}_{0V} = 0$ относительно параметра β_{2k} .

Таким образом по предложенной схеме можно рассчитать параметры наладки делительной головки при обработки пазов корпуса фрезы, как при фрезеровании дисковыми так и концевыми фрезами.

Данная работа выполняется в соответствии с грантом президента Российской Федерации «Молодые кандидаты наук» на 2003-2004 г.г.

Литература

1. Лашнев С.И., Борисов А.Н., Емельянов С.Г. Геометрическая теория формирования поверхностей режущими инструментами: Монография/ Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 1997. 391 с.

УДК 621.02.001.63

ОПИСАНИЕ ПРОИЗВОДЯЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ СБОРНЫХ ФАСОННЫХ ФРЕЗ НА ОСНОВЕ ПАРАМЕТРОВ ДИСКРЕТНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРОФИЛЯ ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Куц В.В., канд. техн. наук
(г. Курск, Россия)

The circuit of calculation of parameters of discrete representation of a making line of modular shaped mills, with the subsequent description of its making surface is described.

Разработка автоматизированной системы проектирования и изготовления (CAD/CAM системы) сборных фасонных на базе геометрической теории формирования поверхностей [1], требует математического описания ее производящих элементов, т.е. производящей линии фрезы и далее на ее основе производящей поверхности. Наличие подобной информации позволит нам в дальнейшем выполнить операцию установки и ориентации сменных многогранных пластин (СМП) и рассчитать на стадии проектирования инструмента ряд оценочных параметров обработанной поверхности.

Чаще всего производящая линия фасонной фрезы совпадает с профилем обрабатываемой поверхности или ее отдельным участком, поэтому в качестве исходных данных для расчета производящей линии удобно использовать параметры дискретного представления профиля обрабатываемой поверхности

$$\{\bar{r}_{Aj}, \bar{r}_{AS_{Aj}}, \bar{r}_{AS_D S_{Dj}}, \sigma_{Aj}, \rho_{Aj}, S_{Aj}\}_{j=1, \dots, J_A},$$

где $\bar{r}_{Aj} = [x_{Aj} \ y_{Aj} \ 0 \ 1]$ - координаты точек профиля обрабатываемой поверхности, рассчитанные в собственной системе координат $X_A Y_A Z_A$; $\bar{r}_{AS_{Aj}} = [x_{AS_{Aj}} \ y_{AS_{Aj}} \ 0 \ 0]$ - первая производная по длине дуги профиля S_A ; $\bar{r}_{AS_A S_{Aj}} = [x_{AS_A S_{Aj}} \ y_{AS_A S_{Aj}} \ 0 \ 0]$ - вторая производная по длине дуги; σ_{Aj} - угол профиля, отсчитываемый от положительного направления оси X; ρ_{Aj} - радиус кривизны профиля, который положителен на выпуклых участках и отрицателен на вогнутых; J_A - количество точек на профиле.

Также помимо этих параметров обрабатываемой детали, необходимо задать дополнительный параметр – начальный диаметр фрезы (D_ϕ).

Тогда расчет дискретного представления производящей линии фрезы можно выполнить по следующей схеме.

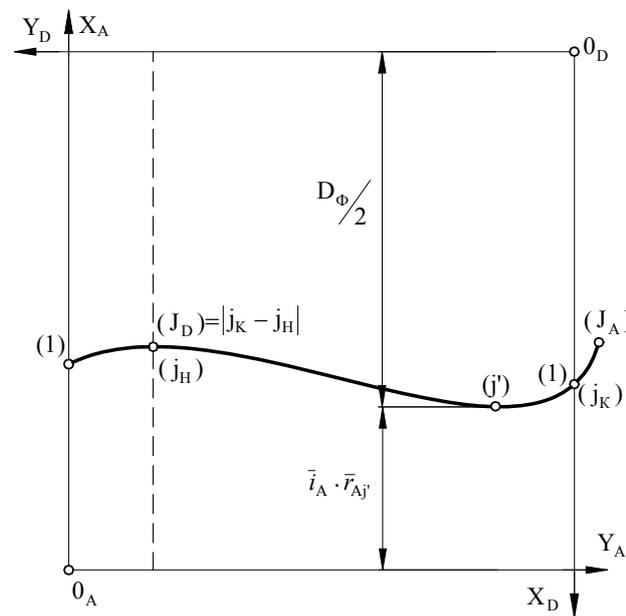


Рис. 1. Схема пересчета образующей поверхности детали в производящую линию фрезы.

следующей схеме.

- 1) Определим номер точки j' на образующей поверхности детали, у которой величина $\bar{i}_A \cdot \bar{r}_{Aj} = \min$ (рис. 1), т.е. номер точки, которая ближе всего расположена к оси Y_A и зададим номера начала j_H и конца j_K точек выполнения функции пересчета. Если вся образующая участвует в пересчете, то $j_H = 1$, а $j_K = J_A$.
- 2) Рассчитаем параметры производящей линии $\{\bar{r}_{Dj}, \bar{r}_{DS_{Dj}}, \bar{r}_{DS_D S_{Dj}}, \sigma_{Dj}, \rho_{Dj}, S_{Dj}\}_{j=1, \dots, J_D}$ как,

$$\left. \begin{cases} \bar{r}_{Dj} = \bar{r}_{A(j_K-j+1)} \cdot M_{AD}, \bar{r}_{DS_{Dj}} = -\bar{r}_{AS_A(j_K-j+1)} \cdot M_{AD}, \\ \bar{r}_{DS_D S_{Dj}} = -\bar{r}_{AS_A S_A(j_K-j+1)} \cdot M_{AD}, \\ \sigma_{Dj} = \sigma_{A(j_K-j+1)} - \pi, \rho_{Dj} = -\rho_{A(j_K-j+1)}, \\ S_{Dj} = |S_{Aj_K} - S_{A(j_K-j+1)}| \end{cases} \right\}_{j=1, \dots, J_D},$$

где $J_D = |j_K - j_H|$ - количество точек на производящей линии;

$M_{AD} = M(x = \bar{i}_A \cdot \bar{r}_{Aj'} + D_\phi/2, y = \bar{j}_A \cdot \bar{r}_{Aj_K}, z = 0, \beta_X = 0, \beta_Y = 0, \beta_Z = \pi)$ - матрица установки производящей линии фрезы относительно профиля детали.

Кубическая сплайн интерполяция позволяет рассчитать функции

$$\{\bar{r}_D(S_D), \bar{r}_{DS_D}(S_D), \bar{r}_{DS_D S_D}(S_D), \sigma_D(S_D), \rho_D(S_D)\}.$$

На основе полученного представления, можно описать производящую поверхность фрезы в ее системе ко-

ординат $X_C Y_C Z_C$ как,

$$\begin{cases} RP^{(C)}(S_D, \varphi) = \bar{r}_D(S_D) \cdot M_{CD}^{-1} \cdot M_C(\varphi), \\ S_{D_{min}} \leq S_D \leq S_{D_{max}}, \\ 0 \leq \varphi \leq 2\pi, \end{cases}$$

где φ – параметр преобразования, угол поворота относительно оси Z_C ; $M_C(\varphi)$ – матрица отображающего преобразования, которая для производящих поверхностей фасонных фрез она равна $M_C(\varphi) = M(x=0, y=0, z=0, \beta_X=0, \beta_Y=0, \beta_Z=\varphi)$ и т.д.

Данная работа выполняется в соответствии с грантом президента Российской Федерации «Молодые кандидаты наук» на 2003-2004 г.г.

Литература

1. Лашнев С.И., Борисов А.Н., Емельянов С.Г. Геометрическая теория формирования поверхностей режущими инструментами: Монография/ Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 1997. 391 с.

УДК 621.02.001.63

ВЫЯВЛЕНИЕ ТОЧЕК РЕЖУЩИХ КРОМОК СМЕННЫХ МНОГОГРАННЫХ ПЛАСТИН СБОРНЫХ ФАСОННЫХ ФРЕЗ РАСПОЛОЖЕННЫХ ВНУТРИ ПРИПУСКА

Куц В.В., канд. техн. наук
(г. Курск, Россия)

The circuit of calculation of value of the functional switch is described depending on, whether there is in a present situation of time a point of a cutting edge of a replaceable many-sided plate inside an allowance or behind his limits.

При разработке систем автоматизированного проектирования и изготовления сборных фасонных фрез (CAD/CAM – систем) на основе геометрической теории формирования поверхностей [1] одной из операций является расчет оценочных параметров проектируемой фрезы на основе построенной модели процесса фрезерования. Выполнение этой операции базируется на выяснении участия точек режущих кромок сменных многогранных пластин (СМП) проектируемой фрезы в процессе срезания ей припуска, которое возможно при выполнении следующих условий:

- 1) нахождение точек режущих кромок СМП расположенных внутри припуска, подлежащего снятию в заданный момент времени t ;
- 2) нахождение точек СМП относящихся к главной режущей кромке.

В работе [1] данные условия учитываются с помощью расчета соответствующих функциональных переключателей $F_1(s_{kj}, t)$ и $F_2(s_{kj}, t)$, которые принимают значение 1, если условие выполняется, и 0, если условие не выполняется.

Методика расчета функционального переключателя F_2 подробно описана в работе [1] и может быть легко применима для фасонных фрез.

А вот расчет функционального переключателя F_1 для фасонных фрез в случае, когда заготовка имеет сложную форму, может быть затруднен. Но, применяя единый метод дискретного описания различных поверхностей заготовок, расчет данного функционального переключателя может быть произведен в следующей последовательности.

1. Исходные данные для расчета.

Пусть в системе координат $X_1 Y_1 Z_1$ задана поверхность заготовки $PR^*(\varphi_1^*, \varphi_2^*)$ с параметрами φ_1^* и φ_2^* (рис. 1), которая является поверхностью с «жесткой» образующей. А в системе координат схемы срезания припуска [1] $X_0 Y_0 Z_0$ задана поверхность описываемая режущими кромками СМП фрезы в процессе фрезерования $\bar{Q}_{kp}(s_k, t_1(t), \dots, t_N(t))$, где s_k – длина дуги режущей кромки k -й СМП; $t_1(t), \dots, t_N(t)$ – параметры движения фрезы и заготовки, t – время прошедшее с начала обработки. Далее поверхность $\bar{Q}_{kp}(s_k, t_1(t), \dots, t_N(t))$ будем сокращенно обозначать $\bar{Q}_{kp}(s_k, t)$.

Известна матрица перехода M_{10} от системы координат заготовки $X_1 Y_1 Z_1$ к системе координат схемы срезания припуска

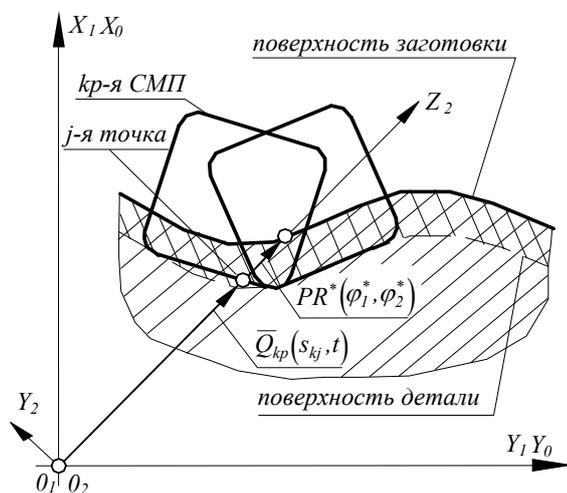


Рис. 1. Схема расчета $F_1(s_{kj}, t)$

$$X_0Y_0Z_0 (X_1Y_1Z_1 \xrightarrow{M_{10}} X_0Y_0Z_0).$$

II. Порядок расчета.

1) Для заданной j -й точки режущей кромки СМП в момент времени t относительно системы координат $X_0Y_0Z_0$ рассчитаем матрицу M_{02} установки плоскости (система координат $X_2Y_2Z_2$) перпендикулярной вектору $\bar{Q}_{kp}(s_{kj}, t)$ (рис. 1), начало системы координат O_2 совпадает с началом вектора $\bar{Q}_{kp}(s_{kj}, t)$, а направление оси Z_2 совпадает с направлением $\bar{Q}_{kp}(s_{kj}, t)$. Известны следующие параметры установки плоскости: положение центра O_2 в системе координат $X_0Y_0Z_0$ ($x_{00_2}=0, y_{00_2}=0, z_{00_2}=0$); единичный вектор системы координат $X_2Y_2Z_2$, направление которого совпадает с положительным направлением оси Z_2 ($\bar{k}_2 = [0 \ 0 \ 1 \ 0]$) представленного в системе координат $X_0Y_0Z_0$ ($\bar{k}_{2_0} = \bar{Q}_{kp}(s_{kj}, t) / |\bar{Q}_{kp}(s_{kj}, t)|$); единичный вектор системы координат $X_2Y_2Z_2$, направление которого совпадает с положительным направлением оси Y_2 ($\bar{j}_2 = [0 \ 1 \ 0 \ 0]$) представленного в системе координат $X_0Y_0Z_0$ ($\bar{j}_{2_0} = \bar{Q}_{kp}(s_{kj}, t) \times \bar{k}_0 / |\bar{Q}_{kp}(s_{kj}, t) \times \bar{k}_0|$).

В работе [1] приводится методика подобного расчета, реализованная в виде функции $\{x_{00_2}, y_{00_2}, z_{00_2}, \bar{j}_{2_0}, \bar{k}_{2_0}\} \rightarrow \{M_{02}\}$.

2) Найдем точку пересечения оси Z_2 с поверхностью заготовки $PR^*(\varphi_1^*, \varphi_2^*)$. Для этого необходимо решить систему нелинейных уравнений:

$$\begin{cases} \overline{PR^*(\varphi_1^*, \varphi_2^*) \cdot M_{10} \cdot M_{02}} \cdot \bar{i}_2 = 0 \\ \overline{PR^*(\varphi_1^*, \varphi_2^*) \cdot M_{10} \cdot M_{02}} \cdot \bar{j}_2 = 0 \end{cases}$$

относительно параметров φ_1^* и φ_2^* . Решить подобную систему можно, пользуясь численным методом Ньютона-Канторовича для решения нелинейных уравнений [1, 2, 3].

3) При условии, что $\overline{PR^*(\varphi_1^*, \varphi_2^*) \cdot M_{10} \cdot M_{02}} \cdot \bar{Q}_{kp}(s_{kj}, t) = 1$, т.е. направление векторов совпадает, функциональный переключатель F_1 можно рассчитать по формуле

$$F_1(s_{kj}, t) = 0,5 \left[\text{sign} \left(\left[\overline{PR^*(\varphi_1^*, \varphi_2^*) \cdot M_{10} \cdot M_{02}} \right] - \left| \bar{Q}_{kp}(s_{kj}, t) \right| \right) + 1 \right].$$

Предложенная схема позволит выявить точки режущих кромок СМП сборной фасонной фрезы расположенные внутри припуска подлежащего снятию при заданной поверхности заготовки $PR^*(\varphi_1^*, \varphi_2^*)$, которая может иметь любую форму.

Данная работа выполняется в соответствии с грантом президента Российской Федерации «Молодые кандидаты наук» на 2003-2004 г.г.

Литература

1. Лашнев С.И., Борисов А.Н., Емельянов С.Г. Геометрическая теория формирования поверхностей режущими инструментами: Монография/ Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 1997. 391 с.
2. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1984. – 831 с.
3. Бахвалов Н.С. Численные методы. – М.: Наука, 1975.

2. ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ, ИНСТРУМЕНТЫ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

УДК 621.797

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЗАКАЛЕННЫХ ТВЧ ГИЛЬЗ ПО КОЭРЦИТИВНОЙ СИЛЕ

Скобло Т.С., докт. техн. наук, Поздняков Н. Г.

(г. Харьков, Украина)

A quality of shells of cylinders subjected to the HFC tempering is analysed In work, principal reasons of disparity are definite to the requirements THAT. A tie of coercitive is set force – properties of hard-tempered HFC shell – metal structure, allowing to conduct sorting quality purveyances.

Важным фактором в обеспечении использования гильз цилиндров, в том числе закаленных ТВЧ, стабильного качества является применение 100% их контроля. К числу таких методов, в первую очередь, следует отнести контроль по коэрцитивной силе. Однако, применение этого метода усложняется тем, что в каждом случае требуются разработка соответствующих норм на каждый тип, материал и способ упрочнения деталей. Целью работы явилось установление связи коэрцитивная сила – свойства закаленной ТВЧ гильзы – структура металла. Установление такой зависимости позволит проводить отбраковку, а также устанавливать причины несоответствия гильз требованиям технических условий.

Для выполнения поставленной цели решали следующие задачи:

- разработали методологию проведения опытов;
- провели измерения твердости по рабочей и внешней поверхности гильзы;
- оценили фазовый состав и глубину закаленного слоя;
- изучили однородность распределения и форм графита по сечению гильзы;
- оценили связь коэрцитивная сила – свойство – структура металла.

В качестве исследуемых образцов выбрали закаленные ТВЧ гильзы. При выполнении работы использовались данные, полученные с помощью прибора коэрцитиметр КРМ-Ц.

Серия приборов КРМ-Ц создана в процессе конверсии как результат работы группы специалистов в области теории измерения, разработки и производства высокоточных электронных измерительных средств. Серия создавалась в тесном творческом взаимодействии с сотрудниками служб не разрушающего контроля ряда предприятий и отраслевых НИИ Минчермета. Опытные образцы тщательно проверялись в лабораторных и производственных условиях с последующей доработкой и модернизацией. В результате такого сочетания разноотрасльного опыта потребитель получает удобные измерители с высокими техническими характеристиками, простые в обращении надежные в работе.

Коэрцитиметр КРМ-Ц предназначен для измерения коэрцитивной силы локального участка ферромагнитных материалов.

Прибор позволяет контролировать свойства деталей и конструкций, в частности:

- качество изделий после объемной термической обработки (закалки с отпуском, нормализации, отжига и т.д.);
- качество изделий после поверхностного упрочнения (различных видов химико-термической обработки, поверхностной закалки, наклепа и т.д.);
- определять механические свойства стального проката и конструкционных материалов, изделий из чугуна;
- проводить сортировку металла по маркам стали и чугуна.

Контроль таких характеристик возможен при наличии однозначной зависимости между ними и коэрцитивной силой.

Прибор может быть использован в цехах, лабораториях, отделах технического контроля металлургических, машиностроительных, инструментальных предприятий для контроля и отбраковки материалов, деталей и конструкций.

Диапазон измерения коэрцитивной силы 1.0 - 60.0 А/см. Погрешность измерения коэрцитивной силы на контрольных образцах, не более 2,5% +1 единица младшего разряда цифрового индикатора;

Принцип действия прибора основан на вычислении коэрцитивной силы по измеряемому току компенсации остаточной магнитной индукции в замкнутой магнитной цепи. Цепь образуется магнитной системой преобразователя, полюса которой замкнуты контролируемым образцом.

Работа с прибором семейства КРМ-Ц не требует специальной подготовки обслуживающего персонала.

В качестве исходных данных при выполнении данной работы служили технические требования на производство гильз цилиндров, закаленных ТВЧ (приведены ниже и в табл. 1).

Таблица 1.

Ориентировочный химический состав серого чугуна (массовая доля элемента в %).

C	Si	Mn	Cr	Ti	Cu+Ni	P	S
2,9-3,6	1,6-2,5	0,5-1	0,25-0,6	0,05-0,1	0,4-0,85	≤0,2	≤0,1

- длина 290 ± 4 мм;
- наружный диаметр нижней части 150 ± 2 мм;
- в верхней части втулки 160 ± 2 мм;
- толщиной: внизу 9 мм;верху 16 мм;
- металлическая основа чугуна пластинчатый перлит (П...П 96);
- глубина закалённого слоя в пределах $0,4 - 3,0 \pm 0,1$ мм;
- твёрдость закалённого слоя в пределах 35 – 60 HRC.

Измерение коэрцитивной силы показало разброс показаний в пределах от 13,7 до 16,2 А/см на поверхности подвергнутой закалке ТВЧ и от 10,9 до 13 А/см на внешней – не обработанной поверхности. Зависимость ее изменения показана на рис. 1.

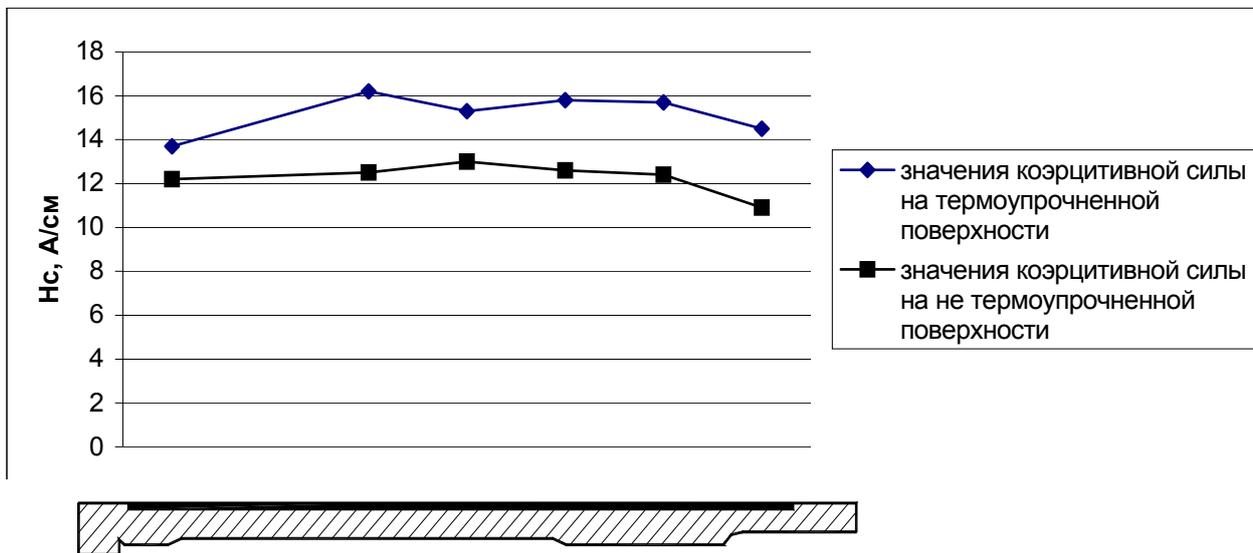


Рис.1 График изменения коэрцитивной силы по высоте гильзы.

Из рис.1 видно, что значения коэрцитивной силы на термоупрочненной поверхности несколько выше, чем на не термоупрочненной. Из этого следует, что показания коэрцитиметра напрямую зависят от твердости. График такой зависимости показан на рис.2.

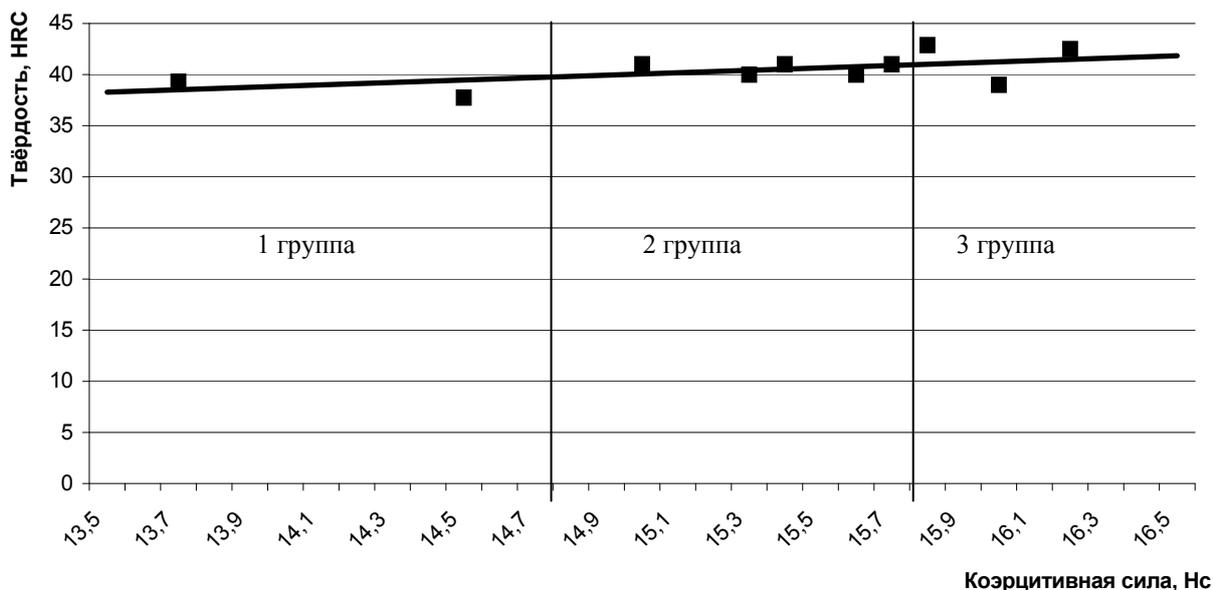


Рис. 2. Зависимость коэрцитивной силы от твердости, гильз подвергнутых закалке ТВЧ.

Статистический анализ коэрцитивной силы и твёрдости позволил разделить втулки на три выборки: первая – коэрцитивная сила имеет минимальные значения (<14,8 А/см), при этом уровень твёрдости также снижается до уровня нижнего предела допустимых значений по требованиям ТУ; вторая – значения твёрдости соответствуют средним значениям требований ТУ (40 – 42HRC) и коэрцитивной силе от 14,8 до 15,8 А/см; третья – значения коэрцитивной силы и твёрдости максимальные, соответствующие уровню ближе к верхнему пределу (60HRC – твердость; >15,8 А/см –

коэрцитивная сила).

Анализ химического состава, проведенный спектральным методом, показал, что процентное содержание всех химических элементов, входящих в состав материала исследуемых гильз, находится в допустимых пределах (см. табл.1 и 2)

Таблица 2.

Содержание химических элементов в исследуемом образце.

C	Si	Mn	Cr	Ti	Cu+Ni	P	S
2,95-3,35	1,7-2,23	0,6-0,87	0,35-0,5	0,05-0,09	0,5-0,66	0,095-0,15	0,7-0,09

Как уже было сказано, доля химических элементов находится в пределах нормы, а значит и отклонение коэрцитивной силы от требований ТУ с ними не связано.

После анализа структуры металла были получены такие результаты:

- минимальным значениям коэрцитивной силы ($\leq 13,7$ А/см) соответствует отсутствие цементита, наличие большой доли феррита, значительная доля графита;
- максимальным значениям коэрцитивной силы ($\geq 16,2$ А/см) соответствует наличие минимальной доли феррита и графита, повышенное количество включений цементита.

Также был проведен анализ зависимости коэрцитивной силы от толщины закаленного слоя. График показан на рис.3.

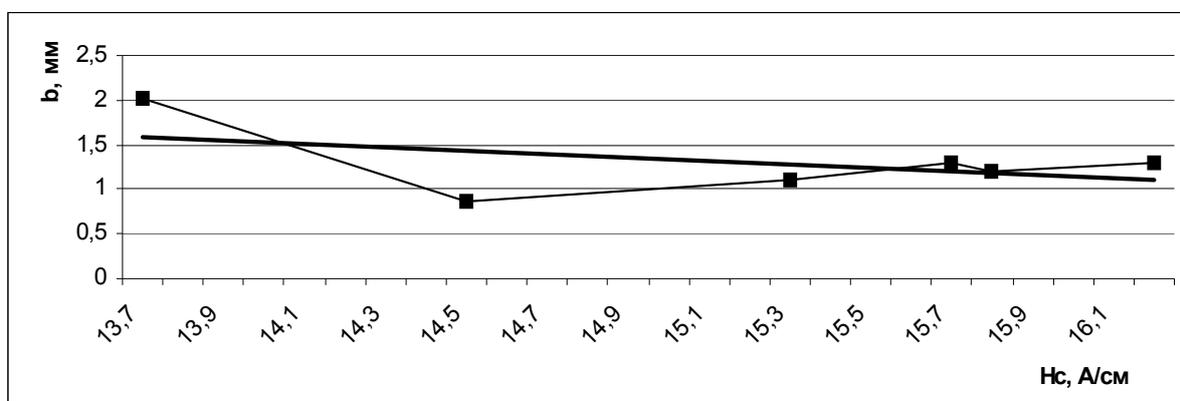


Рис.3. График зависимости коэрцитивной силы от толщины упрочненного слоя.

Как видно из графика, толщина закаленного слоя не однородна и изменяется от 0,86 до 2,02 мм, что соответствует пределам допустимых значений.

Из проведенного анализа видно, что исследованные термообработанные гильзы соответствуют требованиям ТУ и их качество может успешно контролироваться по коэрцитивной силе с учетом установленных норм.

УДК 621.791.92:631-77

РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ШЛИЦЕВОЙ ЧАСТИ ВАЛА ПРИ ЕГО ВОССТАНОВЛЕНИИ

Скобло Т.С., докт. техн. наук, Сидашенко А.И., канд. техн. наук,

Гончаренко А.А.

(г. Харьков, Украина)

The Broughted results of the studies of the calculation of the temperature in slotted of a part at welding in butting. Built dependencies of the sharing the temperature and tangential voltages in slotted of the part of gross, as well as is made their estimation at time

В отличие от расчета температуры при сварке двух частей вала, при расчете температуры в шлицевой части при его термообработке нет необходимости рассчитывать температуру от заварки шлицов.

Это связано с тем, что возникшие в этом процессе температурные напряжения будут сняты при нагреве индуктором. Последовательно во времени рассчитывали температуру для детали круглого сечения диаметром 20мм при нагреве индуктором, с последующим охлаждением в воде. После этого по ранее описанной методике, рассчитывали термические напряжения с учетом структурной деформации при охлаждении водой.

Поскольку остаточные напряжения оказались меньшими, чем в зоне сварного шва и не достигали предела текучести, расчет температуры и напряжений при отпуске не производили.

Поскольку температура и граничные условия симметричны по круглому сечению, производили расчет одномерного теплового поля в полярных координатах с помощью решения уравнения теплопроводности [1] :

$$c \cdot \gamma \cdot \frac{\partial T}{\partial \tau} = \lambda \cdot \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial T}{\partial r} \right) \quad (1)$$

где: r - расстояние от центра вала до любой точки по радиусу, м; τ - время от начала расчета, ч; $T = T(r, \tau)$ - температура в точке с координатой r в момент времени τ , °C; γ - плотность, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$; λ - теплопроводность, $\frac{\text{ккал}}{\text{м} \cdot \text{час} \cdot \text{град}}$; теплопроводность зависит от температуры и рассчитывали по приближенной формуле:

$$\lambda = 45 + 25 \cdot \frac{T - 1200}{1180}; \quad (2)$$

c - коэффициент удельной теплоемкости, $\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$.

Начальное условие:

$$T(r, z, 0) = T_0, \quad (3)$$

где: T_0 - температура шлицевой части вала перед нагревом в индукторе.

Прежде, чем описывать граничные условия на поверхности (а они зависят от времени), введем следующие обозначения (время в ч.):

τ_1 - время окончания нагрева под индуктором;

τ_2 - время начала закалки в воде;

τ_3 - время конца закалки в воде;

τ_4 - полное время обработки.

Граничные условия на поверхности шлицевой части при $r = R$ (R - радиус шлицевой части):

При $\tau \leq \tau_1$

$$Q = \frac{\partial T}{\partial r} \cdot \lambda, \quad (4)$$

где Q - задаваемый тепловой поток от индуктора.

При $\tau_1 < \tau \leq \tau_2$ и при $\tau_3 < \tau \leq \tau_4$ на границе с воздухом тепловой поток в виде излучения соответствует:

$$-Q = \frac{\partial T}{\partial r} \cdot \lambda, \quad (5)$$

где тепловой поток Q рассчитывается по формуле

$$Q = k_{kv} \cdot 3.8 \cdot \left[\left(\frac{T + 273}{100} \right)^4 + \left(\frac{T_{cp} + 273}{100} \right)^4 \right], \quad (6)$$

k_{kv} - коэффициент, учитывающий конвекцию; 3.8 - коэффициент, зависящий от теплоемкости и степени черноты; T - температура возле поверхности шлица; T_{cp} - температура окружающей среды.

При $\tau_2 < \tau \leq \tau_3$

$$-\frac{\partial T}{\partial r} \cdot \lambda = \alpha \cdot (T - T_{cp}), \quad (7)$$

где: T - температура поверхности; T_{cp} - температура окружающей среды; α - коэффициент теплоотдачи от

металла к воде $\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град}}$.

Зависимости (4) и (5) относятся к условиям второго рода. Условие (7) относится к третьему роду. Условия первого рода – это когда на границе задаются значения температур.

В центре окружности при $r = 0$ задается условие симметрии, т.е. отсутствие тепловых потоков:

$$\frac{\partial T}{\partial r} = 0. \quad (8)$$

Поставленную задачу решали методом конечных разностей по явной разностной схеме [1]. Радиус R был разбит на одинаковые ячейки размером 1мм. Каждой точке такой сеточной области устанавливается соответственно 2 индекса: i - номер линии по радиусу; k - номер расчета по времени (т.е. номером временного слоя).

Тогда уравнение теплопроводности (1) в конечных разностях будет иметь вид:

$$c_{ik} \cdot \gamma_{ik} \cdot \frac{T_{ik+1} - T_{ik}}{\Delta \tau} = \lambda_{ik} \cdot \left(\frac{T_{i-1k} - 2 \cdot T_{ik} + T_{i+1k}}{\Delta r^2} + \frac{1}{r_i} \cdot \frac{T_{i+1k} - T_{i-1k}}{2 \cdot \Delta r} \right). \quad (9)$$

Из этого уравнения температуру в точке i на следующем $k + 1$ - м шаге по времени T_{ik+1} выражается так:

$$T_{ik+1} = T_{ik} + \frac{\lambda_{ik} \cdot \Delta \tau}{c_{ik} \cdot \gamma_{ik}} \cdot \left(\frac{T_{i-1k} - 2 \cdot T_{ik} + T_{i+1k}}{\Delta r^2} + \frac{1}{r_i} \cdot \frac{T_{i+1k} - T_{i-1k}}{2 \cdot \Delta r} \right). \quad (10)$$

Эта зависимость верна для всех внутренних точек области. В точках, прилегающих к границе, учитываются граничные условия в конечных разностях.

Центр круга

$$\frac{T_{i-1k} - T_{i+1k}}{2 \cdot \Delta r} = 0. \quad (11)$$

В формулу (54) при $i = 1$ вместо T_{0k} подставляется из (55) T_{2k} .

Граничное условие (5) с учетом (6) в разностном виде записывается так:

$$\frac{T_{mk} - T_{m-1k}}{\Delta r} \cdot \lambda_{m-1k} = -k_{kv} \cdot 3.8 \cdot \left[\left(\frac{T_{m-1k} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{cp} + 273}{100} \right)^4 \right]. \quad (12)$$

Отсюда в зависимость (10) вместо T_{mk} записывается его выражение из (12):

$$T_{mk} = T_{m-1k} - \frac{\Delta r}{\lambda_{m-1k}} \cdot k_{kv} \cdot 3.8 \cdot \left[\left(\frac{T_{m-1k} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{cp} + 273}{100} \right)^4 \right]. \quad (13)$$

Аналогично, для условия (4)

$$T_{mk} = T_{m-1k} + \frac{\Delta r}{\lambda_{m-1k}} \cdot Q. \quad (14)$$

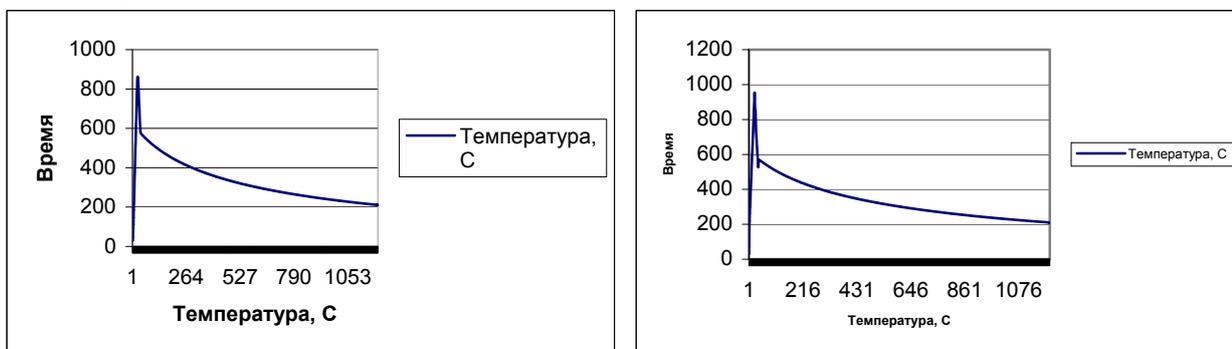
Для условия (7)

$$T_{mk} = T_{m-1k} - \frac{\Delta r}{\lambda_{m-1k}} \cdot \alpha \cdot (T_{m-1k} - T_{cp}). \quad (15)$$

Вычислив по (54) все значения T_{ik+1} с учетом (11),(13),(14) и (15) для следующего шага по времени эти значения пересылаются на место T_{ik} и расчет повторяется заново соответственно заданному времени $\tau_4 : \Delta \tau$ раз. Необходимо отметить, что величина шага по времени из условия устойчивости разностной схемы (10) согласно [1] выбирается по формуле:

$$\Delta \tau \leq \max \left(\frac{\gamma_{ik} \cdot c_{ik}}{\lambda_{ik}} \cdot \Delta r^2 \right). \quad (16)$$

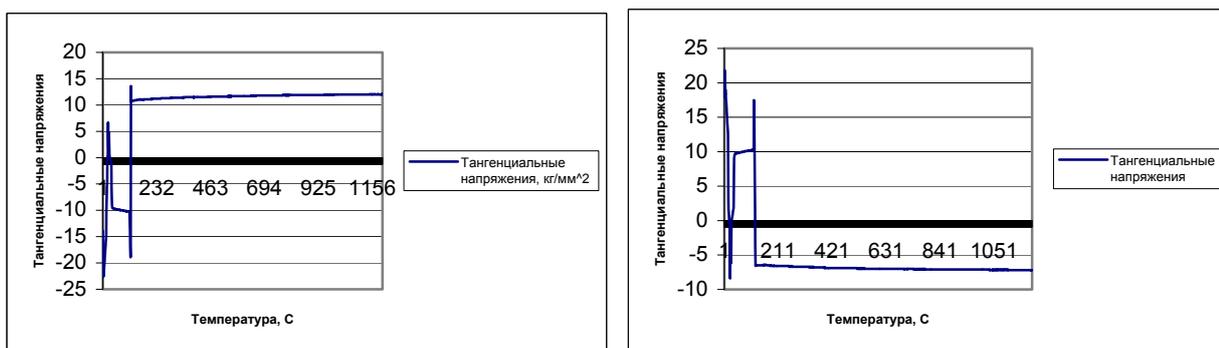
На рис. 1, а) - представлено распределение температуры во времени в центре шлицевой зоны, а на рис. 1, б) – на поверхности. Время представлено условно в номерах шагов. Шаг по времени равен 1,8с. Всего было 1200 шагов по времени, т.е. 2160с.



а)

б)

Рис. 1 Распределение температур во времени: а) в центре шлицевой зоны; б) – на поверхности.



а)

б)

Рис. 2 Распределение тангенциальных напряжений во времени: а) – в центре шлицевой зоны; б) – на поверхности.

На рис. 2, а) - представлено распределение во времени тангенциальных напряжений в центре шлицевой зоны, а на рис. 2, б) – на поверхности. Напряжения приведены в $\frac{кг}{мм^2}$.

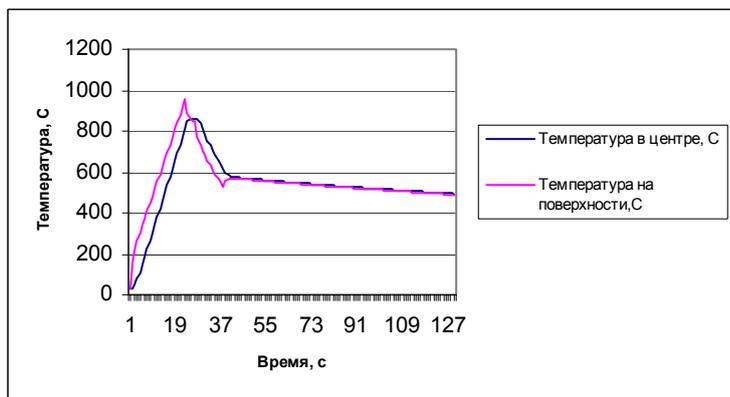


Рис. 3 Распределение температур в центре и на поверхности за время от начала нагрева до окончания структурных превращений.

Дальше изменения температур для центра и поверхности практически совпадают.

Напряжения, как видно из графика 4, в центре и на поверхности имеют разный знак. Это объясняется тем, что сечение профиля все время находится в равновесии.

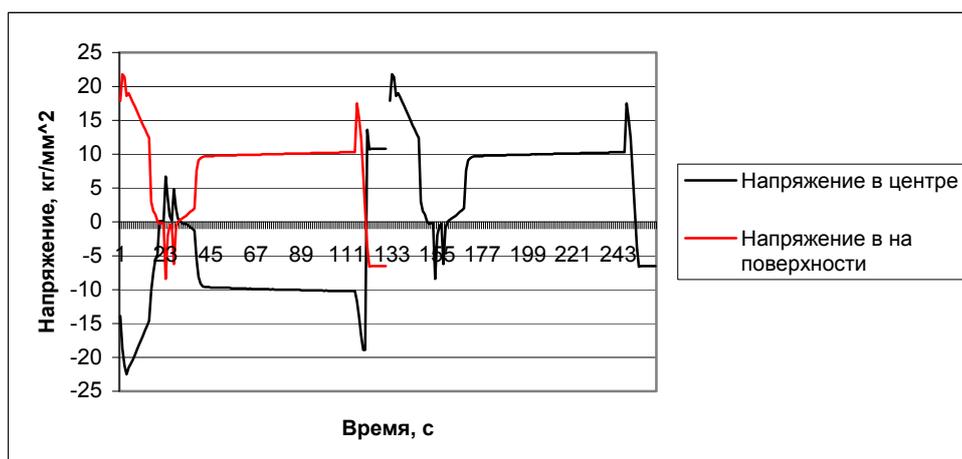


Рис. 4 Напряжения в центре и на поверхности шлицевой части за время от начала нагрева до окончания структурных превращений.

Небольшая перемена знака после окончания нагрева при закалке отмечается до 43-го шага по времени и не меняет характера знака напряжений, а только уменьшая их по абсолютной величине до $10 \frac{кг}{мм^2}$.

В момент, когда происходит структурная деформация (переход в упругую область из пластической при $500^{\circ}C$), напряжения окончательно меняют знак и достигают $+12.1 \frac{кг}{мм^2}$ у основания шлица и $-7.2 \frac{кг}{мм^2}$ на поверхности.

Эти напряжения вдвое меньше тех, которые получаются в зоне сварного шва по первой технологии [2] восстановления валов. Поэтому такая технология восстановления вала является более эффективной.

Литература

1. А.Н. Тихонов, А.А. Самарский. Уравнения математической физики. Издательство “Наука”. Главная редакция физико-математической литературы. Москва 1966г. 724страницы.
2. Скобло Т.С. д.т.н., профессор, Науменко А. А., к.т.н., профессор, Гончаренко А.А. аспирант: Расчет температурного поля при восстановлении вала методом сварки.: УФТ: ОТТОМ – 5; Харьков - 2004

УДК 621.797

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ВТУЛОК ЦИЛИНДРОВ И ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЕГО УРОВЕНЬ**Скобло Т. С., докт. техн. наук, Сидашенко А. И., канд. техн. наук, Марченко М. В.***(г. Харьков, Украина)*

In work the analysis influence of structure of the cartridge of cylinders on a level of durability is carried out, and their communication with coercitivity force is determined. Calculation of theoretical hardness, under offered formula A.P.Guljaevum's and N.T.Gudtsovum is made, the received data are confirmed with experiments.

Повышение качества втулок цилиндров, изготовленных из чугуна, их отбраковка возможны лишь при использовании неразрушающих методов контроля каждой втулки. На основе статистической обработки данных целесообразно установить допустимые пределы значений, регламентируемых по ТУ показателей качества материала (твёрдость, прочность). В ранее выполненных исследованиях [1, 2] были установлены зависимости структура чугуна – фазовый состав – твёрдость – коэрцитивная сила. Однако данные касающиеся влияния структурного фактора на уровень прочности, а также их связь с коэрцитивной силой, отсутствуют.

Это и явилось целью данных исследований.

Согласно техническим условиям и требованиям, предъявляемым к качеству втулок цилиндров судовых двигателей, они должны соответствовать следующим показателями:

- твёрдость металлической основы низколегированного серого чугуна 217 – 269 НВ в соответствии с ГОСТ 9012 - 89;
- минимальный предел прочности при растяжении 294 МПа.

Однако произвести оценку этих характеристик на всех втулках практически является невозможным, т. к. они связаны с их разрушением. В процессе сдаточных испытаний оценивают эти показатели по одному представителю от партии (плавки), что не даёт объективной оценки выпускаемой продукции. Это связано с тем, что втулки, отливаемые из одного подогреваемого миксера производят в течении значительного времени, в период которого происходит выгорание ряда химических элементов. Поэтому втулка первой заливки может существенно отличаться от – последующих.

Анализировали: твёрдость, предел прочности и коэрцитивную силу. Статистический анализ изменяемых факторов проводили для того, чтобы прогнозировать структуру и свойства втулок, которые не соответствуют техническим требованиям. Для этого было рассмотрено три выборки. Первая – имела минимальный уровень коэрцитивной силы и твёрдость ниже нижнего предела по требованиям ТУ, т. е. < 217 НВ. Вторая, соответствовала нормам ТУ. И третья – превышала верхний предел значений, т. е. >269 НВ.

Для второй группы значениями твёрдости 217 – 269 НВ соответствовали значения коэрцитивной силы в пределах 15,6 – 19,9 А/см. Более детальному анализу подвергались группы со значениями выше верхнего и ниже нижнего предела, допустимых значений по ТУ.

Эти три группы явились базовыми и для оценки прочности. Было установлено, что низкие показания (втулок первой группы) связаны с наличием пор в металле, а также крупными включениями первичного графита.

Высокие значения коэрцитивной силы втулок третьей группы связаны с появлением неметаллических включений и повышенной долей цементита (>5,0 %).

Для получения более точной зависимости: уровень прочности – коэрцитивная сила, было решено построить две зависимости. Одну – по уровню фазового состава на основе экспериментальных данных, вторую на основе расчётных значений твёрдости с учётом структурного фактора.

Определяли расчётную твёрдость, по месту оценки. Анализировали – количество графита и других фаз, а также определяли их уровень микротвёрдости (цементита, перлита – тёмная и светлая фазы, которые отличаются уровнем микротвёрдости и цементита) табл. 1.

Расчёт твёрдости производили по формуле:

$$H_{расч} = \frac{H_u \cdot \%Ц + H_{н.м.} \cdot \%П_m + H_{н.с.} \cdot \%П_{св} + H_z \cdot \%Г}{100}, \quad (1)$$

где H_u ; $H_{н.м.}$; $H_{н.с.}$; H_z – микротвёрдость цементита, перлита светлого и тёмного, графита, % Ц; % П.м.; % П.с.; % Г – процентное содержание этих компонентов.

Сопоставив расчётные значения твёрдости и, полученные экспериментальным путём, был определён коэффициент перехода от твёрдости теоретической к микротвёрдости для таких чугунов (табл. 2).

Одновременно теоретическую твёрдость рассчитывали по формуле предложенной в работах А.П.Гуляева и Н.Т.Гудцова

$$\sigma = \frac{2P}{d^2}, \quad (2)$$

где P - нагрузка на индентор (использовали при оценке микротвёрдости $P=50$ з); d – длина диагонали отпечатка, мм.

Таблица 1

Соотношение фаз в исследуемых отливках

Номер образца	Количество фазы, %						
	Зона	Графит	Карбид	Ц/Г	Перлит (светл)	Перлит (темн)	Псв/Пт
1	1	16,5	10,69	0,648	28,535	44,28	0,64
	2	21,15	12,29	0,581	36,05	30,21	1,19
2	1	18,0	8,235	0,458	27,01	40,76	0,66
	2	19,495	6,51	0,334	27,86	46,13	0,60
3	1	19,96	5,39	0,27	23,83	50,815	0,47
	2	23,745	4,875	0,205	27,63	43,745	0,63
4	1	21,985	6,385	0,29	33,415	38,21	0,87
	2	21,305	3,9	0,183	29,78	45,01	0,66
5	2	20,495	5,38	0,263	46,16	22,015	2,10
6	1	18,21	8,2	0,45	37,595	35,905	1,04
	2	25,37	5,905	0,233	34,535	34,19	1,01
7	1	22,0	8,83	0,401	37,63	31,54	1,19
	2	25,255	5,625	0,223	28,55	40,565	0,70
8	1	17,675	7,915	0,448	38,19	36,22	1,05
	2	19,085	6,495	0,34	39,51	34,905	1,13
9	1	19,76	8,76	0,445	41,92	29,56	1,42
	2	22,74	5,64	0,248	30,63	40,945	0,75

Таблица 2

Коэффициент перехода от твёрдости к микротвёрдости

Расчётная твёрдость (по микротвёрдости)	Измеренная твёрдость, НВ	Коэффициент перехода	Ср. коэффициент перехода
432	269	0,62	
389	269	0,69	
350	241	0,69	
360	241	0,67	
406	217	0,53	
351	207	0,59	
363	207	0,57	
408	241	0,59	
361	241	0,68	

На основании полученных данных были построены зависимости (рис. 1 и рис.2).

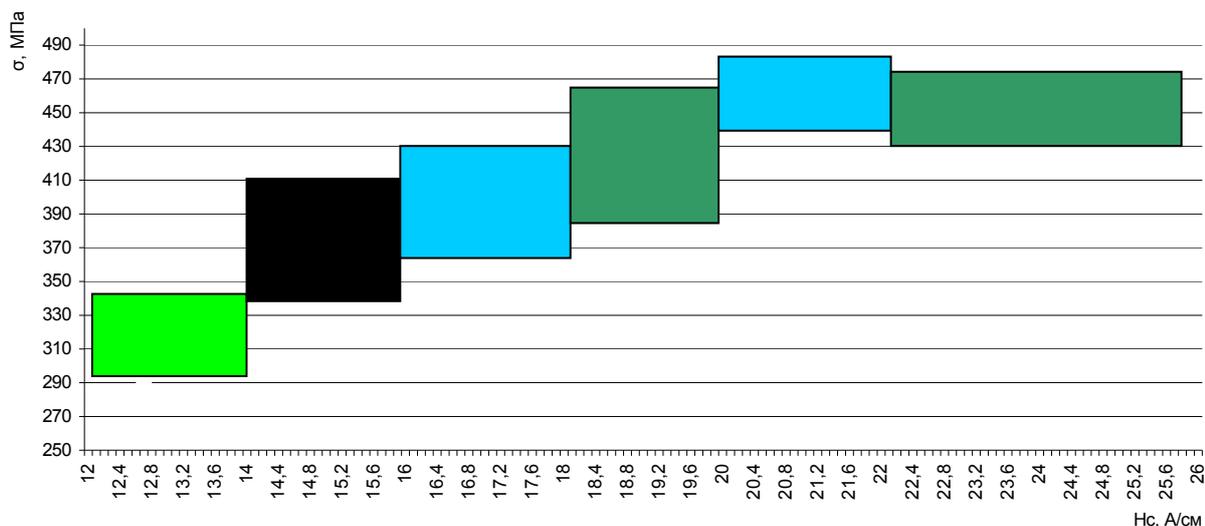


Рис. 1. Зависимость прочности (теоретическая оценка) от коэрцитивной силы.

Характер зависимостей прочность – коэрцитивная сила идентичный для теоретической и экспериментальной зависимостей. Вместе с тем уровень прочностных характеристик выше при теоретической оценке, что соответствует по-

лученному коэффициенту перехода (0,63), т. е. Разница составляет 47 %. Кроме того, при экспериментальной оценке выявлены более широкие измерения прочности для 1 и 3 групп втулок (не соответствующие требованиям ТУ), что связано с выше указанными факторами.

Для установления количественного влияния числа пор и доли неметаллических включений на изменение прочности получены зависимости, приведенные на рис. 3 и 4.

Наличие пор и грубого первичного графита во втулках 1 – ой группы (рис. 3) значительно снижают прочность при растяжении с 325 до 255 МПа и этим показателям соответствуют низкие значения коэрцитивной силы 12 – 16 А/см. При этом максимальное значение прочности соответствует 7% пор, а минимальное – 12% в поле зрения шлифа, при $\times 100$.

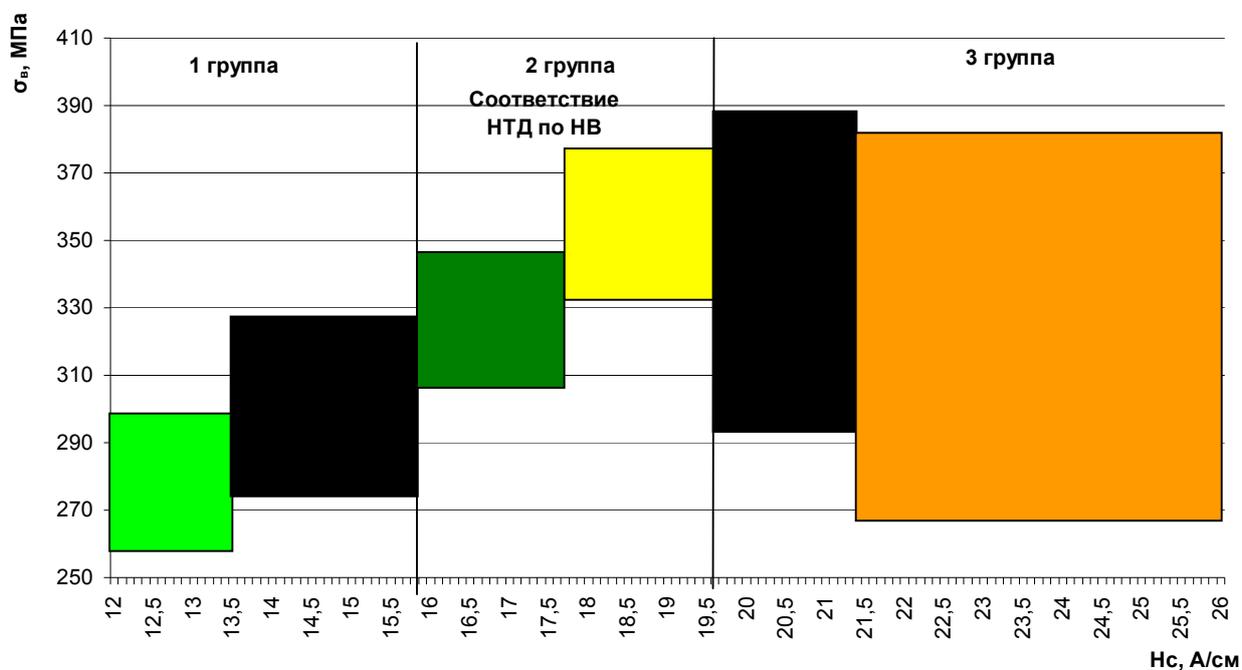


Рис. 2. Зависимость прочности (экспериментальная оценка) от коэрцитивной силы.

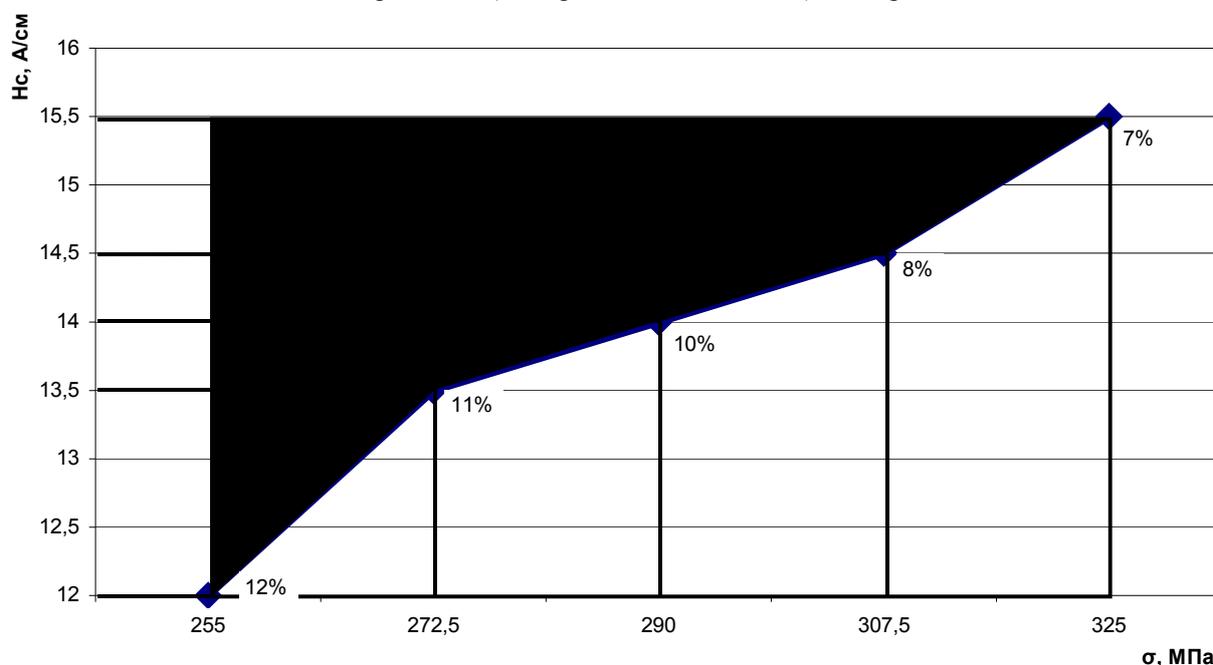


Рис. 3. Изменение уровня H_c от значения прочности при наличии различного количества пор в измеряемой зоне втулок цилиндров.

Установлено, что за счёт наложения напряжений от неметаллических включений повышается коэрцитивная сила. При рассмотрении втулок (3-ей группы) области вокруг неметаллических включений (рис. 4), характеризуется разбросом значений прочности при растяжении. Это связано с тем, что они являются концентраторами напряжений.

При увеличении доли неметаллических включений от 3 до 15 шт. в поле зрения шлифа прочность изменяется в широ-

ких пределах от 260 до 385 МПа, что при неразрушающем контроле качества выявляется как отклонение от требований ТУ, но чётко не прогнозируется. Результаты по оценке прочности, соответствующей требованиям ТУ > 294 МПа и 2-ой группе исследуемых втулок, имеют стабильные показания коэрцитивной силы на уровне 15,6 – 19,9 А/см.

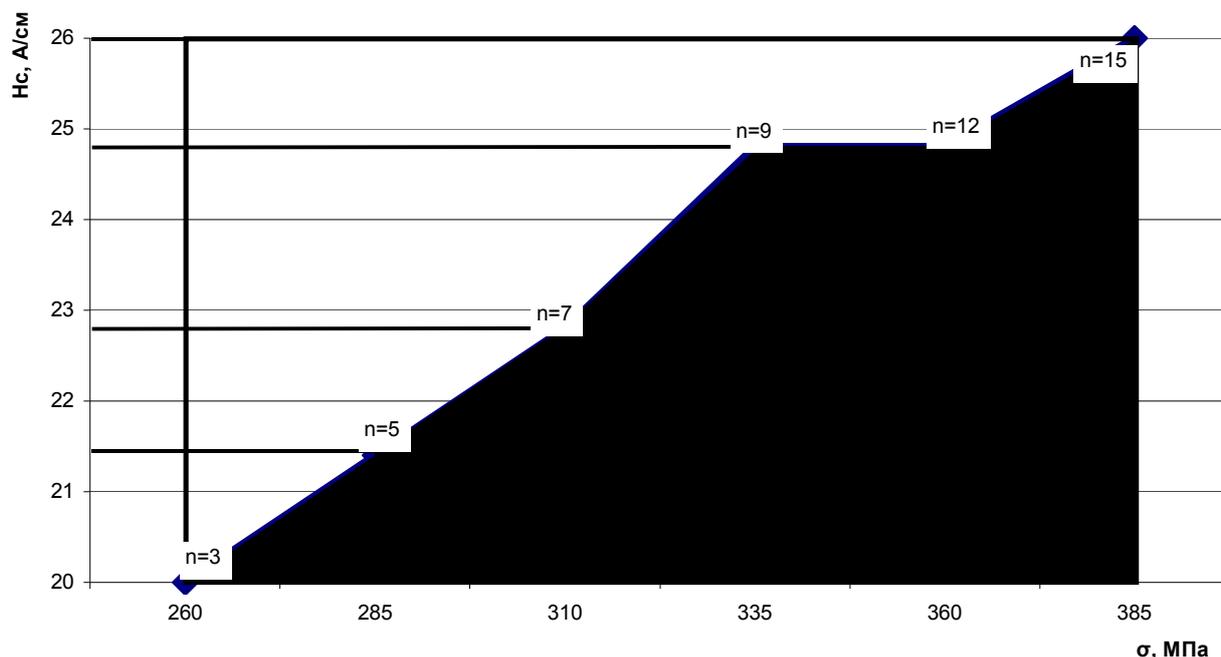


Рис. 4. Изменение уровня коэрцитивной силы от локальных деформаций с учётом количества неметаллических включений в анализируемой зоне втулки цилиндров.

В результате проведенных исследований показано, что уровень прочности гильз цилиндров можно оценить неразрушающим методом на каждой детали исходя из показаний твёрдости с учётом коэффициента перехода (0,53 – 0,69/ средний 0,63) на основе расчётной твёрдости по формуле предложенной Гуляевым – Гудцовым и коэрцитивной силы. Установлено, что отклонения от требований ТУ связаны с наличием в структуре пор и скоплений первичного графита и неметаллических включений, а также доли цементита > 5,0%.

Литература

1. Скобло Т. С., Марченко М. В., Власовец В. М. Влияние включений графита на коэрцитивную силу. Вісник ХДТУСГ. Випуск 21, 2003. с. 243-248.
2. Скобло Т. С., Марченко М. В. Оценка скоплений неметаллических включений в низколегированном чугуна по коэрцитивной силе. Вісник ХДТУСГ. Випуск 22, 2003. с. 137 - 142.

УДК 621.923

К ПОВЫШЕНИЮ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ТРУЩИХСЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ, ВОССТАНОВЛЕННЫХ НАНЕСЕНИЕМ ПОКРЫТИЙ

Скобло Т.С., докт. техн. наук, Коломиец В.В., докт. техн. наук, Ридный Р.В.

(г. Харьков, Украина)

The Broughted analysis existing studies on increasing of wear capability of friction of the surfaces of the details, restored by fixing covering. It Is Shown that for essential increasing of wear capability, alongside with technological acceptance, follows to search for others, for instance introduction for new element material covering.

Из априорной информации [1,2] известно, что физико-механические свойства поверхностного слоя обрабатываемой детали в значительной мере определяются режимами механической обработки. Эти свойства зависят и от величины и характера остаточных напряжений, а также степени упрочнения (наклёпа), что можно оценить микротвёрдостью поверхностного слоя.

Целью работы является установление возможности упрочнения поверхности трения после её восстановления путём нанесения покрытия наиболее часто применяемым материалом, в частности Нп-30ХГСА.

Для решения поставленной задачи в работе [3] исследовано влияние специальной механической обработки резцами с отрицательными передними углами на физико-механические характеристики поверхностного слоя восстановленных деталей (рис. 1).

Показано, что в процессе точения восстановленных поверхностей резцами из ПСТМ типа киборит с передними углами, равными -35° ... -50° создаются температурно-силовые условия, обеспечивающие протекание фа-

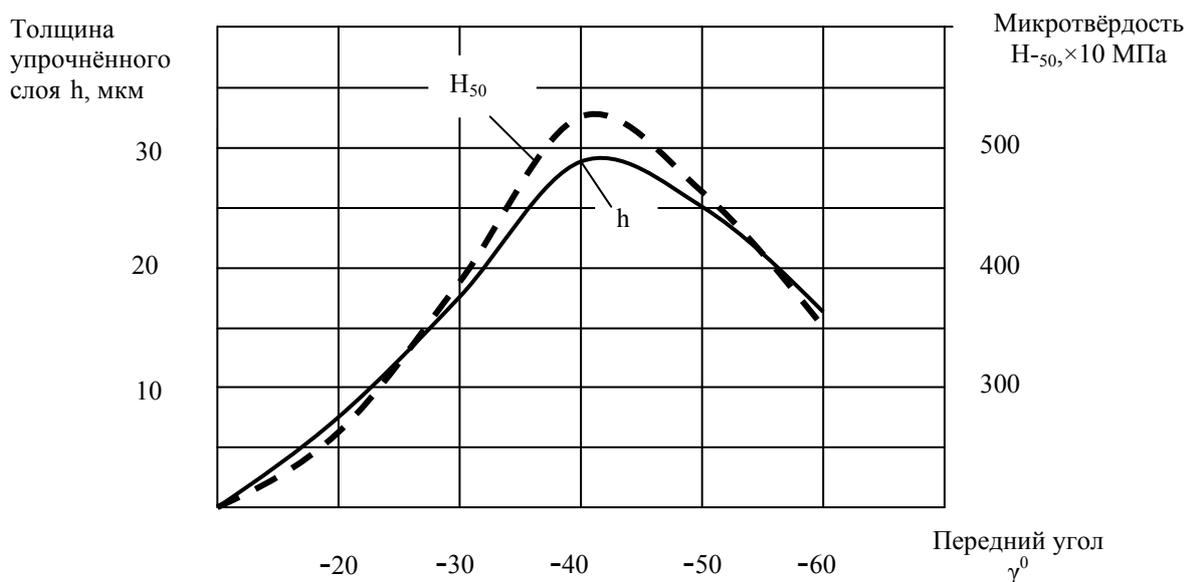


Рис. 1. Зависимость толщины h и микротвёрдости H_{-50} упрочнённого слоя от переднего угла γ резца.

зовых превращений в поверхностном слое. Это приводит к формированию упрочнённого слоя, появляющегося в результате образования структуры вторичного мартенсита, глубиной до 25...32 мкм, микротвёрдостью в 2...2.5 раза выше твёрдости самого покрытия. Белый слой имеет стабильную толщину и микротвёрдость. Структура вторичного мартенсита белого слоя резко отличается от структуры мартенсита, полученного в процессе закалки. Вторичный мартенсит упрочнённого слоя не травится обычными способами и имеет твёрдость в 1,3...1,5 раза выше твёрдости мартенсита закалки. Таким образом показано, что только одними технологическими приёмами, путём специальной механической обработки резцами из ПСТМ возможно существенное упрочнение поверхностного слоя, а следовательно повышение износостойкости в главном образом в период приработки.

Вместе с тем анализ работ [4], выполненных другими исследователями, показал, что положительное влияние на износостойкость трущихся поверхностей проявляется только до определённой степени упрочнения (наклёпа) или величины микротвёрдости (рис. 2). Дальнейшее повышение микротвёрдости приводит к увеличению и самого износа, и темпа его нарастания.

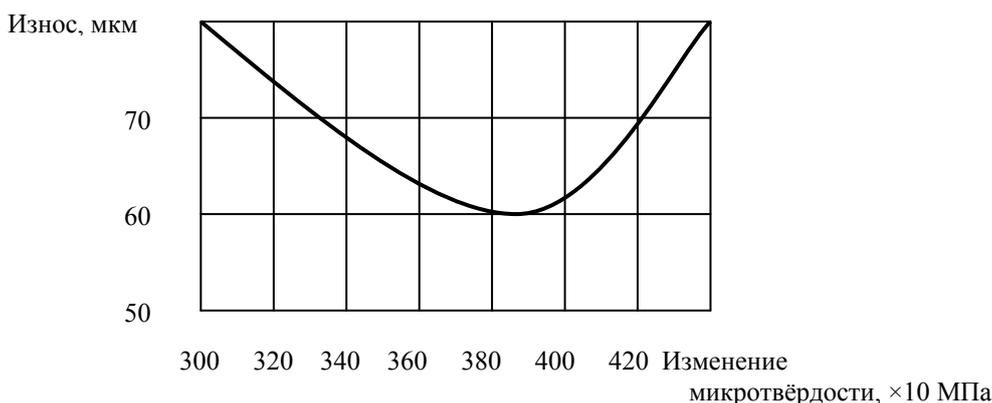


Рис. 2. Зависимость износа стали У7 от степени предварительного наклёпа при точении.

С другой стороны известно [4], что величины микротвёрдости обработанных поверхностных слоёв не остаются постоянными в процессе работы (рис. 3). И хотя абсолютная величина износа в период приработки при изнашивании наклёпанных образцов была в 2 раза меньше, чем при изнашивании отожжённых сразу после механической обработки, микротвёрдость трущихся поверхностей неотожжённых образцов в период приработки снижалась и приближалась к значениям отожжённых образцов. Такое понижение микротвёрдости при приработке объясняется, главным образом, структурными превращениями в трущихся поверхностях с преобразованием мартенсита.

Анализ этих результатов позволяет сделать заключение, что несмотря на то, что используемый технологический приём в виде специальной механической обработки восстановленных поверхностей хотя и обеспечивает улучшение качества поверхности, создаёт поверхностное упрочнение и способствует значительному повышению микротвёрдо-

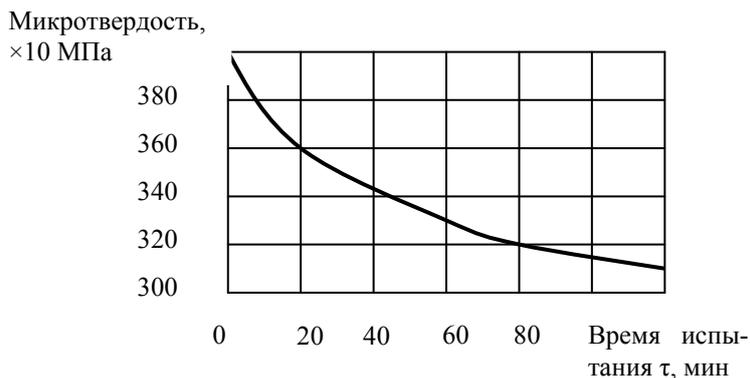


Рис. 3 Изменение микротвёрдости образцов из стали 20 в процессе изнашивания

сти. Вместе с тем получение существенного повышения работоспособности восстановленных трущихся поверхностей в периоде установившегося износа следует искать не только в улучшении физико-механических характеристик поверхностного слоя путём механической обработки, а уделять внимание подбору материалов для нанесения покрытий, обеспечивающих устойчивость к структурным изменениям материала, проявляющихся в процессе изнашивания рабочих поверхностей. Одним из таких направлений являются металлургические приёмы, в частности использование микролегирования материала покрытий.

Литература

1. Рыжов Э.В., Клименко С.А., Гуцаленко О.Г. Технологическое обеспечение качества деталей с покрытиями. – Київ: Наукова думка, 1994. –176с.
2. Бабей Ю.И. Физические основы импульсного упрочнения стали и чугуна. – Киев: Наукова думка, 1988. -240с.
3. Ридный Р.В. Влияние геометрии инструмента на физико-механические характеристики поверхностного слоя при точении наплавленных деталей. //Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. Випуск 26. – Харків: ХДТУСГ, 2004. – с. 262-267.
4. Маталин А.А. Технологические методы повышения долговечности деталей машин. «Техніка», 1971, с. 144.

УДК 621.91.01

УЛУЧШЕНИЕ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ЧУГУНОВ С РАЗЛИЧНОЙ МИКРОСТРУКТУРОЙ

Солнцев Л.А., канд. техн. наук, Мощенок В.И., канд. техн. наук,
Лалазарова Н.А., канд. техн. наук, Арутюнян С.А, Путятин Л.И.
(г. Харьков, Украина)

For improving of machinability for high-strength spheroidal graphite cast iron which has different microstructure use cemented – oxide tool which has high resistance

В настоящее время всё более широкое применение в качестве материала деталей двигателей тракторов и комбайнов находят высокопрочный чугун с шаровидным графитом (ВЧШГ), который сочетает технологичность серого чугуна с комплексом свойств более высоких, чем у ковкого чугуна и в ряде случаев даже литой и ковкой стали [1]. Более широкое внедрение ВЧШГ сдерживается, в какой-то мере, невысоким уровнем его обрабатываемости резанием. Существует целый ряд методов улучшения обрабатываемости ВЧШГ: термической обработкой, применением смазывающе-охлаждающих технологических сред, новых инструментальных материалов, оптимальных режимов обработки и др.

Постановка проблемы. При обработке высокопрочных чугунов широко применяют такие инструментальные материалы как быстрорежущие стали, твёрдые сплавы группы ВК. Однако для обработке чугунов высокой твёрдости эти материалы не пригодны, так как имеют невысокую стойкость. Поэтому перспективным является проведение исследований, посвящённых изучению обрабатываемости ВЧШГ с различной микроструктурой минералокерамическими инструментами.

Анализ исследований и достижений. Керамика (ВЗ, ВОК60, ВОК63) находит всё большее применение при точении и растачивании чугунов [3]. Так как резание чугунов сопровождается высокими температурами, то увеличение производительности обработки чугунов повышенной прочности (с пределом прочности свыше 700 МПа, твёрдостью свыше 300 НВ) невозможно без применения сверхтвёрдых и керамических инструментальных материалов. Закалённые до 60-64 HRC чугуны предложено обрабатывать минералокерамическими многогранными пластинками взамен шлифования [4]. Однако в этих работах даются слишком обобщённые рекомендации по обработке чугунов без учёта их микроструктуры. В настоящее время появились новые марки минералокерамики с более высоким уровнем свойств марок и поэтому возникла необходимость в проведении исследований обрабатываемости ВЧШГ этими инструментальными материалами.

В связи с этим **целью настоящей работы** является исследование и улучшение обрабатываемости высокопрочных чугунов с различной микроструктурой металлической матрицы применением минералокерамических инструментов.

Высокопрочный чугун с шаровидным графитом, особенно в литом состоянии, относится к неоднородным материалам: твёрдая металлическая матрица пронизана мягкими включениями графита различных размеров; неравномерное распределение феррита, который сосредоточен, в основном, в околографитной зоне; ликвация химических элементов, в основном, кремния, который расположен в феррите околографитной зоны. Неоднородность приводит к возникновению колебаний мгновенных значений силы резания, что интенсифицирует усталостный износ инструмента. Этот вид износа является наиболее опасным для минералокерамических инструментальных материалов, обладающих низким пределом усталостной прочности (ВОК60: 94HRA, $\sigma_{и} = 650$ МПа). Неоднородность чугунов может изменяться термической обработкой. Неоднородность чугуна характеризуется коэффициентом неоднородности, который определяется как отношение коэффициентов вариации мгновенных значений силы резания для исследуемого ВЧШГ и выбранного за эталон серого чугуна [2].

Исследования обрабатываемости проводились на чугунах, подвергнутых термической обработке по различным режимам (табл.1).

Таблица 1.

Режимы термической обработки и свойства чугунов, значения коэффициентов трения

Условный номер чугуна	Вид термической обработки	Коэффициент неоднородности	Твёрдость чугуна, НВ	Инструментальный материал	
				ВК8	ВОК71
				Коэффициент трения	
1	Отжиг	1,14	170 - 180	0,43	0,22
2	Литое состояние	1,7	210 - 220	0,39	0,18
3	Двойная нормализация	1,26	260 - 270	0,29	0,11
4	Нормализация из МКИ	1,36	275 - 285	0,32	0,13
5	Закалка и высокий отпуск	1,77	330 - 340	0,28	0,1
6	Закалка и низкий отпуск	1,9	470 - 480	0,24	0,08

Обрабатываемость оценивали по стойкости инструмента и коэффициенту трения. Были проведены стойкостные испытания при обработке резцами с квадратными минералокерамическими пластинками марки ВОК 71. Результаты испытаний представлены на рис.1. Обрабатываемость чугунов в литом состоянии, подвергнутых нормализации и закалке с отпуском хуже обрабатываемости чугуна после отжига. Наименьшая стойкость инструмента при обработке чугуна со структурой мартенсит (закалка+низкий отпуск), наибольшая у чугуна со структурой феррит (отжиг) и феррит+перлит (двойная нормализация). Наблюдается хорошая корреляция между стойкостью инструмента и коэффициентом неоднородности чугуна (рис.1). Для каждой микроструктуры чугуна рекомендуются свои значения режимов обработки - скорости резания.

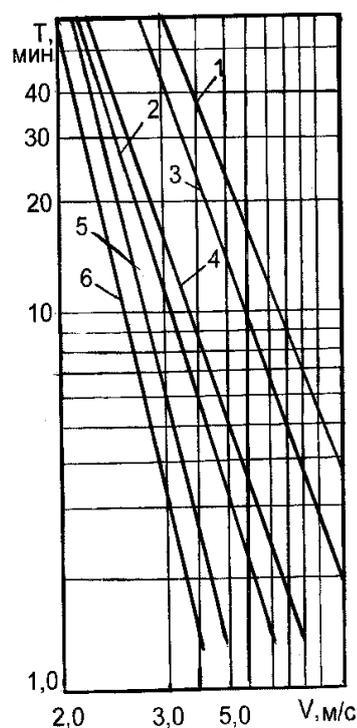


Рис.1. Стойкость инструмента из минералокерамики ВОК 71 при обработке ВЧШГ с различной микроструктурой.

Хорошая обрабатываемость у чугунов имеющих мелкодисперсную однородную перлитно-ферритную структуру (двойная нормализация). Структура чугуна оказывает различное воздействие на минералокерамический режущий инструмент, что подтверждается исследованиями изношенных поверхностей резцов (рис.2).

Изношенные поверхности минералокерамики после точения закалённого чугуна (рис.2, б) имеют более грубый микрорельеф, чем после точения чугуна, подвергнутого двойной нормализации (рис.2, а): на изношенной поверхности видны следы усталостного разрушения – сколы и вырывы. Это можно объяснить более высокой степенью нестабильности процесса резания при обработке чугунов с высокой степенью неоднородности.

В качестве показателя обрабатываемости исследовались также коэффициенты трения для пары минералокерамика – чугуны с различной микроструктурой. При обработке минералокерамическими резцами низкие значения коэффициента трения наблюдаются практически при обработке всех чугунов. С увеличением скорости резания коэффициент трения уменьшается и при каком-то значении скорости резания стабилизируется. Зависимость представляет собой плавно ниспадающую кривую без экстремумов. Самый низкий коэффициент трения для пары ВОК71 - ВЧШГ после закалки и низ-

кого отпуска.



Рис. 2. Поверхность износа резцов из минералокерамики после обработки чугунов подвергнутой: а – двойной нормализации, б – закалке и низкому отпуску, $\times 10000$.

Коэффициент трения почти всегда уменьшается с ростом твёрдости чугуна, то есть с уменьшением количества свободного феррита в структуре. Однако эта зависимость не однозначна. Наилучшей обрабатываемостью, если вести оценку по критерию обрабатываемости коэффициент трения, обладает чугун с максимальной твёрдостью (после закалки и низкого отпуска), наихудшей - чугун с наименьшей твёрдостью (после отжига). При минимальных значениях твёрдости наблюдается максимальная износостойкость инструмента. Таким образом исследованные характеристики не дают возможности однозначно судить об обрабатываемости ВЧШГ. Однако коэффициент трения является косвенной характеристикой обрабатываемости. Более достоверно отражает обрабатываемость показатель стойкости инструмента.

Выводы.: 1. Улучшить обрабатываемость высокопрочного чугуна можно проведением термической обработки, изменяя микроструктуру чугуна. Наилучшей обрабатываемостью обладают чугуны после двойной нормализации с мелкодисперсной феррито-перлитной структурой. 2. Эффективным методом улучшения обрабатываемости (особенно для высокотвёрдых чугунов) является применение минералокерамических инструментальных материалов, имеющих низкий коэффициент трения в паре с чугуном и высокую стойкость. 3. На стойкость минералокерамики оказывает влияние неоднородность чугуна: с повышением степени неоднородности стойкость снижается.

Литература

1. Солнцев Л.А., Зайденберг А.Ф., Малый А.Ф. Получение чугунов повышенной прочности.-Харьков: Вища школа. Изд-во при Харьк. ун-те, 1986.-152 с.
2. Лалазарова Н.А. Влияние неоднородности высокопрочного чугуна на его обрабатываемость резанием // Вестник ХГАДТУ. – 2000. №12-13. С. 86-87.
3. Семенцов В.И. Опыт внедрения инструмента, оснащённого СТМ и режущей керамикой в сельхозмашиностроении // Станки и инструмент.-1990.-1990.-№9.-С.54-56.
4. Режущие инструменты оснащённые сверхтвёрдыми и керамическими материалами и их применение: Справочник / Жедь В.П., Боровский Г.В., Музыкант Я.А., Ипполитов Г.М.-М.: Машиностроение, 1987.-320с.

УДК 669.131.7:621.78

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИОННОГО ОТЖИГА НА ПРОЦЕСС ОБРАЗОВАНИЯ АУСТЕНИТА В ДЕФОРМИРОВАННОМ ВЫСОКОПРОЧНОМ ЧУГУНЕ

Бондаренко С.И., канд. техн. наук

(г. Харьков, Украина)

It has been established that in dependence on conditions of recrystallization annealing quantity of austenite formed in ferritic high-strength cast iron deformed by rolling may increase or decrease in comparison with unannealing state. It is connected with different degree of conserving or removing of crystal lattice defects during annealing.

Установлено, что в зависимости от режима рекристаллизационного отжига количество аустенита, образующегося в ферритном высокопрочном чугуне, деформированном прокаткой, увеличивается или уменьшается по сравнению с неотожженным состоянием, что связано с разной степенью закрепления или снятия дефектов кристаллической решетки в процессе отжига.

Широкое применение в сельскохозяйственном машиностроении высокопрочного чугуна с шаровидным графитом делает актуальной разработку новых методов повышения его конструкционной прочности, в том числе сочетающих пластическую деформацию и термическую обработку.

Постановка задачи. Структура и свойства чугуна после термообработки в значительной степени зависят от морфологии и кинетики образования аустенита при нагреве, а они, в свою очередь, определяются исходной структурой. Предварительная пластическая деформация сильно влияет на процесс аустенитообразования и свойства готовых изделий, поэтому изучение этого влияния имеет большое значение для теории и практики предварительной термомеханической обработки чугуна.

Анализ последних исследований и достижений. В выполненных ранее работах [1,2] было показано, что холодная пластическая деформация чугуна с ферритной матрицей сложным образом влияет на кинетику $\alpha \rightarrow \gamma$ -превращения, ускоряя по сравнению с отожженным состоянием образование аустенита при одних степенях деформации и замедляя его при других. Это связано с различиями в исходной плотности и кинетике снятия дефектов при нагреве чугуна с разной степенью наклепа. Чем больше дефектов сохраняется в феррите к началу $\alpha \rightarrow \gamma$ -превращения, тем больше аустенита образуется в процессе выдержки в эвтектоидном интервале температур. Представляло интерес выяснить, как влияет рекристаллизационный отжиг деформированного ферритного высокопрочного чугуна на снятие дефектов кристаллического строения и кинетику образования γ -фазы при нагреве.

В связи с этим, **целью настоящей работы** было исследование влияния режима рекристаллизационного отжига ферритного высокопрочного чугуна, деформированного прокаткой, на особенности $\alpha \rightarrow \gamma$ -превращения в процессе выдержки в эвтектоидном интервале температур.

Материал и методика эксперимента. В качестве материала для исследования был использован магниевый чугун с шаровидным графитом следующего химсостава: 3,37 % C; 3,24 % Si; 0,57 % Mn; 0,08 % P; 0,003 % S; 0,06 % Mg. Для получения ферритной матрицы отливки подвергались ферритизирующему отжигу по следующему режиму: 1100 °C – 2 часа, охлаждение с печью до 700 °C – выдержка 2 часа.

Структура матрицы чугуна после отжига по такому режиму является крупнозернистой, что облегчает пластическую деформацию и последующее наблюдение особенностей $\alpha \rightarrow \gamma$ -превращения.

Прокатка образцов осуществлялась при комнатной температуре на стане дуо с диаметром валков 150 мм до толщины 4 мм. Степень деформации составляла 30 %. Прокатанные полосы разрезались на образцы размерами 10 x 10 x 4 мм. Рекристаллизационный отжиг образцов осуществлялся при температурах 600 °C в течение 1 часа и 700 °C в течение 1,2 и 3 часов.

Образование аустенита в деформированных и отожженных образцах изучалось в процессе изотермической выдержки при 800 °C в течение 20 мин. Нагрев до температуры выдержки осуществлялся со средней скоростью 60 град/мин. После окончания изотермической выдержки производилась закалка образцов в соленой воде.

Металлографическое исследование образцов выполнялось на микроскопе МИМ-8. О процессах, происходящих при нагреве чугуна, судили по структуре, полученной после охлаждения до комнатной температуры. Травление микрошлифов производилось 4%-ным раствором азотной кислоты в спирте.

О морфологии образования γ -фазы судили по виду и расположению мартенситных участков, образующихся в процессе закалки. Количественная оценка образующегося при нагреве аустенита осуществлялась подсчетом количества мартенсита после закалки методами количественной металлографии (точечным, методом секущих).

Об изменениях состояния матрицы чугуна в результате деформации и отжига судили по виду рентгенограмм, снятых методом обратной съемки в камере КРОС-1. Съемка производилась в Co -излучении.

Результаты экспериментов. Деформация образцов приводит к изменению формы графита, сплющиванию его и к вытягиванию ферритных зерен в направлении течения металла, причем деформация разных зерен происходит в разной степени (рис. 1).

Точечные рефлексы, наблюдающиеся в исходном состоянии (рис. 2 а) после деформации сменяются широким размытым кольцом, свидетельствующим о большом количестве искажений кристаллической решетки, внесенных пластическим деформированием (рис. 2 б).

Отжиг деформированных образцов приводит к развитию процессов возврата и рекристаллизации.

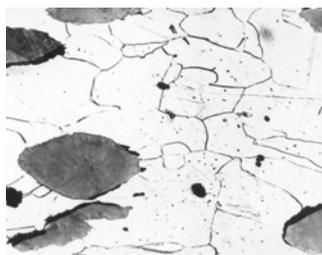


Рис. 1. Микроструктура чугуна, деформированного прокаткой ($\epsilon = 30\%$); $\times 200$.

После выдержки при 600 °C в течение 1 часа наблюдается ~ 30 % рекристаллизованных мелких зерен феррита округлой формы. Остальные зерна были крупные с извилистыми границами, не подвергшиеся рекристаллизации.

Отпуск при 700 °C в течение 1 часа приводит практически к полной рекристаллизации феррита, о чем свидетельствуют как металлографические, так и рентгеноструктурные исследования. Зерна феррита имеют полиэдрическую форму и отличаются неоднородностью по размеру, что, очевидно, связано с неоднородным распределением кремния в феррите, препятствующим развитию рекристаллизации. Размытое кольцо на рентгенограмме деформированного образца сменяется точечными рефлексами после отжига (рис. 2 в).

Увеличение времени выдержки при 700 °C до 2 часов приводит к некоторому укрупнению зерен, а после 3-часовой выдержки наблюдается заметный рост отдельных зерен в результате вторичной рекристаллизации.

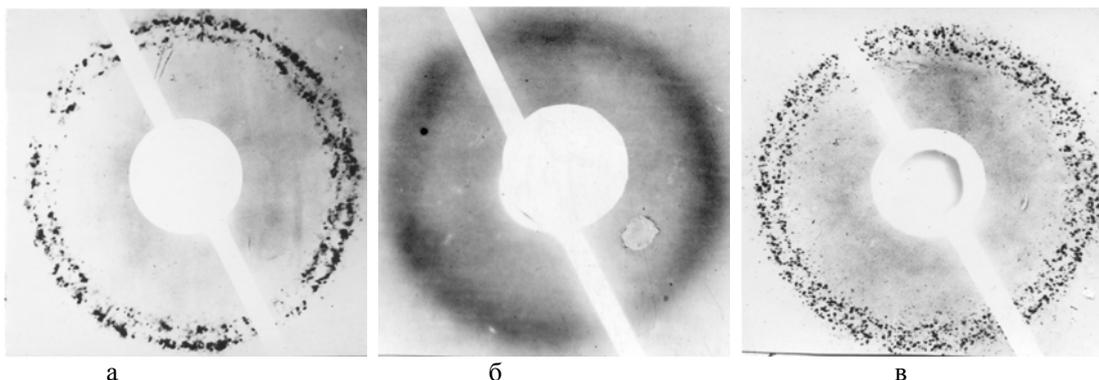


Рис. 2. Рентгенограммы чугуна в исходном состоянии (а), после деформации (б) и после деформации и отжига при 700 °С в течение 1 часа (в).

Образование аустенита во всех исследованных образцах начинается в участках, обедненных кремнием, вдали от включений графита, затем распространяется по границам зерен феррита и в глубь зерен. Границы участков аустенита в образце, отпущенном в течение 1 часа при 600 °С, очень изрезаны.

После выдержки в течение 20 мин. при 800 °С в деформированном неотожженном образце образовалось 28 % аустенита. Непревратившийся феррит полностью рекристаллизовался. В отожженном при 600 °С в течение 1 часа образце образовалось 42 % аустенита, т.е. существенно больше, чем в неотожженном образце.

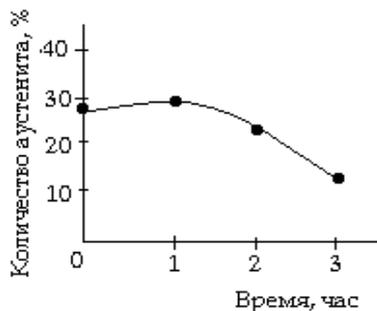


Рис. 3. Влияние времени выдержки при температуре отжига 700 °С на количество аустенита, образовавшегося в деформированном и отожженном чугуне после выдержки в течение 20 мин. при 800 °С.

На рис. 3 приведен график зависимости количества аустенита, образовавшегося при аналогичных условиях нагрева, от времени выдержки при температуре отжига 700 °С. В образце, отожженном в течение 1 часа при 700 °С, образуется 30 % аустенита, т.е. почти столько же, сколько в деформированном и не подвергнутом отжигу. С увеличением времени выдержки при отжиге количество образующегося в процессе изотермической выдержки при 800 °С аустенита уменьшается. Это свидетельствует о более полном снятии дефектов, внесенных деформацией, с увеличением времени выдержки при 700 °С. Уменьшение плотности дефектов в результате более полного протекания процесса рекристаллизации снижает свободную энергию системы и уменьшает движущую силу $\alpha \rightarrow \gamma$ -превращения.

Обсуждение результатов. В результате выполненных исследований было установлено, что отжиг деформированного чугуна существенно влияет на кинетику процесса образования аустенита при последующем нагреве.

Отжиг в течение 1 часа при 600 °С приводит к значительному увеличению количества образующегося аустенита по сравнению с деформированным и неотожженным чугуном.

Можно предположить, что в процессе отжига происходит закрепление дефектов, внесенных деформацией, и повышение их устойчивости при последующем нагреве до 800 °С. Повышенная плотность дефектов приводит к образованию большего количества γ -фазы. После отжига при 700 °С в течение 1 часа образуется примерно такое же количество аустенита, как и в неотожженном образце. Это говорит о том, что повышение температуры отжига способствует более полному протеканию процесса рекристаллизации и количество дефектов к началу $\alpha \rightarrow \gamma$ -превращения примерно одинаковое в обоих случаях. Увеличение выдержки при 700 °С до 2 и 3 часов способствует еще более полному снятию дефектов и уменьшению количества γ -фазы в отожженных образцах.

Выводы: 1. Отжиг деформированного чугуна при 600 °С в течение 1 часа приводит к увеличению количества образующегося при нагреве аустенита, что связано с повышением устойчивости дефектов внесенных пластической деформацией, сохранением значительной их части при последующем нагреве до температуры эвтектического интервала и соответствующим инициированием ими $\alpha \rightarrow \gamma$ -превращения. 2. Отжиг деформированного чугуна при 700 °С с достаточно длительными выдержками (2-3 часа и более) способствует замедлению процесса аустенитизации в результате уменьшения плотности дефектов кристаллического строения. 3. Выбрав оптимальный режим отжига деформированного чугуна, можно повысить устойчивость дислокационного строения матрицы при нагреве и обеспечить наследование аустенитом, а затем при охлаждении и мартенситом дефектов кристаллического строения, в результате чего повысятся эксплуатационные свойства чугуна.

Литература

1. С.С. Дьяченко, С.И. Бондаренко, А.М. Петриченко. Влияние холодной пластической деформации на процесс образования аустенита в высокопрочном чугуне с ферритной матрицей. – М.: Известия АН СССР. Металлы, 1981, № 1, с. 124-128.
2. А.М. Петриченко, С.И. Бондаренко. Аустенитизация ферритного высокопрочного чугуна, деформированного прокаткой. Лит. Пр-во, 1996, № 8, с. 9-10.

УДК 669.15.620.186.5

УЛУЧШЕНИЕ СВОЙСТВ РОТОРНОЙ СТАЛИ

Гладкий И.П., канд. техн. наук, Мощенок В.И., канд. техн. наук,
Глушкова Д.Б., канд. техн. наук, Тарабанова В.П., канд. техн. наук,
Мищенко Л.Д., канд. техн. наук
(г. Харьков, Украина)

It is researched the influence of the temperature of the hardening and the repeat tempering on the properties of the rotor's steel.

Постановка задачи. Высокие и разносторонние требования, предъявляемые к металлу высокотемпературных роторов паровых турбин, в значительной мере усложняющиеся в последние годы в связи с ростом единичной мощности турбоагрегатов и повышения их маневренности, определяют необходимость изыскания путей совершенствования термической обработки крупных поковок роторов.

Одним из важных технологических параметров, обеспечивающих требуемый уровень механических свойств металла ротора, является правильный выбор температуры нагрева под закалку, а также поиск способов дальнейшего улучшения комплекса свойств путем совершенствования термической обработки роторной стали.

Материал и методика исследования. Материалом исследования была роторная сталь ЭИ-415, химический состав которой приведен в табл.1.

Таблица 1

Химсостав исследуемой стали

Содержание элементов, %									
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	V	W
0,23	0,29	0,48	0,014	0,008	2,71	0,13	0,48	0,70	0,41

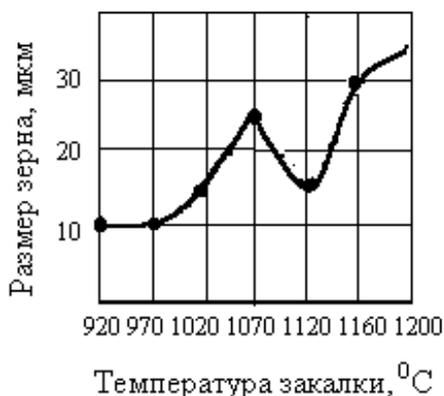


Рис. 1. Зависимость статистически наиболее вероятного размера зерна от температуры закалки

Размера зерна при существенном превышении критической температуры нагрева имеет объяснение с позиции точки “в” Чернова [1].

В связи с тем, что разносторонность оказывает существенное влияние на комплекс свойств и, в первую очередь, на ударную вязкость, нами проанализирована взаимосвязь между температурой закалки, с одной стороны, и коэффициентом разносторонности, размером зерна, ударной вязкостью и твердостью, с другой стороны.

В исследуемом металле коэффициент разносторонности определялся по формуле: $D = D_{max}/D_e$, где D_{max} — размер зерна с максимальным диаметром, D_e — статистически наиболее вероятный размер, определяемый из гистограмм распределения. Как видно из анализа табл.2, наибольший коэффициент разносторонности соответствует району температуры закалки 1070 °С.

Что касается зависимости ударной вязкости и твердости от температуры нагрева, то здесь зависимость носит четкий характер: с повышением температуры нагрева с 920 °С до 1020 °С ударная вязкость уменьшается в 4,5 раза, дальнейшее повышение температуры практически не сказывается на ударной вязкости. Твердость же возрастает на 30 % с повышением температуры нагрева с 920 °С до 1020 °С, дальнейшее повышение температуры нагрева вызывает несущественное увеличение твердости.

Таким образом, можно считать, что оптимальной температурой нагрева под закалку является температура 970 °С. Именно достижение такой температуры обеспечивает сохранение ударной вязкости не ниже 50 Дж/см², (и даже в два раза выше указанной величины), мелкое зерно ~ 10 мкм, коэффициент разносторонности, равный

1,5, и высокие значения твердости. Превышение указанной температуры, практически не сказываясь на твердости, вызывает дальнейшее снижение ударной вязкости, резкое повышение размера зерна и коэффициента разнотерности.

Таблица 2

Зависимость размера зерна, коэффициента разнотерности, ударной вязкости и твердости от температуры закалки

Температура нагрева, °С	D_{max} , мкм	D_v , мкм	Коэффициент разнотерности	Ударная вязкость Дж/см ²	Твердость НВ
920	15	10	1,5	145	222
970	15	10	1,5	100	270
1020	90	15	6	34	283
1070	200	25	8	34	292
1120	100	15	7	34	295
1160	175	30	6	33	297

Изыскание дальнейших путей совершенствования термической обработки стали с целью повышения комплекса механических свойств привело к изучению влияния доотпуска. Этой операцией, исходя из теоретических предпосылок [2], можно подкорректировать свойства металла как в исходном состоянии, так и после эксплуатации. Этим приемом нередко пользуются в практике энергомашиностроения. Однако до сих пор отсутствует систематический анализ зависимости свойств от температуры доотпуска.

Окончательная термическая обработка состояла из закалки от температуры 970 °С с охлаждением в масле и отпуска при температуре 700 °С. Доотпуск проводился при температурах 700 и 730 °С.

Как показали исследования, доотпуск приводит к повышению ударной вязкости при незначительном снижении прочностных характеристик (рис. 2).

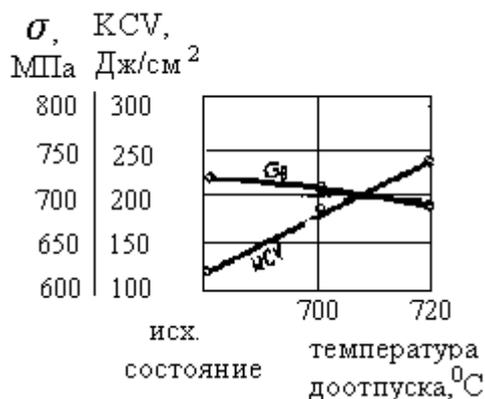


Рис. 2. Влияние температуры доотпуска на прочность (σ_v) и ударную вязкость (KCV) роторной стали.

Изменение структурного состояния металла, в данном случае является тем параметром, который существенно меняется в зависимости от температуры доотпуска.

Выводы. На основе проведенных исследований можно заключить, что оптимальным режимом термической обработки можно улучшить комплекс механических свойств роторной стали. Это главным образом относится к такому свойству, как ударная вязкость, которая является интегральной характеристикой и обеспечивает надежность металла в процессе эксплуатации. Оптимальной температурой нагрева под закалку роторной стали следует считать 970 °С. При такой температуре закалки достигается ударная вязкость ~ 100 Дж/см² при твердости ~ 270 НВ.

С помощью доотпуска можно откорректировать уровень свойств. Наиболее существенные изменения при проведении доотпуска претерпевает ударная вязкость, ее уровень повышается на 40...80 %. Прочностные показатели снижаются на 4...10 %, а пластичность повышается на ~ 15 %. Указанное изменение свойств обусловлено структурными превращениями, зафиксированными с помощью металлографических и рентгенографических методов исследования металла.

Литература

1. К.А. Ланская. Жаропрочные стали. М., Металлургия, 1991, 286 с.
2. А.П. Гуляев. Металловедение. М., Металлургия, 2000, 646 с.

УДК 669.15.620.186.5

ВЛИЯНИЕ АЗОТИРОВАНИЯ НА СВОЙСТВА ЭКОНОМНОЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ ПОВЫШЕННОЙ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ РЕЗАНИЕМ

Мощенко В.И., канд. техн. наук, Глушкова Д.Б., канд. техн. наук,
Тарабанова В.П., канд. техн. наук, Жадан А.И., канд. техн. наук.

(г. Харьков, Украина)

It is researched the influence of the temperature of the hardening and the repeat tempering on the properties of the rotor's steel.

Азотируемая конструкционная сталь 38X2MЮА широко применяемая в машиностроении для изготовления целого ряда ответственных деталей, таких как шпиндели, гильзы и т.д., определяющих, в частности, точность станков, имеет ряд недостатков при эксплуатации.

Постановка проблемы. Сталь 38X2MЮА имеет повышенную деформацию при азотировании деталей малой жесткости, обладает повышенной хрупкостью азотированного слоя, содержит в своем составе деформационный молибден.

Целью настоящей работы стало создание азотируемой стали повышенной обрабатываемостью резанием, не имеющей вышеуказанных недостатков и одновременно более дешевой за счет экономного легирования.

Анализ отечественных и зарубежных сталей, применяемых для нужд станкостроения, не выявил наличие стали, которая могла бы заменить азотируемую сталь 38X2MЮА и не имела ее недостатков.

На основании проведенного анализа было выплавлено 8 лабораторных плавок Cr-Al-Z сталей с разным содержанием легирующих элементов. Эти стали подвергались ионному азотированию.

Изменение твердости и толщины азотированного слоя новой стали и стали 38X2MЮА при ионном азотировании в зависимости от температуры процессов и продолжительности выдержки показано в табл. 1.

Таблица 1

Сталь	Температура процесса, °С	Выдержка, час.	Пов. твердость, HV ₅ , МПа	Глубина слоя, мм
экспер. 38X2MЮА	500	6	9550	0,28
			10150	0,26
экспер. 38X2MЮА	530	3	9700	0,15
			10150	0,16
экспер. 38X2MЮА	530	6	9400	0,33
			10000	0,31
экспер. 38X2MЮА	530	12	9400	0,41
			9850	0,37
экспер. 38X2MЮА	560	6	8600	0,37
			9850	0,36

Видно, что увеличение температуры ионного азотирования с 500 °С до 530 °С практически не влияет на твердость обеих сталей. Дальнейший рост температуры до 560 °С приводит к заметному снижению твердости новой стали от 9400 до 8600 МПа, в то же время как сталь 38X2MЮА дает снижение твердости с 10000 до 9850 МПа.

С повышением температуры и увеличении времени выдержки при ионном азотировании растет глубина слоя: при 6-часовой выдержке повышение температуры процесса с 500 °С до 560 °С приводит к увеличению глубины слоя у новой марки стали с 0,28 по 0,37 мм, а у стали 38X2MЮА с 0,26 по 0,36 мм.

При температуре 530 °С слой растет с 0,15-0,16 мм по 0,41 мм и 0,37 мм при увеличении времени выдержки с 3 до 12 часов.

Таблица 2

Термическая обработка	Температура испытания, °С							
	+20		-20		-40		-60	
	a _n , Дж/см ²	НВ						
Улучшение	190	262	165	252	125	262	109	255
Т °С 900 °С	187	255	185	255	128	255	100	262
Т °С 660 °С	175	248	193	248	135	262	105	262
То же, с последующим охрупчивающим отпуском при 575 °С, охлаждение с печью	94	255	69	262	60	255	62	241
	81	252	72	255	70	255	68	248
	80	248	73	248	68	241	65	241

Оптимальным режимом ионного азотирования для исследуемой стали является температура 530 °С в течение 6-12 часов, при этом получается слой 0,3-0,4 мм при поверхностной твердости $HV_5 = 94$ МПа.

Проведены испытания экспериментальной стали на ударную вязкость после улучшения и дополнительного охрупчивающего отпуска при 575 °С. Испытания ударной вязкости проводились при температурах от 20 °С до -50 °С. результаты приведены в табл.2.

При комнатной температуре ударная вязкость снижается вдвое, но остается на достаточно высоком уровне. При температуре испытания -60 °С превышает 60 Дж/см².

Проведены испытания на износостойкость азотированного слоя. Испытания проводились в паре с непрочными образцами. Верхний чугунный образец – неподвижный, испытываемый азотированный образец – подвижный. Эталон служил закаленный и отпущенный образец из стали ШХ15СГ с твердостью HRC 60-61 единиц.

Величина износа исследовалась по глубине дорожек износа.

Результаты испытаний после азотирования приведены в табл. 3 по сравнению со сталью 38Х2МЮА.

Таблица 3

Марка стали	Расстояние от поверхности, мм	Величина износа, мкм	Относительная износостойкость
экспер. 38Х2МЮА	0	5,7	1,3
	0,05	4,4	1,7
экспер. 38Х2МЮА	0	10,1	0,7
	0,5	5,5	1,4

Экспериментальная сталь имеет высокую износостойкость поверхности непосредственно после азотирования, в то же время как сталь 38Х2МЮА требует обязательного удаления поверхностных слоев металла (шлифования, доводки). Данные испытаний свидетельствуют, что износостойкость экспериментальной стали 38Х2МЮА, что объясняется меньшей хрупкостью азотированного слоя новой марки стали.

Выводы. Экспериментальная экономнолегированная сталь, не содержащая дефицитных элементов (Mo, W) после соответствующей термической и химико-термической обработки может применяться взамен стали 38Х2МЮА для изготовления деталей машин, повышая производительность обработки.

Литература

1. ТАКАСЭ Такао. Ионное азотирование – Нецу Сери, 1997, 17, № 6, р. 333-338.
2. ТАКАСЭ Такао. Обзор современной технологии упрочнения поверхности. – ТО Нецу Сери, 1998, Т 31, № 11, р. 9-16.
3. Рыбакова Л.М., Куксенова Л.И. Структура и износостойкость металла. – М.: Машиностроение, 1992. – 211 с.

УДК 621 791

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОДОВ С КАРБИДООБРАЗУЮЩИМ ПОКРЫТИЕМ ДЛЯ ХОЛОДНОЙ СВАРКИ ЧУГУНА

Калин Н.А., канд. техн. наук, Дощечкина И.В., канд. техн. наук
(г. Харьков, Украина)

Electrodes for the cold welding of cast-iron on the Sv-08A wire with carbide-forming coverage containing a new system of the V-Si-P3M alloying are developed, and as slag-forming and stabilizing elements entered feldspar, potassium of potassium chromate and mica.

В области работ связанных со сваркой чугуна проведены многочисленные исследования, разработаны высокоэффективные способы ручной и механизированной сварки, наплавки чугуна и сварочных материалов улучшенных марок [1, 2].

Стальные электроды ЦЧ-4 на проволоке Св-08 со специальным покрытием выпускают диаметром 3; 4; 5; 6 мм. Введенный в состав покрытия ванадий взаимодействует с углеродом расплавленного чугуна и легирует металлическую основу. Карбиды ванадия присутствуют в чугуне в виде дисперсных включений [1].

При сварке электродами ЦЧ-4 серого чугуна с пластинчатым графитом в переходной зоне наблюдается преимущественно точечный графит. Микроструктура переходной зоны при этом следующая: на границе с наплавленным металлом – ледебурит глубиной 0,06-0,24 мм; игольчатый мартенсит + остаточный аустенит + троостит + графит глубиной 0,6 –1 мм; сорбитообразный перлит глубиной до 1,4 мм. Сварное соединение плотное, но отличается неудовлетворительной обрабатываемостью[1].

Целью данной работы явилось создание электродов для холодной сварки чугуна на стержнях из проволоки Св-08А и покрытием, содержащим карбидообразующий элемент – ванадий, отличающихся от электродов марки ЦЧ-4 улучшенными сварочно-технологическими свойствами и высоким качеством наплавленного металла за счет изменения шлаковой и легирующей системы покрытия.

Для исследований использовались металлические электроды для ручной дуговой сварки, изготавливаемые

способом опрессовки. Стержни электродов изготавливали из стальной сварочной проволоки марки Св-08А по ГОСТ 2246 диаметром 3 и 4 мм.

Применялось покрытие электродов основного вида. В качестве раскислителя металла шва применялся ферросилиций марки ФС45 по ГОСТ 1415. В качестве лигатуры РЗМ использовали лигатуру магний-иттрий по ТУ 48-05—46-71, применяемую в виде порошка. В качестве карбидообразующего компонента применяли феррованадий по ГОСТ 4760 марки Вд-2

Коэффициент веса покрытия электродов составлял 0,45...0,47 при толщине покрытия на сторону 0,8 мм электродов диаметром 3 мм, и 1 мм - электродов диаметром 4 мм. Изготавливали 5 вариантов электродов с лигатурой РЗМ. Для сравнения изготавливали электроды ЦЧ-4.

Сварку и наплавку образцов для испытания твердости и химического состава металла шва и наплавленного металла, а также сварочно-технологических свойств электродов, в соответствии с требованиями ГОСТ 9466.

Для сварных образцов использовали пластины из чугуна марки СЧ 21 по ГОСТ 1412 толщиной 30 мм. Твердость металла шва и наплавленного металла измеряли на приборе ТК-2 (по шкале С), микротвердость замеряли на приборе ПМТ-3.

Пробы для химического анализа наплавленного металла отбирали из трех верхних слоев восьмислойной наплавки в соответствии с ГОСТ 7122.

Общий характер микроструктуры сварных швов оценивали с помощью оптического микроскопа МИМ-8М на поперечных микрошлифах размером 15x25x30 мм, протравленных в 5 %-ном спиртовом растворе азотной кислоты.

С целью устранения указанных недостатков в состав покрытия электродов ЦЧ-4, содержащий мрамор, плавиковый шпат, ферросилиций, феррованадий и слюду дополнительно ввели полевой шпат, лигатуру редкоземельных металлов (РЗМ), калий хромовокислый и соду [3].

Применение ферросилиция, феррованадия и лигатуры РЗМ в составе покрытия уменьшает ширину мартенситной прослойки по линии сплавления и позволяет стабильно получать необходимую твердость наплавленного металла НВ 180-200, что исключает образование трещин в переходной зоне и наплавленном металле. При этом обеспечивается высокое качество наплавленного металла и возможность механической обработки сварного соединения.

Малые добавки РЗМ в высокоуглеродистом сплаве оказывают рафинирующее воздействие за счет образования дополнительных центров кристаллизации графита, что в свою очередь, снижает вероятность образования закалочных структур в зоне сплавления, уменьшает ширину мартенситной прослойки, исключает образование трещин в наплавленном металле и переходной зоне [4].

Кроме того, введение РЗМ, обладающих большим сродством к кислороду, сере, способствуют очищению границ зерен ферритной матрицы за счет образования оксидов и окисульфидов РЗМ и, как следствие, повышает стойкость наплавленного металла и переходной зоны против образования трещин и пор.

При микро- и макроисследовании шлифов сварных соединений опытных электродов установлено, что металл в зоне сплавления основного и наплавленного металла плотный (рис. 1).

Микроструктура наплавленного металла представляет собой вытянутые зерна со столбчатой ориентацией (рис. 2). Твердость наплавленного металла изменяется по высоте от 20-21 HRC , (в переводе на НВ 217) в верхних слоях до 30-31 HRC , (в переводе на НВ 269-277) вблизи зоны сплавления.

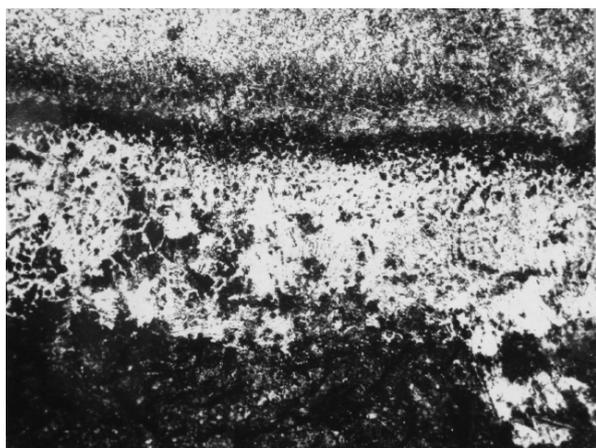


Рис. 1. Микроструктура зоны сплавления; x 100.

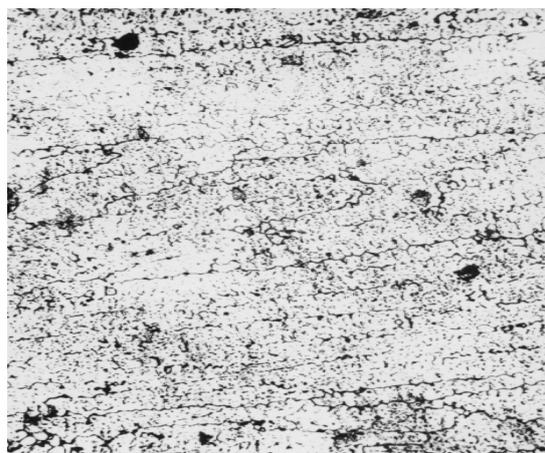


Рис. 2. Микроструктура наплавленного металла x 100.

Основной металл образца состоит из сорбитообразного перлита, небольшого количества феррита и пластинчатого графита. Твердость основного металла образца равна 95-97 HR_c (в переводе на $HB = 201-217$).

В зоне термовлияния отмечается повышение твердости до $HRC_s = 30-40$ (в переводе на $HB=269-352$). Глубина зоны термовлияния 1,5-2 мм.

Зона сплавления характеризуется значительными структурными изменениями и повышением твердости по сравнению с твердостью наплавленного и основного металлов. В зоне сплавления имеется с трооститной струк-

турой, твердость ее равна $H_{\mu} = 317-414$ (в переводе на $HB = 303-388$); зона с мартенситной структурой, твердость ее $H_{\mu} = 510$ (в переводе на $HB = 491$); зона с большим количеством цементита, ледебурита, твердость отдельных включений равна $H_{\mu} = 840-860$ (в переводе на $HB = 672-681$). Глубина цементита-ледебурита равна 0,5 мм.

Послойный химический анализ по глубине с шагом в 1 мм от верха наплавки до основного металла показал, что содержание углерода в них резко снижается, а количество ванадия увеличивается, достигая максимального значения 9 %. Начиная с высоты наплавки 8 мм (практически это второй проход электродом диаметром 4 мм) такое количество ванадия уже не нужно для связывания избыточного углерода в прочный карбид V_4C_3 .

Разработанные электроды рекомендуется использовать для облицовки кромок разделки или поверхности дефекта, а остальное количество металла наплавлять электродами, предназначенными для сварки углеродистых конструкционных сталей.

Результаты испытания показывают хорошие сварочно-технологические свойства электродов при холодной сварке чугуна.

Выводы: 1. Разработаны электроды для холодной сварки чугуна на проволоке Св-08А с карбидообразующим покрытием, содержащим новую систему легирования V-Si-PЗМ. 2. Твердость наплавленного металла изменяется по высоте от HB 217 в верхних слоях до HB 269-277 – вблизи зоны сплавления. В зоне термовлияния отмечается повышение твердости до HB 269-352. Глубина зоны цементита-ледебурита равна 0,5 мм.

Литература

1. Иванов Б.Г., Журавицкий Ю.И., Левченков В.И. Сварка и резка чугуна. – М: Машиностроение, 1977. - 208 с.
2. Левченков В.И. Состояние и перспективы развития сварки чугуна (обзор). // Сварочное производство. - 1988. - №2. – С. 2-4.
3. Патент 1799317 СССР, МПК В 23 К 35/365. Состав электродного покрытия для холодной сварки чугуна / Н.Г. Ефименко, Н.А. Калинин, В.П. Удовенко, Л.Н. Балан, М.В. Орлов, - Оpubл. 28. 02. 93; Бюл. № 8.
4. Ефименко Н.Г., Калинин Н.А., Кафтаноу С.В., Тюрин С.В. // Влияние способа сварки высокопрочного чугуна на коэффициент перехода модификаторов и форму графита в наплавленном металле. Сварочное производство. – 1982. - № 1. - С. 22-23.

УДК 622.272:621.876.2

К ВОПРОСУ ИСПЫТАНИЯ ТЯГОВОЙ СПОСОБНОСТИ КОНИЧЕСКИХ ШКИВОВ

Влащенко Г.И., канд. техн. наук, Листопад И.А., канд. техн. наук

(г. Харьков, Украина)

They Are Brought experienced-industrial test to tractive ability cone-shaped pulley.

Эффективность работы и стабильности усилия натяжения гибкого элемента в значительной мере зависят от рационально выбранного угла конусности тягового конического шкива.

В этой связи нами были проведены испытания конических многовитковых шкивов, используемых для обтяжки канатов.

Для этих испытаний были использованы разработанные ранее способы контроля усилий обтяжки: метод прямого тензометрирования и непосредственного замера натяжения каната посредством динамометра с применением самопишущего прибора.

В процессе испытания была установлена возможность создания растягивающего усилия в канате.

На рис.1 приведена осциллограмма, показывающая характер изменения растягивающего усилия при обтяжке каната в процессе его изготовления на канатовьюющей машине, а на рис.2 осциллограмма, отражающая характер изменения усилия при обтяжке канатов на специальной установке. В том и другом случае ступени обтяжного шкива соединены между собой жестко.

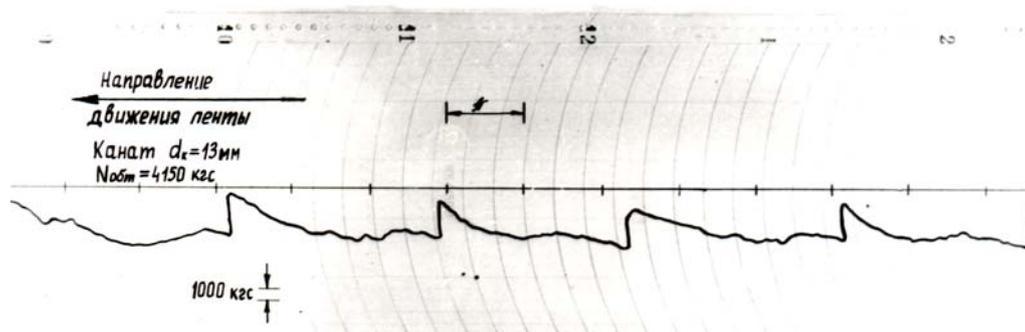


Рисунок 1

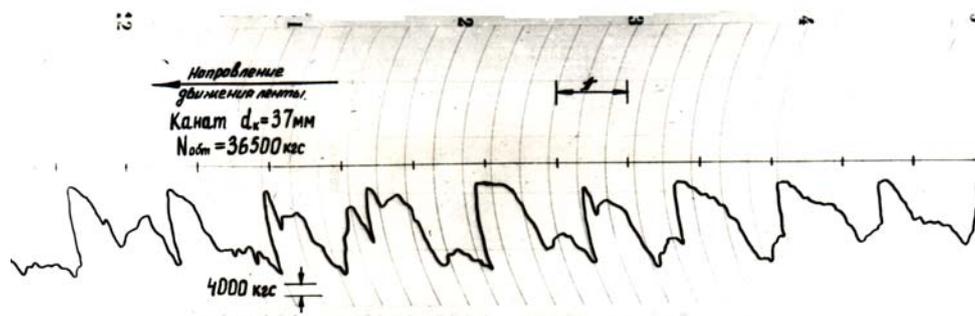


Рисунок 2

Как видно из этих оциллограмм, усилие обтяжки колеблется в широких пределах, повторяясь через определенный угол поворота обтяжного шкива, вследствие общего срыва витков трения каната на конусной поверхности в сторону уменьшения диаметра конуса. Поэтому несомненный интерес представляет нахождение закономерности нарастания усилия обтяжки при срыве от минимального до максимального его значения.

В этом диапазоне и исследуется кривая, полученная при непрерывном замере усилий обтяжки методом электрической тензометрии.

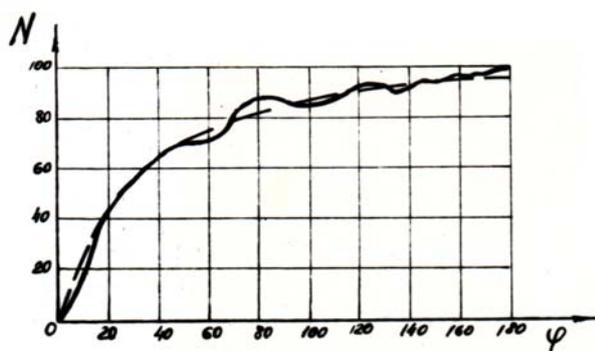


Рисунок 3

На рис.3 представлена кривая (сплошная линия), построенная на основании средних данных показаний прибора, снятых при эксперименте. На графике одно деление ординаты N соответствует 0,0181 тонны, а одно деление абсциссы φ соответствует $2,454^{\circ}$.

Для определения закономерности нарастания усилия в канате найдем функцию

$$N_{cp} = f(\varphi), \quad (1)$$

заданную таблично при равностоящих значениях аргумента φ . На основании численного анализа наиболее удовлетворяющей для данной кривой является зависимость [1]:

$$N_{cp} = \frac{\varphi}{a\varphi + b}, \quad (2)$$

где a и b – постоянные величины.

Методом средних значений определяем величины параметров a и b . В этой связи для функции (2) применим способ выравнивания.

Преобразуя (2), получим

$$\frac{\varphi}{N_{cp}} = a\varphi + b. \quad (3)$$

Уклонения ε_i для каждой точки замера будет равно:

$$\varepsilon_i = a\varphi_i + b - \frac{\varphi_i}{N_{cpi}}. \quad (4)$$

Разобьем весь интервал кривой на два промежутка и суммы уклонений приравняем к нулю.

Для первого промежутка

$$\sum_{i=1}^{i=17} \varepsilon_i = \sum_{i=1}^{i=17} \left(a\varphi_i + b - \frac{\varphi_i}{N_{cpi}} \right) = 0; \quad (5)$$

для второго

$$\sum_{i=18}^{i=34} \varepsilon_i = \sum_{i=18}^{i=34} \left(a\varphi_i + b - \frac{\varphi_i}{N_{cpi}} \right) = 0. \quad (6)$$

Подставляя соответствующие числовые значения φ и N_{cp} в (5) и (6), получим

$$\left. \begin{aligned} 748a + 17b &= 11,14 \\ 2337,5a + 17b &= 25,51 \end{aligned} \right\}. \quad (7)$$

Теперь, подставляя полученные значения a и b в (2), будем иметь окончательное выражение для формулы, описывающей кривую нарастания усилия в канате после срыва витков при его обтяжке:

$$N_{cp} = \frac{\varphi}{0,009\varphi + 0,259}. \quad (8)$$

Исследуя функцию (1), найдем предел, к которому она стремится при $\varphi \rightarrow \varphi_{max} = 181,5$:

$$\lim N_{cp} = \lim_{\varphi \rightarrow 181,5} \frac{\varphi}{0,009\varphi + 0,259} = \lim_{\varphi \rightarrow 181,5} \frac{1}{0,009 + \frac{0,259}{\varphi}} = 96,1.$$

Таким образом, получена математическая зависимость, описывающая форму кривой распределения усилий в канате при срывах его витков во время обтяжки для данного конкретного случая, так как каждому типоразмеру и конструкции каната в зависимости от усилий обтяжки соответствует определенное количество витков трения на первой и второй ступенях конического шкива.

Устойчивое положение витков на коническом шкиве будет при условии, что $tg\alpha = \mu$, т.е. при условии, что угол конусности равен углу трения каната по поверхности шкива. Очевидно, если выполнено условие $tg\alpha > \mu$, то витки будут соскальзывать по образующей конуса, вплоть до соприкосновения сбегающей витка с ребордой. Вместе с тем, следует заметить, что углы конусности шкива нельзя выбирать завышенными, так как в противном случае возможна потеря устойчивости нормального положения витков на конусе и витки у реборды могут быть вытеснены за счет значительных сдвигающих усилий.

Однако, теоретическое решение этого вопроса из-за сложности протекаемых процессов встречает значительные затруднения. Так на обеих ступенях в меньшей или большей степени наблюдаются срывы витков трения, происходящие из-за изменения давления набегающего витка на соседние. При этом значения сдвигающих усилий превышает силу трения, т.е.

$$N_{cp} > F_{тр}, \quad (9)$$

где N_{cp} – сдвигающая сила; $F_{тр}$ – сила трения.

С целью исследования изменения усилий при полном срыве витков, определяющих стабильность режима обтяжки, была получена экспериментальная кривая. В результате изучения кривой было установлено, что срывы витков происходят в среднем через каждые 1,25 оборота шкива. Это свидетельствует о том, что канат по всей его длине обтягивается максимальным расчетным рабочим усилием.

Для предотвращения срывов витков целесообразно применение фиксаторов витков, что позволяет стабилизировать усилие обтяжки.

Литература

1. Демидович Б.П., Марон И.А., Шумалева Э.З. Численные методы анализа. Физмат. – М.: 1962.

УДК 631.362.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЧИСТКИ С ОДНОВРЕМЕННЫМ СОРТИРОВАНИЕМ СЕМЯН ГРЕЧКИ

Обыхвист А.В.

(г. Харьков, Украина)

Results of researches of clearing seeds and sorting nasing grechki and led vibrafriktions separation with the longitudinally transversal inclination of working surface.

Одним из важнейших условий повышения урожайности сельскохозяйственных культур является посев высококачественными семенами. Посевные семена должны соответствовать за сортовой чистотой и посевными качествами требованиям государственных стандартов. Основные показатели качественного посевного материала: всхожесть, энергия прорастания, сила роста, выравнивание за размером и др. За счет отбора в отходы механически поврежденных и битых семян повышаются данные показатели качества (1). Большое значение в увеличении породных качеств семян имеет и механический отбор, основанный на физико-механических свойствах семян (2). По этому очистка гречки по комплексу физико-механических свойств, таких как упругость, шероховатость, форма является важным и необходимым процессом.

В качестве исходной смеси для исследований были взяты семена гречки урожая 2003 года прошедшие обработку на ветро-решетной зерноочистительной машине «Петкус-Гигант». Но как показал анализ, указанный семенной материал, не был доведен до кондиционного уровня, так как содержал большое количество шелухи и мертвого сора.

С целью исследования возможности доведения до высших посевных кондиций семена гречки подвергались очищению с одновременным их сортированием на вибрационном сепараторе (рис.1). Сепаратор состоит из вибрирующих наклонных неперфорированных шероховатых поверхностей 1, имеющих наклон в двух взаимоперпендикулярных направлениях. Поверхности 1 жестко закреплены на раме вибростол 2. Для изменения углов наклона рабочей поверхности 1 имеются механизмы регулировки продольного 3 и поперечного 9 наклонов. Рама продольного наклона шарнирно закреплена на вибростол 2, который при помощи пружин сжатия 4 установлен на станине 7. На вибростол 2 закреплён дебалансный вибровозбудитель 6, направленного действия. Вибровозбудитель 6 приводится в действие от электродвигателя переменного тока 10 через вариатор оборотов, клиноремennую передачу 11, промежуточную опору 12 и упругую муфту 13.

Технологический процесс сортирования осуществляется следующим образом. Семенной материал из питателей 8 подается на рабочие поверхности 1. Под действием направленных колебаний, создаваемых дебаланс-

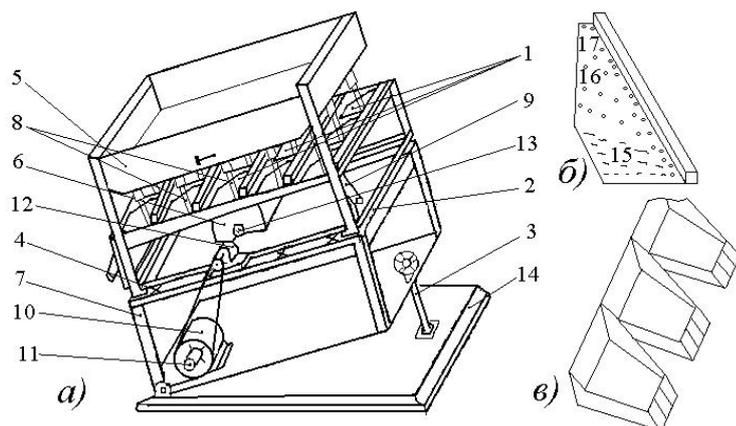


Рис.1 Конструктивная схема виброфрикционного сепаратора (а), рабочий орган (б), приемник продуктов разделения (в): 1-неперфорированная рабочая поверхность; 2-вибростол; 3,9-механизмы регулировки продольного и поперечного углов наклона; 4-пружины упругой подвески; 5-загрузочный бункер; 6-вибровозбудитель; 7-станина; 8-питающее устройство; 10-электродвигатель; 11-клиноременной вариатор; 12-промежуточная опора; 13-упругая муфта; 14-опорная плита.

ным вибровозбудителем 6, компоненты материалов перемещаются по различным траекториям. По траектории 15 перемещаются пустые семена, шелуха и мертвый сор- первая фракция. Семена округлой формы, более упругие и менее шероховатые перемещаются по траектории 16 - вторая фракция. И на конец в третью фракцию сходят семена плоские, более шероховатые и менее упругие, которые перемещаются по траектории 17.

Экспериментальные исследования позволили определить рациональные конструктивно-кинематические параметры сепаратора:

- продольный угол наклона рабочей поверхности $\alpha = 36^{\circ}$;
- поперечный угол $\beta = 5^{\circ}$;
- частота колебаний $\omega = 109$ рад/с.;
- амплитуда колебаний - 3мм;
- угол направленности колебаний - 35° ;
- рабочая поверхность покрыта фанерой технической.

В табл. 1 приведены результаты лабораторных опытов по повышению посевных качеств семян гречки. Из таблицы видно, что в первую фракцию поступили, сильно засоренные семена 3,8 % в которой содержание основной культуры, составило 33,3 %, а масса 1000 штук семян на много меньше, чем в исходной смеси на 4 гр., а, следовательно, они с пониженными посевными качествами, то их целесообразно отобрать в отходы. Во вторую и третью фракции поступило 30,5 и 65,7 % семян, соответствующие кондиции первого класса. Они более тяжеловесные, чем семена исходной смеси: масса 1000 штук семян соответственно равна 30 и 30 г. Содержание семян основной культуры в этих приемниках также достаточно высокое и равно 98,7 и 99,8 % при содержании семян основной культуры в исходной смеси - 97,3 %. После смешивания семян, поступивших в последние два приемника, получено 99,2% семян первого класса, а масса 1000 штук семян которых составила - 30гр.

Таблица 1.

Результаты очистки семян гречки

№	Наименование показателей	Исходная смесь	Приемники (фракции) семян		
			I	II	III
1	Распределение семян по фракциям, %	100	3,8	30,5	65,7
2	Распределение семян по фракциям нарастающим итогом, %	100	3,8	34,3	100
3	Содержание семян основной культуры, %	97,3	33,3	98,7	99,8
4	Наличие мертвого сора, %	2,7	66,7	1,3	0,2
	-шелуха, %	1,4	0,1	1,3	-
	-кусочки грунта, %	0,1	-	-	0,2
5	Масса 1000 семян, г	24	20	30	30
6	Качество очистки	некондиционная	отходы	Первый класс	

Таким образом, применение виброфрикционного сепаратора на доочистке семян гречки эффективно. В отходы выделяются биологически менее полноценные семена основной культуры, а также мертвый сор, в результате чего повышаются посевные качества целевой (посевной) фракции семян.

Литература

1. Семена сельскохозяйственных культур. Сортовые и посевные качества. Госстандарт Украины. Киев, 1994.
2. Заика П. М., Мазнев Г. Е. Сепарация семян по комплексу физико-механических свойств. «Колос», М., 1978.

УДК 621.19.25

ВИХРЕТОКОВЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ ТОНКОСТЕННЫХ ТРУБ ИЗ НЕФЕРРОМАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Любченко А.П., докт. техн. наук, Меланчук В.Ю., Тихомиров Б.В., Яворович С.И.
(г. Харьков, Украина)

The new quality monitoring of thin-walled pipes from not ferromagnetic materials is offered.

Задача обнаружения дефектов в тонкостенных трубках из неферромагнитных материалов традиционно успешно решается на основе применения вихретокового метода [1-5]. Для этого в большинстве случаев применяются абсолютные и дифференциальные проходные вихретоковые преобразователи. В нашем случае поставлена задача контроля коротких (0,6 м) отрезков тонкостенных трубок холодильников тепловозов диаметром 12 мм и толщиной 1 мм из латуни (ГОСТ 21646-76). При этом необходимо обнаруживать поверхностные и подповерхностные, а также на внутренней поверхности трубки дефекты разного типа, в частности, протяженные дефекты типа трещин, локальные дефекты типа пор или включений и т.д. Кроме того, перечисленные дефекты необходимо обнаруживать по всей длине изделия, в том числе и на краях трубок.

Предварительно проведенный анализ показал, что традиционный подход, основанный на применении проходных вихретоковых преобразователей (ВТП) малопригоден. Этот метод имеет ряд недостатков:

- низкая чувствительность к локальным дефектам и кольцевым трещинам;
- низкая чувствительность к подповерхностным дефектам;
- невозможность оценки размеров дефектов;
- невозможность контроля краевых зон.

В этом случае предпочтителен более метод, основанный на применении вращающихся вокруг трубки ВТП накладного типа, который не имеет выше перечисленных недостатков.

Исходя из всего вышесказанного, коллективом Центра "Леотест-Медиум" в соавторстве с коллективом ЦЛГП "завод им. В.А. Малышева" был разработан и изготовлен вихретоковый динамический дефектоскоп ВД-5Д, использующий мультидифференциальный низкочастотный ВТП типа Леотест МДФ вращающийся вокруг трубы.

Применение ВТП типа Леотест МДФ позволяет использовать его преимущества, в частности, для решения нашей задачи – это следующие:

- высокая чувствительность к коротким и длинным неглубоким трещинам;
- высокая пространственная разрешающая способность и высокая чувствительность к локальным дефектам типа пор и коротких трещин;
- хорошее подавление влияния зазора между ВТП и контролируемой поверхностью трубки при сканировании;
- высокая глубина контроля при использовании низких рабочих частот.

Сканирующее устройство (для вращательного сканирования ВТП) обеспечивает вращение ВТП вокруг трубки со скоростью от 1500 до 2600 об/мин, что вполне достаточно для обеспечения высокой производительности контроля и возможности выделения сигналов от дефектов в динамическом диапазоне.

В приборе ВД-5Д предусмотрено несколько видов индикации результатов контроля:

- световая, с помощью светодиода;
- звуковая, с помощью встроенного в прибор динамика;
- звуковая, с помощью наушников;
- с помощью дополнительно подключенного осцилографа.

Чувствительность вихретокового дефектоскопа определялась с помощью контрольных образцов с искусственными дефектами разного типа, в частности:

- образец №1 – отрезок трубки ($\varnothing=12$ мм, $b=1$ мм) с локальными поверхностными дефектами в виде сверлений (с плоским дном), $\varnothing 0,5$ мм и $0,8$ мм и глубиной $h=0,2; 0,4; 0,6$ и $0,8$ мм;
- образец №2 – отрезок трубки с продольным дефектом (типа трещины) длиной 80 мм, глубиной 0,5 мм и шириной (раскрытием) 0,25 мм.

Произведенные испытания показали, что дефектоскоп ВД-5Д позволяет уверенно обнаруживать все искусственные дефекты на представленных выше образцах с хорошей производительностью.

В заводских условиях был проведен контроль серийной партии трубок в количестве 1084 шт., а также дополнительно 40 шт. из изолятора брака с видимыми дефектами. Все дефекты на трубках из изолятора брака хорошо регистрировались прибором: амплитуда сигнала на осцилографической трубке была более 8В. Из серийной партии после проведения контроля были отобраны трубки в количестве 78 шт., амплитуда сигнала от которых на осцилограмме была более или равна 2В.

Для уточнения характера дефектов, а также режимов настройки прибора были проведены дополнительные исследования труб, отобранных ранее:

- металлографическое исследование нескольких трубок с различными амплитудами сигналов от дефектов;
- проверка трубок по существующей технологии контроля (опрессовка).

Дополнительные металлографические исследования дали следующие результаты (см. таблицу).

Наличие и описание вида дефектов, обнаруженных при контроле прибором ВД – 5Д.

№№ пп	Амплитуда, В	Наличие и вид дефектов, обнаруженных при визуальном осмотре	Описание дефектов
1-1 2-1 2-2	3,8 В 7,0 В 9,0 В	Дефекты не обнаружены -" -"	Дефекты расположены на внутренней поверхности трубки. Вид дефектов – трещины, раковины, рванины глубиной до 0,4 мм
3-1 4-1 5-1 6-1	4,5 2,0 4,5 4,0	Обнаружен дефект 3,5x2 мм ² -" Точечный дефект Ø 1,5 мм Дефект 6x1,5 мм ² , глубиной 0,2 мм	Дефекты являются поверхностными – вмятины, забоины, небольшие трещины до 0,2 мм

В итоге из 78 трубок окончательно забракованными оказались 22 шт., остальные пошли в производство.

На основании этих исследований были внесены изменения в схему порогового устройства световой и звуковой индикации о дефекте, что позволило фиксировать с помощью порогового устройства сигналы, соответствующие дефектам: трещинам, порам, включениям; исключая сигналы от мелких царапин, вмятин, небольших задигов; тем самым не допустить перебраковки.

Производственные испытания прибора ВД-5Д показали, что дефектоскоп может с успехом использоваться для контроля качества тонкостенных труб.

Литература

1. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. Справ./ Под редакцией В.В. Клюева. – М.: Машиностроение, 1986. – Т.2. – 351 с.
2. Герасимов В.Г., Клюева В.В., Шатерников В.Е. Методы и приборы электромагнитного контроля промышленных изделий. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 272с.
3. Libby H.L. Introduction to Electromagnetic Nondestructive Test Methods. – New-York ect: Wiley – Inter – Science, 1971 – 365 p.
4. Неразрушающий контроль. В 5кн./ Под ред. В.В. Сухорукова – М.: Высш. шк., 1992.- Кн. 3: Электромагнитный контроль: Практ. пособие / В.Г. Герасимов, А.Д. Покровский, В.В. Сухоруков – 312 с.
5. Дорощев А.Л., Казаманов Ю.Г. Электромагнитная дефектоскопия. – М.: Машиностроение, 1980 – 224 с.
6. Учанин В.Н. Вихретоковый метод обнаружения скрытых дефектов усталостного и коррозионного происхождения. – К.: О-во "Знание" УССР, 1988 – 20с.

УДК 620.197.3; 669.15-194.2

СОСТАВ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ОКАЛИНЫ С ПОВЕРХНОСТИ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ И ЧУГУНА

Бабай Н.П., Мельничук Н.С., Любченко А.П., докт. техн. наук

(г. Харьков, Украина)

New composition for removing of scale from steel and cast iron surfaces.

Предлагается новый состав, обладающий высокой пенообразующей способностью, снижающий удельный расход кислоты, улучшающий санитарно-гигиенические условия труда работающих и качество обрабатываемой поверхности при удалении окалины с поверхности углеродистой стали и чугуна.

Роль травления в современном машиностроении весьма разнообразна. Прокат и поковки чугуновых металлов, например, травят для удаления с их поверхности твердой окалины, затрудняющей последующую механическую обработку. Удаление ржавчины и окалины обязательно перед нанесением защитных покрытий, смазки, красок и гальванических покрытий. Обработка в травильных растворах часто применяется для окончательной отделки готовых деталей из черных и цветных металлов с целью получения гладкой полированной или матовой поверхности. Наконец, травление из вспомогательной операции, облегчающей и улучшающей последующую обработку, во многих случаях стало самостоятельным процессом, позволяющим получать детали сложного профиля путем направленного или избирательного действия.

К недостаткам применяемых травильных составов следует отнести длительный процесс травления, наличия шламообразования на поверхности металла, требующее дополнительной обработки по его удалению, отсутствие пенообразователя, что значительно ухудшает условия труда работающих.

На ГП «Завод имени В.А. Малышева» была проведена работа по подбору травильного раствора, обеспечивающего уменьшение загрязнения окружающей среды при одновременном сохранении потерь металла при удалении ржавчины и окалины, снижение степени подтравливания металла, предотвращения шламообразования, повышая тем самым качество обрабатываемой поверхности. Для этого в раствор, содержащий серную кислоту добавляли ингибитор коррозии ДОН-52 ТУ38.507-63-062-89 и поверхностно-активное вещество

Неонол марок АФ9-10 или АФ9-12. ТУ 38.103625-87.

Применение предложенного раствора позволяет сократить потери металла при удалении окалины, улучшить санитарно-гигиенические условия труда работающих и выполнить требования охраны окружающей среды.

Литература

1. Вредные вещества в промышленности, том 1 и 2. – л. Химия, 1976г.
2. Ямпольский А.М. Травление металлов – М. «Металлургия» 1980г.

УДК 621.357.7, 669.268.7

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ ХРОМОМ, НИКЕЛЕМ И ИХ СПЛАВАМИ

Цюрюпа В.Н., канд. техн. наук, Сатановский Е.А., канд. техн. наук, Литвинова В.А.

(г. Харьков, Украина)

The article deals with a cathode electrodeposition Cr, Ni playthings anel there alloys. Electrolyte's components effect on Kinetie characteristics of Cr, Ni alloy cathoche electrodeposition has been anabysed. Temperature effect on cleetwlysis regime has dttn analysed.

Катодные покрытия хромом, никелем нашли широкое распространение в машиностроении для повышения надежности и долговечности деталей машин. Легирование электроосажденных металлов – один из эффективных методов создания покрытий с заданными свойствами. В работе приведены данные разработки электролитов для осаждения хрома, никеля и сплавов на их основе. Данные электролиты имеют ряд преимуществ. Составы разработанных электролитов просты в приготовлении, не имеют дефицитных компонентов, стабильны, обладают широким диапазоном эксплуатационных параметров.

Электролитически осажденные сплавы на основе хрома и никеля обладают высокой твердостью, износостойкостью, пластичностью, характеризуются хорошей адгезией к различным сталям, включая высоколегированные.

При изучении физико-механических характеристик электролитических сплавов было показано, что легирование хрома и никеля приводит к возрастанию твердости покрытий вследствие повышения упругих искажений кристаллической решетки основного материала легирующими компонентами.

В настоящее время электролиты, позволяющие получить функциональное гальваническое покрытие на основе хрома и никеля, широко используются в ГП «Завод им. Малышева» для повышения надежности и долговечности тяжелонагруженных деталей, изготовленных из различных материалов.

УДК 620.185.5

ОСОБЕННОСТИ ПРИРАБОТКИ ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА ПРИ НАСЫЩЕНИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ УЛЬТРАДИСПЕРСТНЫМИ ЧАСТИЦАМИ

Олейник А.К.

(г. Харьков, Украина)

It was in vestigated how ultradispersed particles, which saturate the surface, in fludence on rebbing characteristics during runnig-in of high – duty cast iron with spherical – shaped graphite.

Исследовано влияние ультрадисперстных частиц, насыщающих поверхность на характеристики трения в процессе приработки высокопрочного чугуна шаровидной формы графита.

Тяжелонагруженные и ответственные детали узлов трения транспортных дизельных двигателей во многих случаях заготавливают из высокопрочного чугуна с шаровидной формой графитных включений (ВЧШГ). Это обусловлено повышенными прочностными, триботехническими и теплофизическими свойствами этого материала в сравнении с обычными серыми и специально легированными чугунами [1]. Упрочнение рабочих поверхностей деталей узлов трения изготовленных из ВЧШГ, позволяет расширить область их использования, уменьшить потери на трение, повысить надежность и износостойкость этих деталей, и, в конечном итоге, качество выпускаемых двигателей. Однако во многих случаях при испытаниях деталей, изготовленных из ВЧШГ, взамен серых легированных чугунов, обнаруживаются затруднения, связанные с удлинением периода приработки этих деталей, что объясняется более высокой износостойкостью ВЧШГ и относительно меньшей площадью поверхности графитных включений. То же происходит при упрочнении ВЧШГ различными методами – нормализацией, закалкой ТВЧ, лазером, твердыми износостойкими покрытиями и др.

Одним из способов сокращения периода приработки рабочих поверхностей деталей узлов трения является введение высокопрочных твердых добавок. Введение твердых добавок способствует протеканию механохимических взаимодействий в трибосистемах, активизирует процессы самоорганизации, формирования структур, адаптированных к условиям работы пар трения. При этом имеет значение природа твердых частиц, их размеры,

форма, концентрация в смазке и многие другие факторы. Введение в смазку наночастиц размерами до десятков нанометров обеспечивает свободное прохождение их через фильтры масляных систем, позволяет предотвратить повышенные износы, связанные с их возможным абразивным воздействием и эффективно снизить концентрацию до и ниже пределов содержания неорганических примесей в смазках, регламентируемых техническими условиями.

В работе исследовано влияние добавок ультрадисперсных алмазов УДА размерами 8-40 Нм на процессы приработки ВЧШГ, упрочненного нормализацией, при трении в паре в с алюминиевым подшипниковым сплавом АО20-1 и кальциевым баббитом Б2, используемыми для вкладышей коленвалов тепловозных дизелей типа Д100 и Д80. В качестве смазки использовали свежее моторное масло М14В₂. Испытания проведены на машине трения СМТ-1 по схеме «диск-колодка». Образцы «колодок» изготавливали из латунных вкладышей с сохранением их рабочих поверхностей.

В процессе испытаний оценивали время приработки по стабилизации моментов трения на номинальной нагрузке ($P_{ном.}$), значения коэффициентов трения и величину прирабочного износа. Результаты испытаний на прирабатываемость приведены в таблице.

Таблица

Результаты испытаний ВЧШГ с подшипниковыми материалами на прирабатываемость

№№ п/п	Материал подшипника	Смазка	Износ ВЧШГ, г	Износ подшипника, г	Момент трения, Н · м	Время стабилизации $M_{тр}$ при $P_{ном.}$, мин.
1	АО20-1	М14В ₂	0,0139	0,0010	4	32
2	АО20-1	М14В ₂ + УДА	0,0012	0,0005	3	22
3	Б2	М14В ₂	0,0044	0,0065	2	17
4	Б2	М14В ₂ + УДА	0,0006	0,0057	1,5	10

Анализ полученных результатов показывает, что введение УДА в смазку способствует ускорению процессов приработки, снижению установившихся значений моментов трения и уменьшению величины прирабочного износа.

Полученные данные и исследования поверхностей трения позволяют предположить следующий механизм взаимодействия контртел пары трения при насыщении приповерхностного слоя частицами УДА. В процессе приработки происходит насыщение поверхностного слоя подшипникового материала УДА, которые оказывая мягкое полирующее воздействие на выступы неровностей более твердой поверхности контртела из ВЧШГ способствуют их сглаживанию и, соответственно, снижению изнашивающей способности. Кроме того насыщение поверхностей частицами УДА приводит к их дисперсионному упрочнению, а также улучшению абсорбции молекул смазочного материала на рабочих поверхностях пары трения.

Таким образом при введении частиц УДА в смазку и насыщении ими рабочих поверхностей, очевидно, реализуется синергетический эффект, что приводит к существенному уменьшению износа контртел пар трения и улучшению их антифрикционных характеристик.

Литература

1. Любченко А.П. Высокопрочные чугуны. М., «Металлургия», 1982. 120с.
2. Трение, изнашивание и смазка. Справ. / Под ред. И.В. Крагельского, В.В. Алинина. М., 1978. Кн.2.

УДК 543.27

ПЬЕЗОСОРБЦИОННЫЕ СЕНСОРЫ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В МОНИТОРИНГЕ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Каракуркчи Д. А., канд. техн. наук, Орехов С.Л.

(г. Харьков, Украина)

In message is given motivation of the way of increasing to sensitivity and velocities of the Microgravimetric Quartz Crystal Microbalance Transduction method to account of the use as material of the sensor of the semiconductor joining the group A^{III}B^V.

Автоматизация и контроль подавляющего большинства химико-технологических процессов и экологический мониторинг окружающей среды организованы на основе непрерывного анализа состава исходных, промежуточных и конечных продуктов и выполняются с помощью автоматических анализаторов. Основными критериями оценки процессов автоматического химического анализа в химической технологии и функционировании систем безопасности жизнедеятельности являются чувствительность определения, специфичность и экспрессность (инерционность) метода.

Наибольшее распространение в системах автоматического контроля состава газовых и жидких сред получили спектрометры, хроматографы и анализаторы с чувствительными элементами в виде электрохимической ячейки, полупроводникового датчика и ионизационной камеры [1, 2, 3, 4]. Эти приборы позволяют эффективно измерять концентрации анализируемых компонентов, но для практического применения в некоторых техноло-

гических процессах требуют дальнейшего совершенствования.

Так, например, для газоанализаторов ионизационного типа самым серьезным препятствием их эффективно-го применения является низкая селективность – аналитический сигнал регистрируется в присутствии любых химических соединений, которые при действии ионизирующего излучения образуются заряженные частицы. Как правило, анализируемый объем атмосферы загрязнен большим количеством соединений, которые образовались из различных техногенных источников, в результате неблагоприятных климатических факторов (дождь, туман, снег) и производственных условий (пыль, грязь). В таких условиях возрастает вероятность получения необъективного сигнала и снижается чувствительность прибора относительно целевых веществ [5]. Минимально определяемая концентрация (МОК) не более 10^{-6} мг/л.

Высокое значение чувствительности при анализе бинарных газовых смесей наблюдается при использовании каталитического метода. Сущность каталитического метода состоит в торможении определенных каталитических реакций следами искомым веществ, которые находятся в реакционном объеме, вследствие отравления ими катализаторов (биокатализаторов). За счет большого выхода каталитических реакций могут быть созданы схемы приборов, которые имеют исключительно высокую чувствительность к определяемым веществам. МОК метода достигает 10^{-7} мг/л.

Примером использования неорганических контактных катализаторов является термокаталитическая реакция окисления метанола на нагретом платиновом катализаторе. В присутствии следов некоторых сильно действующих ядовитых веществ (так называемых каталитических ядов) в анализируемом воздухе катализатор отравляется, и его температура резко снижается. Регистрирующая система фиксирует снижение температуры, которое свидетельствует о наличии искомым СДЯВ [5]. Недостатками такого метода являются небольшой ассортимент определяемых соединений и невозможность использования метода в присутствии нескольких веществ отравляющих платину или реагирующих с метанолом, а также высокие требования к отбору пробы.

Самым распространенным классом портативных газоанализаторов являются спектрометрические газоанализаторы (около 40% всех газоанализаторов США, Японии, Англии [1]), которые измеряют в качестве аналитического сигнала поглощение (пропускание) света определенной длины волны, сдвиг интенсивности поглощения в ИК- или УФ-области, длину (частоту) волны светового потока в результате люминесценции. Спектральное разрешение (селективность) ИК-спектрометров на основе интерферометра с быстрым Фурье-преобразованием $\approx 0,160 \text{ см}^{-1}$. ИК-спектрометры в состоянии измерять МОК до 10^{-5} мг/л, а приборы регистрирующие люминесценцию способны достигать значения МОК около 10^{-9} мг/л [6]. Перспективными направлениями развития спектрометрических газоанализаторов будут создание чувствительных элементов (для повышения разрешения и чувствительности) и разработка математического аппарата обработки спектров (для повышения экспрессности определения). Метод ИК-спектроскопии не применяется для исследования веществ, не имеющих характеристических параметров в ИК-области [1, 6].

Перспективным методом с высокими показателями чувствительности, специфичности и экспрессности является микрогравиметрический пьезокварцевый метод, который широко применяется в аналитической химии жидких и газообразных компонентов, биохимических исследованиях, клинической диагностике, мониторинге окружающей среды и производственных процессов, как в лабораторных методиках, так и в автоматических газоанализаторах [2].

Пьезосорбционные датчики (ПД) или пьезорезонаторы (ПР), получившие распространение в аналитической химии, представляют собой АТ-срезы α -кварца, который широко используется в полупроводниковой электронике как генератор стабильной резонансной частоты. Такое применение монокристаллов кварца основано на явлении обратного пьезоэффекта, который состоит в том, что под действием электрического поля некоторые кристаллические тела, называемые пьезоэлектриками (ПЭ), сжимаются или расширяются в зависимости от направления вектора напряженности электрического поля. Интенсивность такого изменения линейных размеров у кристаллических ПЭ зависит от направления вектора напряженности электрического поля относительно осей кристалла.

Если к пластине ПЭ приложить переменное электрическое поле, то она будет расширяться и сжиматься, т.е. совершать механические колебания, осуществляя, таким образом, преобразование энергии электрических колебаний в энергию механических колебаний с частотой, равной частоте приложенного электрического поля. При совпадении частоты внешней ЭДС с собственной частотой пластины наблюдается максимальное значение амплитуды колебаний. Для любого пьезоэлектрика существует ряд резонансных частот, соответствующих различным типам колебаний [7]. Резонансная частота зависит от таких характеристик, как геометрические размеры пластины, масса пластины, величина пьезоэлектрической площади, модули упругости, направления вектора напряженности электрического поля относительно осей кристалла, температура, давление и др.

Применение пьезорезонаторных пластин из кварца для анализа химических веществ основано на изменении резонансной частоты при изменении ее массы. В 1959 г. Sauerbrey эмпирическим путем установил соотношение между приращением массы пластины и изменением ее резонансной частоты (1):

$$f_{(рез)i} - f_{(рез)0} = -2Af_{(рез)0}^2 \left[\frac{\Delta m}{A\sqrt{\mu_q \rho_q}} \right], \quad (1)$$

где $f_{(рез)i}$ – резонансная частота в момент времени t_i , которой соответствует приращение массы Δm_i ;

$f_{(рез)0}$ – исходная резонансная частота, в момент времени t_0 , которому соответствует приращение массы $\Delta m = 0$; A – пьезоэлектрически активная площадь; μ_q – модуль сдвига кварца; ρ_q – плотность кварца.

Современные ПД представляют собой АТ–срезы α -кварца, имеющие значение резонансной частоты $f_{(рез)0}$ в пределах 5 – 15 МГц, с покрытием, которое селективно адсорбирует определяемое вещество из окружающей среды. На пластину наносятся два контакта, подается переменное электрическое поле и проводится измерение $f_{(рез)i}$. В процессе адсорбции значение $f_{(рез)i}$ уменьшается соответственно увеличению массы. По результатам измерения величины $f_{(рез)i}$ строят градуировочный график в виде зависимости резонансной частоты от приращения массы (времени) или вычисляют Δm согласно (1) [2, 8].

ПД на основе кварца используют для определения широкого ассортимента тех классов химических соединений, для которых удастся подобрать оптимальный адсорбент (табл.1) и способ его нанесения.

Диапазон определяемых данным методом концентраций можно варьировать от миллионных долей до десятков мг/м³. Теоретически достижим предел детектирования массы $\approx 10^{-12}$ – 10^{-11} г с погрешностью измерения 1–2%. С учетом высокой селективности покрытия и природы аналитического сигнала (электрическая частота, для которой существуют достаточно точные методы измерения с практически мгновенным фиксированием значения), метод представляется одним из самых точных и экспрессных физико-химических методов измерения концентраций химических соединений при условии существования необходимого сорбционного покрытия и метода его нанесения. Такая совокупность высоких целевых характеристик (чувствительность, точность, экспрессность, ассортимент определяемых веществ) недостижима при использовании электрохимических, полупроводниковых, спектрометрических, ионизационных или каталитических детекторов, не говоря уже о традиционных химических методах.

Таблица 1

Сорбционные покрытия для пьезокварцевых датчиков

Газ	Сорбционное покрытие	Предел индикации, мг/м ³
NH_3	Аскорбиновая кислота. Комплексы L–глутаминовой кислоты с хлороводородом и пиридоксина с хлороводородом	$1,4 \cdot 10^{-3}$ –14 $1,4 \cdot 10^{-5}$
H_2S	Серебро, медь с ацетатом свинца Экстракт органической сажи в ацетоне, хлорбензойной и уксусной кислотах	25,6–71 1,4–71
SO_2	Триэтаноламин квадрол	10–20
HCl	Третичные амины	1,5–152
$R-OH$	Пленки SnO_2	13,3–13300
$C_6H_5-NH_2$	Полистирол, полиэтиленгликольсукцинат, полиэтиленгликольсебацинат, викасол, витамины В ₁ и В ₆	0,01–1
H_2CO	Формальдегидрогеназа в присутствии НАД и восстановленной формы глутатиона	0,001–12,5
C_6H_5-OH	Поливинилпирролидон с добавлением 4-аминоантипирина, гексоцианоферрата калия, сульфата меди	0,05–1

В качестве перспективы развития этой сенсорной технологии рассматривается поиск новых чувствительных фаз и методов их нанесения, а также методов снятия и обработки полезного сигнала. Суть последних состоит в математическом анализе динамических характеристик полезного сигнала. Так, анализ динамических характеристик полезного сигнала с полупроводниковых датчиков на пленках SnO_2 , термического типа и др. позволяет повысить скорость получения полезной информации в несколько раз.

Также представляется целесообразным поиск пьезоэлектрических материалов с большими, по отношению к кварцу, значениями резонансной частоты и меньшими значениями плотности и модуля сдвига, при этом материал должен сохранять рабочие характеристики в условиях высоких и низких температур, агрессивных сред и быть восприимчивым к различным методам нанесения покрытий.

Целью данной работы является обоснование возможности повышения чувствительности и экспрессности пьезокварцевого метода путем поиска пьезоэлектрического материала с указанными выше свойствами.

Известно, что в области полупроводниковой техники, в частности при производстве транзисторов и диодов, широко используются соединения типа $A^{III}B^V$, среди которых наибольшее распространение получил арсенид галлия $AsGa$. Для транзисторов двумя самыми важными рабочими характеристиками являются предельная частотная граница (максимальная рабочая частота) и максимальная рабочая температура. Максимальная рабочая частота определяется значениями подвижностей основных носителей заряда и диэлектрической постоянной вещества и составляет для соединений типа $A^{III}B^V$ величину порядка сотен ГГц. Максимальная рабочая температура зависит от ширины запрещенной зоны E_g и приблизительно определяется по формуле (2):

$$T_{max} = 533E_g - 273. \quad (2)$$

Поэтому все транзисторы на основе материалов типа $A^{III}B^V$ имеют большее значение T_{max} , чем Ge , Si и др., могут работать при комнатной температуре без дополнительных устройств охлаждения, но только арсенид галлия обеспечивает более высокую максимальную рабочую частоту благодаря высокому значению подвижности и малому времени жизни основных носителей заряда. Еще большей максимальной рабочей частотой обладают $InSb$, $InAs$, но эти материалы при работе требуют глубокого охлаждения [7].

Примером применения таких материалов служит диод с переменной емкостью (варактор). Варактор имеет нелинейные вольт-емкостные характеристики и низкие утечки проводимости. Работа прибора основана на эффекте Ганна, суть которого состоит в том, что при наложении на образец внешнего электрического поля (для $AsGa$ величина напряженности составляет ≈ 3 кВ/см) в нем возникают гармонические колебания тока, частота которых обратно пропорциональна длине образца. Предел частот микроволнового диода из арсенида галлия составляет около 330 ГГц [7].

Таким образом, в результате анализа литературных источников, представляется перспективным использование в качестве материала пьезосорбционных датчиков арсенида галлия (возможно использование готовых изделий – диодов Ганна, биполярных транзисторов). Предполагается повышение, во-первых, чувствительности – за счет увеличения квадрата резонансной частоты (10^{18} для $AsGa$ вместо 10^{12} для кварца) и уменьшения пьезоэлектрически активной площади и, во-вторых, экспрессности – за счет скорости измерения и обработки аналитического сигнала (резонансной частоты). Изготовление датчиков и нанесение селективных сорбционных покрытий возможно с использованием известных полупроводниковых технологий.

Важным моментом, для расширения ассортимента определяемых ТВ представляется изучение кинетики лимитирующих стадий процесса определения газообразных веществ в воздухе в зависимости от адсорбента и способа его нанесения, а также процессов сорбции в электрическом поле.

Литература

1. Другов Ю.С., Беликов А.Б., Дьякова Г.А., Тульчинский В.М. Методы анализа загрязнений воздуха. – М.: Химия, 1984. – 384 с.
2. Рудых И.А., Кораблев И.В., Иващенко В.Е. Сорбционно-частотные датчики для контроля состава газов. – М.: Машиностроение, 1989. – 226 с.
3. Guilbault G.G., Luong J.H.T., Prusak-Sochacze // *Biotechnology*. – 1989. – Vol. 7 – P. – 349.
4. Михеев Г.М., Могилева Т.Н., Попов А.Ю., Калюжный Д.Г. // Автоматизированная лазерная система для диагностики водорода в газовых смесях. // Приборы и техника эксперимента. – 2003. – №2. – с.101–107.
5. Блажеевський М.С., Баталов А.І., Петров С.І. та ін. Технічні засоби індикації отруйних речовин. – Х.:ХІТВ, 2003. – 160 с.
6. Павленко В.А. Газоанализаторы. – М.-Л.: Машиностроение, 1965. – 332 с.
7. Полупроводниковая электроника: Справочник / Баранский П.И., Ключков В.П., Потыкевич И.В. – К.: Наукова думка, 1975. – 704 с.
8. Lital Alfonta, Eugenii Katz, and Itamar Willner // Sensing of acetylcholine by a tricomponent – enzyme layered electrode using faradaic impedance spectroscopy, cyclic voltammetry, and microgravimetric quartz crystal microbalance transduction methods. // *Anal. Chem.* – 2000. – Vol.72. – P.927–935.

УДК 669.131: 621.436

О ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ МОЩНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Пашкова Г. И.

(г. Харьков, Украина)

The results of study of influencing of normalization on a microstructure, level of residual stress, endurance and use reliability of crankshafts from high-strength cast iron are reduced.

Коленчатый вал является одной из наиболее тяжело нагруженных деталей тепловозного дизеля, существенно влияющей на его работоспособность. Надежность работы таких валов определяется высокой износостойкостью материала при достаточном уровне сопротивления переменным циклическим нагрузкам [1].

Крупные коленчатые валы (масса 1100 и 1683 кг, длина 4,5 м) транспортных дизелей типов 10Д100 и Д80 мощностью 2960 кВт отливаются из высокопрочного легированного чугуна с шаровидной формой зерен графита. Однако используемая в настоящее время технология ранней выбивки отливок из песчано-глинистой формы (через 7 часов после заливки) с последующим отпуском при температуре 680 ± 20 °С в течение 6 ч не всегда позволяет получить необходимые прочностные характеристики материала. Часто микроструктура и уровень механических свойств неоднородны по длине отливки, что негативно сказывается на служебных характеристиках коленчатых валов. Недостатками этой технологической схемы являются также ферритная оторочка зерен графита, крупнозернистое строение перлитной составляющей и неравномерное распределение неметаллических включений.

Известно [2,3], что одним из способов повышения физико-механических свойств высокопрочного чугуна является нормализация отливок.

Целью настоящей работы являлось исследование влияния операции нормализации на структуру, свойства и служебные характеристики крупных коленчатых валов из высокопрочного чугуна.

В качестве материала для проведения экспериментов использовали высокопрочный легированный чугун, модифицированный Mg, следующего химического состава, масс. %: 3,4...3,9 C; 1,9...2,5 Si; 0,8...1,25 Mn; 0,5...1,0 Ni; 0,2...0,5 Mo; 0,05...0,1 Mg; $\leq 0,1$ Cr; $\leq 0,05$ P; $\leq 0,02$ S; основа – Fe.

На основании исследований, проведенных в лабораторных и производственных условиях, был предложен следующий режим термической обработки крупных коленчатых валов:

1. Нормализация. Посадка в печь при $t \leq 300^\circ\text{C}$; нагрев до $900 \pm 20^\circ\text{C}$ со скоростью ≤ 80 град/ч; выдержка при $t = 900 \pm 20^\circ\text{C}$ – 8 ч; охлаждение на воздухе с обдувом аэраторами в течение 2-2,5 ч.
2. Отпуск. Посадка в печь при $t \leq 300^\circ\text{C}$; нагрев до $610\text{-}640^\circ\text{C}$ со скоростью ≤ 80 град/ч; выдержка при $t = 610\text{-}640^\circ\text{C}$ – 8 ч; охлаждение с печью до 300°C , далее на воздухе.

Механические свойства и структуру исследовали на стандартных образцах и шлифах, изготовленных из материала валов. В структуре металлической матрицы после нормализации преобладает мелкозернистый перлит, и практически отсутствует ферритная составляющая. Структура матрицы вала, изготовленного по технологии ранней выбивки, характеризуется небольшим содержанием феррита (в качестве оторочки вокруг зерен графита) и более крупнозернистым строением перлитной составляющей.

В результате сравнительного исследования уровня механических свойств материала отливок 200 коленчатых валов после ранней выбивки и в нормализованном состоянии установлено, что нормализация обеспечивает более равномерное распределение микроструктуры и механических свойств по длине отливки, повышение предела прочности на 20% и твердости – на 15%. Значительно увеличивается также содержание перлитной составляющей в чугуне.

В работе исследовали триботехнические характеристики материала валов в зависимости от вида термической обработки. Испытания на износостойкость выполнили в паре с алюминиевым сплавом АО20-1. При проведении исследований использовали стенд ИПС-2. Время испытаний – 50 часов. Скорость скольжения составляла 8 мс^{-1} , контактное давление – 5 МПа, смазка – масло М14В₂. Втулку для испытаний изготавливали из специально отлитых образцов, соответствующих по химическому составу коленчатому валу, а кольца – из материала вкладышей.

Результаты испытаний, приведенные в табл. 1, показывают, что чугун в нормализованном состоянии характеризуется лучшей износостойкостью материала как вала, так и вкладыша.

Таблица 1

Износ при испытаниях по схеме «вал – вкладыш» в течение 50 ч.

Состояние материала коленчатого вала	Материал вкладыша	Износ вала, мкм	Износ вкладыша, г
Ранняя выбивка, отпуск	АО20-1	5,4	0,1454
Нормализация, отпуск	АО20-1	1,9	0,0330

Учитывая, что усталостные характеристики являются определяющими при оценке надежности и работоспособности деталей, подвергающихся воздействию переменных циклических нагрузок, представляет несомненный интерес исследование влияния нормализации на сопротивление усталости коленчатых валов дизелей [4].

Исследовали ограниченную выносливость при изгибе отсеков нормализованных валов, включающих 4 коренных и 3 шатунных шейки с различным расположением кривошипов, без упрочнения и с упрочнением обкаткой роликами переходных галтелей. Для сравнения испытаниям на усталость подвергали отсеки валов, изготовленных по технологии ранней выбивки, также с упрочненными и неупрочненными галтелями. Твердость поверхности шеек таких валов составляла 217...268 НВ, твердость нормализованных валов находилась в пределах 234...283 НВ.

Испытания на усталость проводили с использованием универсальной испытательной машины типа МУП-100 с гидропульсатором, обеспечивающей знакопостоянный цикл нагружения в плоскости одного из кривошипов коленчатого вала. Частота нагружения 7,5 Гц. Коэффициент асимметрии цикла принят равным 0,3. База испытаний составляла $5 \cdot 10^6$ циклов нагружения. Величину максимальной циклической нагрузки для создания заданного уровня напряжений определяли путем предварительного тензометрирования отсеков коленчатых валов при их ступенчатом статическом нагружении.

Результаты испытаний на усталость приведены в табл. 2.

Таблица 2

Значения пределов выносливости коленчатых валов из высокопрочного чугуна

№ варианта	Способ упрочнения	Предел выносливости, МПа
1.	Ранняя выбивка, отпуск при $680 \pm 20^\circ\text{C}$	90
2.	Ранняя выбивка, отпуск, обкатка галтелей	163
3.	Нормализация при $900 \pm 20^\circ\text{C}$, отпуск при $625 \pm 15^\circ\text{C}$	80
4.	Нормализация, отпуск, обкатка галтелей	174

Как видно из приведенных данных, предел выносливости отпущенных после ранней выбивки валов (вариант 1) несколько выше, чем нормализованных (вариант 3). Таким образом, влияние масштабного фактора и конструктивных особенностей коленчатого вала может приводить к некоторому снижению долговечности и выносливости в результате применения нормализации.

Упрочнение обкаткой роликами переходных галтелей коленчатых валов приводит к существенному повышению усталостных характеристик обоих вариантов изготовления. Предел выносливости нормализованных валов с обкаткой галтелей возрастает до 174 МПа, для отпущенных после ранней выбивки валов это значение ниже и составляет 163 МПа. Нормализованные коленчатые валы отличаются также более высокими значениями долговечности при перегрузках.

Известно [5], что одним из факторов, характеризующих усталостную прочность деталей, являются остаточные напряжения. Сравнительное исследование остаточных напряжений в шейках коленчатых валов, прошедших нормализацию, а также отпущенных после ранней выбивки, проводили по методике [6].

Полученные результаты свидетельствуют, что распределение напряжений по поверхности отпущенных после ранней выбивки валов обусловлено процессами деформирования при остывании отливки. На шатунных шейках как осевые, так и тангенциальные напряжения являются растягивающими с максимальной величиной 68 МПа. По длине коренных шеек наряду с растягивающими действуют и небольшие по абсолютной величине (до 32 МПа) сжимающие напряжения.

В распределении остаточных напряжений нормализованных валов наблюдается иная картина. Независимо от места измерения напряжения являются сжимающими. Максимальная их величина достигает 55 МПа, а средние значения осевых и тангенциальных составляющих близки между собой. Решающим фактором формирования эпюр остаточных напряжений в результате нормализации является ускоренное охлаждение валов в процессе остывания.

Сжимающие остаточные напряжения на поверхности шеек нормализованных коленчатых валов оказывают положительное влияние на служебные характеристики деталей. Существенное значение имеет также тот факт, что в связи с более высокой твердостью поверхностного слоя материала валов более эффективным является упрочнение путем обкатки роликами.

Результаты проведенной работы показывают целесообразность применения нормализации с последующим отпуском для упрочнения крупных коленчатых валов из высокопрочного чугуна с шаровидной формой зерен графита. Эксплуатационные испытания на одноцилиндровых отсеках и развёрнутых изделиях коленчатых валов, подвергнутых нормализации, выявили хорошую их работоспособность в эксплуатации. Имевшие место ранее разрушения коленчатых валов полностью исключены. Дополнительное упрочнение шеек валов обкаткой роликами позволило оснащать двигатели более износостойкими по сравнению с бронзо-баббитовыми сталеалюминиевыми подшипниками скольжения из сплава АО20-1. Пробег тепловоза до подъемочного ремонта двигателя увеличился с 400 тыс. до 1200 тыс. км.

Литература

1. Салтыков М.А., Горбунов М.Н., Гинзбург М.А. Развитие методов и средств исследования прочности основных несущих деталей и узлов // Развитие комбинированных двигателей внутреннего сгорания / Под ред. М.Г. Круглова. – М.: Машиностроение, 1974. – С. 103-170.
2. Высокопрочный чугун с шаровидным графитом. Теория, технология производства, свойства и применение / Под ред. М.В. Волощенко. – Киев: Наукова думка, 1974. – 203 с.
3. Снежко А.А. Изменение свойств литого высокопрочного чугуна под воздействием пластической деформации и термической обработки // Процессы литья. – 1994. – № 4. – С. 96-100
4. Кудрявцев И. В., Наумченков Н. Е., Саввина Н. М. Усталость крупных деталей машин. – М.: Машиностроение, 1981. – 237 с.
5. Чепя П. А., Андрияшин В. А. Эксплуатационные свойства упрочнённых деталей. – Минск: Наука и техника, 1988. – 192 с.
6. Будённый М. М., Любченко А. П., Пашкова Г. И. Влияние комплексного упрочнения на эксплуатационную надёжность крупных коленчатых валов // В сб. Прогрессивные технологии и системы машиностроения. – Донецк: ДонНТУ, 2003. – Выпуск 25. – С. 43-48.

УДК 621.785.533

К ВОПРОСУ О РАЗРУШЕНИИ ХРОМО-НИКЕЛЕВЫХ СТАЛЕЙ

Молчанова Л.В., Маринина Л.М.

(г. Харьков, Украина)

Information is given in work about reason of the destruction wheel about from chromium-nickel steels and used method of the study.

Установление причин брака при изготовлении тяжело нагруженных деталей в условиях серийного производства не теряет своей актуальности, и исследования по каждому конкретному случаю предоставляют большой объем полезной информации, позволяющей в перспективе исключить бракоопасность тех или иных деталей и процессов.

В данной работе приведены результаты исследования крупногабаритного зубчатого колеса из хромо-никелевой стали марки 12Х2Н4А, на котором после операции закалки было выявлено практически сквозное разрушение по осевой трещине.

Цикл изготовления деталей данного наименования довольно сложен и включает в себя операциюковки из литой заготовки, предварительную механическую обработку и далее – комбинированную химико-термическую обработку [1] по типовой схеме для сталей данного класса (газовая цементация при температуре 920⁰ – 940⁰С, высокий отпуск, нормализация при температуре 880⁰ – 900⁰С с высоким отпуском, закалка при температуре 790⁰ – 810⁰С с охлаждением в горячем масле с последующим низким отпуском). Цементация выполнялась в печи типа Ц-105, нормализация и отпуск – в печи типа ТПЗ4; закалка – в печи типа СНЗ-11. Представление о массивности детали дают ее размеры: наружный диаметр зубчатой части 335 мм, внутренний диаметр 113 мм, высота колеса 115-130 мм, вес 65кг.

В результате проведенного цикла химико-термической обработки на поверхности зубчатой и ступичной частей колеса был сформирован цементованный слой глубиной 1,8-2,0 мм при твердости 60 – 61 ед. НРС. Структура цементованного слоя представляет собой безигольчатый мартенсит с мельчайшими включениями карбидной фазы сеточной ориентации. Структура сердцевины – сорбитного типа при твердости 380 ед. НВ. Наблюдаемые структуры и зафиксированный уровень твердости материала (цементованного слоя и сердцевины) свидетельствуют о том, что выбранные режимы химико-термической обработки являются оптимальными и обеспечили требуемое качество упрочнения поверхности зубьев.

Изучение поверхности разрушения колеса выполняли методами оптической металлографии с использованием микроскопа типа МИМ10 при увеличении 16 – 100^X. В изломе по месту разрушения колеса на общем вязком, волокнистом фоне излома сердцевины была выявлена область сконцентрированных участков неоднородного мелкозернистого строения, имеющая неправильную форму и удаленная от поверхности детали на 10 – 20 мм. Размер отдельных зернистых участков составляет 0,8 – 3,5 мм, общий размер выявленной области неоднородного строения составляет 15×26 мм. Сквозное разрушение детали развивалось с началом от указанной мелкозернистой зоны.

Исследование микроструктуры выполняли с использованием микроскопа типа Неофот-21 при увеличении 100-500^X. Установлено, что микроструктура материала в дефектной зоне (т.е. в зоне начального очага по сечению ступичной части) имеет весьма крупноигольчатое мартенситно-аустенитное строение (с преобладанием мартенситной составляющей); здесь же выявлены короткие пластически деформированные плёны, окруженные окалиной. Твердость материала в рассматриваемой структурной зоне, определенная методами Виккерса и микротвердости, составляет 1100-1200 единиц.

Полученные результаты создали необходимость постановки задачи по проведению локального химического и спектрального анализа материала в различных участках сечения детали, включая, естественно, зону макро- и микронеоднородности материала. Содержание углерода определяли кулонометрическим методом на приборе АН 75-29, содержание остальных элементов – при фотоэлектрическом спектральном анализе на приборах типа МФС4 и МФС8 [2]. Конкретные места локального анализа и фактическое содержание элементов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав материала

Место определения элемента	Содержание элементов, в % вес.					
	С	Mn	Si	Cr	Ni	Mo
Сердцевина – вне дефектной зоны (разброс по восьми контрольным точкам)	0,18 – 0,19	0,40 – 0,42	0,26	1,45	3,20	0,19
Сердцевина – в дефектной зоне: (разброс по десяти контрольным точкам)	0,62 – 0,65	0,43 – 0,47	0,35 – 0,37	1,60 – 1,75	3,50 – 3,65	0,30 – 0,40

Как видим, на данной детали в сечении ступичной части выявлена зона значительной ликвации химических элементов: наиболее значительная – по углероду, в существенно меньшей степени – по хрому, никелю, марганцу. Очевидно, что в процессековки и последующей термической обработки в пределах выявленной ликвационной зоны возникла сложная схема внутренних напряжений [3] (в т.ч. и растягивающих), вызвавших образование начальной хрупкой трещины и постепенное ее развитие, вплоть до сквозного разрушения детали.

Таким образом, при установлении причин разрушения деталей (особенно в случаях неоднородности строения макро- и микроструктуры по месту разрушения) целесообразно проведение локального химического анализа, в результате чего может быть однозначно установлен характер неоднородности строения металла и появляется возможность наметить правильные пути устранения данного дефекта.

Литература

1. Фиргер И.В., Термическая обработка сплавов, Л.: Машиностроение, 1982, 184 с.
2. Криштал М.А., Давыдов Ю.И., Корвачев В.Д., Локальный спектральный метод количественного определения углерода в стали. / Заводская лаборатория, №8, 1964, С.45.
3. Романив О.Н., Ярема С.Я. и др., Механика разрушения и прочность материалов, т.4., К.: Наукова думка, 1990, 679 с.

УДК 658.52.011.56.012.3.001

СОЗДАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Макурин Н.С., канд. техн. наук, Шаполов А.Е.

(Харьков, Украина)

The problem (task) of creation of industrial - technological systems is considered (examined) in view of time and material inputs.

Производственно-технологические системы (ПТС) позволяют решить две кардинальные задачи – значительно повысить производительность труда в серийном производстве и обеспечить рост мобильности производства. Вместе с тем затраты на создание и внедрение ПТС столь велики, что проблема их экономической эффективности является одной из важных, требующей всестороннего исследования. ПТС структурно состоит из технологической системы (ТС) и производственной системы (ПС). ТС характеризует совокупность реализуемых технологических маршрутов, т.е. составы и последовательности (связи) технологических операций; ПС характеризуют состав (номенклатуру) основного технологического оборудования и его количество, которое зависит от объема выпуска изделий и производительности, определяющих производственные связи между отдельными единицами технологического оборудования.

Затраты на создание и обслуживание ПТС включают затраты на работников предприятия, участвующих в создании, внедрении и обслуживании системы. В этой связи основной целевой функцией задачи является минимизация числа работников.

Общая численность работников, принимающих участие в создании, внедрении и обслуживании ПТС ($Ч$) определяется как сумма численности работников i -й категории (рабочие, инженерно-технические работники, административно-управленческий персонал и др.):

$$Ч = \sum_{i=1}^n Ч_i \rightarrow \min.$$

Поэтому можно записать

$$Ч = Ч_{ИТР} + Ч_P + Ч_{АУП} + Ч_{ДР}.$$

Для обеспечения функционирования ПТС устанавливается численность каждой категории работников. При этом общие тенденции такие: установление оптимального числа ИТР ($Ч_{ИТР} = opt$); устремление численности рабочих к нулю ($Ч_P \rightarrow 0$) в первую очередь за счет сокращения ручного и физически тяжелого труда; установление минимального числа административно-управленческого и другого персонала ($Ч_{АУП} \rightarrow \min$ и $Ч_{ДР} \rightarrow \min$). С учетом этого можно записать

$$Ч = (Ч_{АУП} + Ч_{ДР})_{\min} + (Ч_{ИТР} + Ч_P)_{opt}.$$

Количество административно-управленческого, младшего обслуживающего и другого персонала должно быть не больше, чем это необходимо для обеспечения требуемых технико-экономических, социальных и специальных заданий, стоящих перед системой; увеличение или уменьшение этого количества снижает эффективность системы. От количества и качества рабочих и инженерно-технических работников зависят основные показатели деятельности ПТС, поэтому

$$(Ч_{ИТР} + Ч_P)_{opt} = Ч - (Ч_{АУП} + Ч_{ДР})_{\min}.$$

Таким образом, сокращение численности работников должно осуществляться за счет установления минимально необходимой численности административно-управленческого и другого персонала

$$(Ч_{АУП} + Ч_{ДР}) \rightarrow \min$$

и оптимального количества инженерно-технических работников и рабочих.

Обозначим

$$Ч - (Ч_{АУП} + Ч_{ДР})_{\min} = Y$$

тогда

$$(Ч_{ИТР} + Ч_P)_{opt} = Y.$$

С точки зрения создания технологических систем на основании заданий по высвобождению рабочей силы необходим анализ последнего уравнения.

Рассмотрим раздельно каждое слагаемое левой части уравнения.

Для установления численности инженерно-технических работников вводится понятие кадрового модуля. Под *кадровым модулем* понимают условную комплексную единицу, включающую в себя автономно функционирующую группу специалистов, предназначенную для выполнения различных производственных заданий в установленных пределах и имеющую возможность объединяться в систему. С точки зрения системного подхода кадровый модуль является элементом системы; при объединении элементов образуется подсистема, а при объединении подсистем - подсистема следующего уровня и т. д.

Рассматривая общую численность работников как систему (рис. 1), можно выделить подсистемы различных уровней.

Подсистемы первого уровня определяются так:

$$\mathcal{C}_1 = (\mathcal{C}_{ИТР} + \mathcal{C}_P) \rightarrow opt; \mathcal{C}_{11} = (\mathcal{C}_{АУП} + \mathcal{C}_{ДР}) \rightarrow min$$

на втором уровне выделяются подсистемы

$$\mathcal{C}_{АУП}; \mathcal{C}_{ДР}; \mathcal{C}_{ИТР}; \mathcal{C}_P;$$

третий уровень позволяет рассмотреть структуру и количественные показатели каждой подсистемы предыдущего уровня.

Численность инженерно-технических работников можно определить следующим образом:

$$\mathcal{C}_{ИТР} = \mathcal{C}_{ИТР}^O + \mathcal{C}_{ИТР}^П,$$

где $\mathcal{C}_{ИТР}^O, \mathcal{C}_{ИТР}^П$ - численность инженерно-технических работников, обеспечивающих функционирование ПТС по выпуску ординарной и перспективной продукции соответственно.

Используя понятие кадрового модуля, запишем

$$\mathcal{C}_{ИТР} = M_O K_O + M_{П} K_{П} + M_{П.П} K_{П.П},$$

где $M_O, M_{П}$ - кадровые модули, обеспечивающие выпуск ординарной и перспективной продукции соответственно; $M_{П.П}$ - кадровый модуль переподготовки ИТР для обеспечения выпуска перспективной продукции; $K_O, K_{П}, K_{П.П}$ - количество кадровых модулей $M_O, M_{П}, M_{П.П}$, обеспечивающих функционирование ПТС в соответствии с установленными требованиями.

Уровни

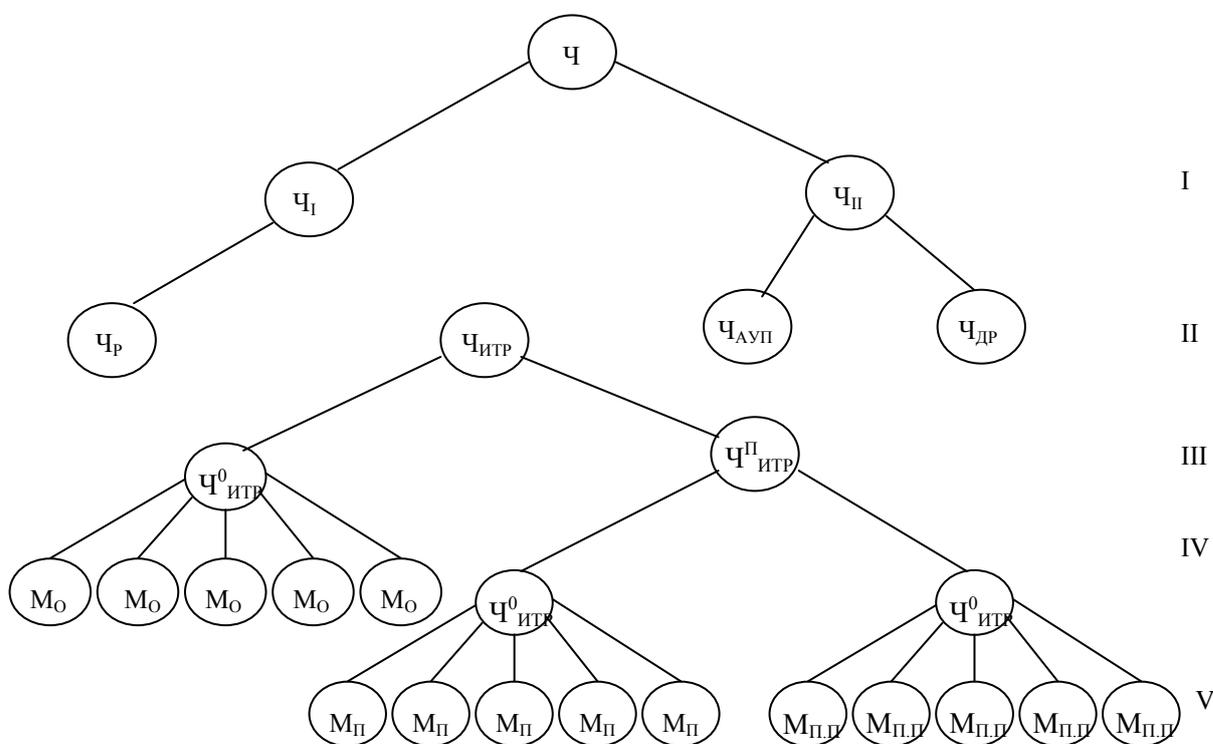


Рис. 1. Представление численности работников в виде схемы.

Разделив правую часть последнего уравнения на левую и умножив на 100 %, получим процентное соотношение численности ИТР, обеспечивающих текущие и перспективные задачи развития ПТС:

$$O + П + ПП = 100\%,$$

где $O = (M_O K_O / \mathcal{C}_{ИТР}) 100\%$; $П = (M_{П} K_{П} / \mathcal{C}_{ИТР}) 100\%$; $ПП = (M_{П.П} K_{П.П} / \mathcal{C}_{ИТР}) 100\%$.

Это соотношение для каждой ПТС различно. Расчетное, а не случайное установление этого соотношения обеспечивает наилучшие результаты деятельности ПТС.

Технико-экономические, социальные и специальные требования, предъявляемые к выпускаемой продукции, определяют структуру инженерно-технических работников; это означает, что установленная численность ИТР должна обеспечить названные показатели.

Если учесть, что численность работающих является функцией затрат $f(3)$, то показатели деятельности ПТС определяются так:

$$X = \varphi(\mathcal{C}) = \varphi[f(3)] = \varphi\left[f\left(\sum_{i=1}^3 3_i\right)\right],$$

где $Z = \sum_{i=1}^3 Z_i = Z_O + Z_{II} + Z_{II,II}$, ($Z_O, Z_{II}, Z_{II,II}$ - затраты на инженерно-технических работников, занятых текущей и перспективной работой соответственно). Эти затраты должны включать в себя не только фонд заработной платы, но и расходы на подготовку и переподготовку специалистов; суммарные затраты не могут превышать установленного значения. Поэтому возникает задача распределить их таким образом, чтобы обеспечить выполнение плановых текущих и стратегических заданий.

Если всю сумму затрат израсходовать на оплату ИТР, обеспечивающих выпуск продукции, то не останется средств для оплаты ИТР, занимающихся перспективными задачами, и наоборот. Таким образом, численность, структура ИТР и соответствующее распределение затрат должны быть оптимальными.

Кадровые модули, их количество, затраты на подготовку ИТР и оплату их труда должны определяться индивидуально для каждой ПТС, а ограничением должна служить сумма расходов, а не численность работников, т. е.

$$X = \varphi[f(Z)] \quad \text{и} \quad Z = \sum_{i=1}^3 Z_i.$$

Исходя из выше изложенного, запишем зависимость

$$X = \psi(Z_O, Z_{II}),$$

отражающую влияние затрат, численности и структуры ИТР на технико-экономические, социальные и другие показатели деятельности ПТС.

Для нахождения максимального и минимального значений X нужно решить систему уравнений

$$X'_{Z_O} = 0; X'_{Z_{II}} = 0.$$

Выполним подстановку полученных решений $Z_{O1}, Z_{II1}, Z_{O2}, Z_{II2}$:

$$A = \frac{\partial^2 X}{\partial Z_O^2}; B = \frac{\partial^2 X}{\partial Z_O \partial Z_{II}}; C = \frac{\partial^2 X}{\partial Z_{II}^2}$$

и составим выражение

$$\Delta = \begin{vmatrix} AB \\ BC \end{vmatrix} = AC - B^2 = [X''_{Z_O Z_O} X''_{Z_{II} Z_{II}} - (X''_{Z_O Z_{II}})^2] \Big|_{\substack{Z_O=Z_{O1} \\ Z_{II}=Z_{II1}}}$$

Если $\Delta > 0$, то показатель X при системе Z_{O1} и Z_{II1} максимален при $X''_{Z_O Z_O} < 0$ и минимален при $X''_{Z_O Z_O} > 0$.

Если $\Delta < 0$, то показатели X не имеют ни максимума, ни минимума. Если же $\Delta = 0$, то методы усложняются. Увеличение расходов на ИТР, обеспечивающих выполнение плана, сначала приводит к улучшению показателей деятельности ПТС, а затем после достижения определенных затрат на эту категорию ИТР (Z_O^{opt}) - к их снижению. Выделение части затрат на оплату ИТР, занятых решением перспективных задач ПТС, наоборот, сначала ухудшает показатели эффективности, а затем (после достижения Z_{II}^{min}) приводит к их росту.

Такая интерпретация носит частный характер; действительная ситуация значительно сложнее, поскольку, в частности, проявляется взаимовлияние инженерно-технических работников, приводящее к новому результату. Инженерно-технические работники создают новые перспективные ПТС, в которых изменяется роль человека.

высвобождение за счет роста производительности общественного труда рабочей силы, Одна из важных социально-экономических задач - экономия живого труда, т.е. занятой в сфере как непосредственного производства, так и эксплуатации ПТС. Мероприятия по высвобождению рабочей силы за счет автоматизации технологических процессов, внедрения роботизированных технологических комплексов, создания гибких производственных систем требуют одновременного перераспределения затрат на их проведение между сферами производства и эксплуатации.

Затраты на изготовление ПТС Z_{II} , ее эксплуатацию $Z_{Э}$ и на заработную плату рабочих-станочников $Z_{P,C}$, производящих детали, определяются выделенными для этой цели суммарными затратами Z , т. е. $Z_{II} + Z_{Э} + Z_{P,C} = Z$. Суммарные затраты Z могут распределяться между их составляющими в различных пропорциях:

1) полностью использоваться на изготовление ПТС; в этом случае участие человека в процессе производства деталей и эксплуатации ПТС исключено, а технология изготовления деталей - безлюдная, 2) полностью использоваться для оплаты рабочей силы, непосредственно производящей продукцию; в этом случае в ПП техника не используется, а труд - ручной; 3) расходоваться на изготовление и техническое обслуживание ПТС, при этом рабочие в процессе изготовления деталей не участвуют, в ПП используется автоматическое оборудование; 4) распределяться в общем случае между сферами производства и эксплуатации ПТС, при этом затраты в сфере эксплуатации, в свою очередь, делятся на две составляющие: затраты на оплату рабочего-станочника и затраты на техническое обслуживание и ремонт ПТС, т. е. $Z_{II} : Z_{Э} : Z_{P,C} = a : b : c$.

Ретроспективный анализ распределения суммарных затрат позволяет выявить экономические тенденции развития ПТС в прошлом, настоящем и будущем.

В условиях частого изменения выпускаемой продукции качество изготавливаемых деталей можно обеспечить либо за счет повышения квалификации рабочих-станочников, что приводит к увеличению затрат на оплату их труда, либо путем совершенствования ПТС, что увеличивает затраты на их изготовление. Решение социальной задачи — высвобождение рабочей силы из сферы производства — предполагает необходимость внедрять более сложные системы, соответственно увеличивая затраты на их создание.

Использование станков с ЧПУ повышает производительность обработки изделий. Значительный рост стоимости станков приводит к увеличению стоимости станко-минуты, однако это увеличение (если сравнивать одни и те же модели станков) происходит медленнее, чем увеличение стоимости оборудования. Таким образом, в результате применения более сложных ПТС, обеспечивающих экономию живого труда и снижающих время обработки изделий, себестоимость продукции уменьшается. Значительная часть стоимости современных станков с ЧПУ приходится на электронные устройства, стоимость которых по мере совершенствования технологии производства быстро уменьшается. Переход к прямому управлению от ЭВМ сводит к минимуму затраты на подготовку управляющих программ.

Основное направление совершенствования станков за последние годы заключалось в изменении управления ими: ручное; числовое программное управление (ЧПУ); ЧПУ с устройством цифровой индикации; ЧПУ типа CNC; контурная система ЧПУ на базе микро-ЭВМ «Электроника-60М»; ЧПУ типа DNC.

Стоимость разрабатываемых новых моделей станков увеличивается, но за счет совершенствования системы управления станками снижаются требования к квалификации рабочих-станочников, т. е. происходит перераспределение затрат $Z_{и}$, $Z_{э}$, $Z_{р.с}$.

Дальнейшее распределение суммарных затрат не связано с высвобождением рабочей силы, а определяется требованиями к качеству деталей. Однако технико-экономические показатели создаваемых ПТС значительно зависят от расходов на рабочую силу и ИТР:

$$X = f(Z_{р}, Z_{ИТР}),$$

где X - показатели деятельности ПТС (нормативно-чистая продукция, научно-технический уровень и т. д.).

Наилучшие значения показателей можно находить различными методами, например симплексным, заключающимся в последовательном улучшении решений - переходе от одной точки (соотношения затрат) к другой. Если оптимальное решение существует, то оно обязательно будет найдено через конечное число шагов. Метод получил название от термина « n -мерный симплекс» - выпуклая фигура, образованная $n + 1$ точками (вершинами), где n - число факторов, подлежащих оптимизации.

Геометрическая интерпретация метода (рис. 2) состоит в последовательном движении по вершинам симплекса. Число вершин симплекса превосходит на единицу размерность факторного пространства. Так, например, на плоскости симплекс образуется любыми тремя точками, не лежащими на одной прямой (любой треугольник), в трехмерном пространстве — любыми четырьмя точками, не лежащими в одной плоскости (любая треугольная пирамида). Симплекс обладает важным свойством, позволяющим использовать его с целью оптимизации: из любого симплекса можно получить новый, отбросив одну из вершин и добавив всего одну точку. Последовательным отбрасыванием вершин можно переместить симплекс в факторном пространстве, причем это перемещение происходит при каждом эксперименте.

Сущность симплексного метода заключается в следующем. Опыты проводят в условиях, соответствующих координатам вершин регулярного симплекса [в случае двух факторов — равносторонний треугольник ABC (см. рис. 2)]; из результатов опытов отбирают наилучший по рассматриваемому показателю и отбрасывают вершину симплекса, соответствующую этому опыту; строят новый симплекс путем добавления к оставшимся вершинам (в случае, изображенном на рис. 2, - к вершинам B и C) еще одной — A_1 , являющейся зеркальным отображением отброшенной точки A . Координаты этой вершины могут быть рассчитаны. Затем ставят новый опыт в новой точке ($Z_{р}$, $Z_{ИТР}$) и повторяют процесс отбрасывания вершины с наилучшим значением рассматриваемого показателя (X) и построения нового симплекса, в результате чего формируется цепочка симплексов, перемещающихся к экстремуму. Достигнув области, близкой к экстремуму, симплекс начинает либо вращаться вокруг одной из вершин, либо колебаться вокруг одного из ребер.

Симплексный метод оптимизации обладает рядом достоинств: 1) вычисления просты и не требуют специальных математических знаний; 2) возможность построения нового симплекса путем добавления лишь одной точки обеспечивает высокую эффективность метода, т. е. позволяет производить большое число шагов в ограниченный промежуток времени; 3) эффективность метода увеличивается с ростом числа переменных; 4) при увеличении размерности факторного пространства (количества факторов) на единицу добавляется всего одна экспериментальная точка; 5) направление движения к экстремуму определяется не точными количественными значениями рассматриваемых показателей X в вершинах симплекса, а лишь соотношениями между ними.

Результатом оптимизации будет совокупность наилучших значений технических x_T , экономических $x_{э}$, социальных x_C и других (специальных) $x_{СП}$ показателей функционирования ПТС, причем координаты - затраты на рабочую силу, ИТР и т. д., обеспечивающие наилучшие показатели, - будут различными. На рис. 3 показано поле соотношений координат (Z_i) и наилучших значений x_i .

$$\begin{aligned} x_T &= f_T(Z_1, Z_2, \dots, Z_n); \\ x_{э} &= f_{э}(Z_1, Z_2, \dots, Z_n); \\ x_C &= f_C(Z_1, Z_2, \dots, Z_n); \\ x_{СП} &= f_{СП}(Z_1, Z_2, \dots, Z_n). \end{aligned}$$

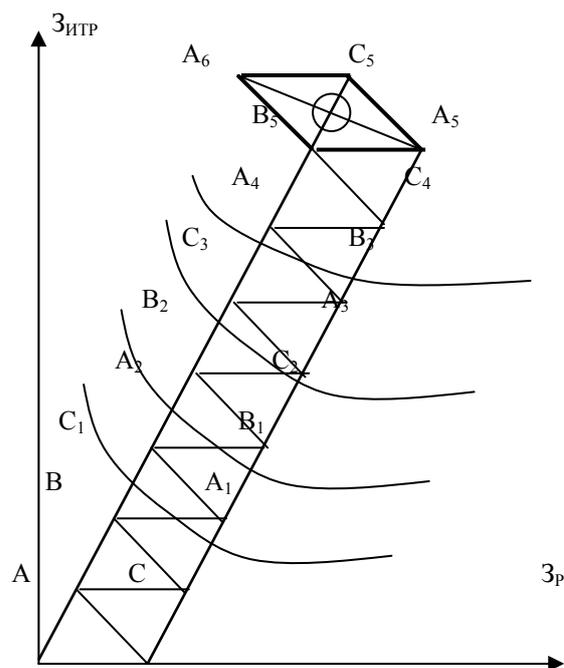


Рис. 2. Геометрическая интерпретация симплексного метода.

Совокупность показателей функционирования ПТС в зависимости от заданий по высвобождению рабочей силы представлена областью значений $X_{opt}(Z_i)$. Оптимальные значения показателей связаны с конкретными значениями Z_i . Однако в общем случае одни и те же значения показателей могут быть достигнуты при различных значениях Z_i . Если получены две области значений, обеспечивающие одинаковые показатели X_{opt} , то с точки зрения главного ресурса - численности работников - предпочтение должно отдаваться той, при которой значение

$D = \sqrt{\sum_{i=1}^n Z_i^2}$ наименьшее.

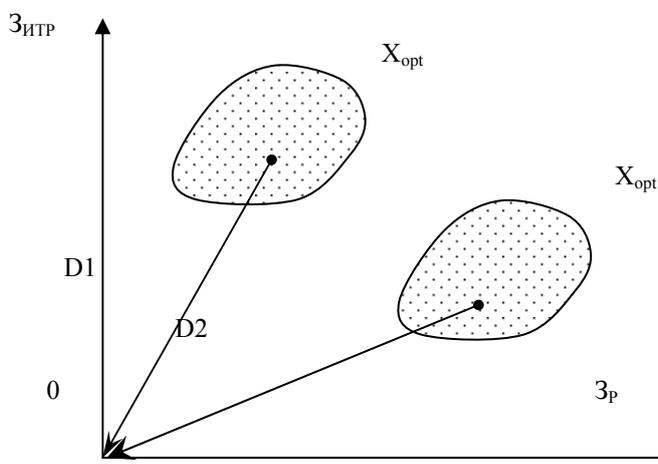


Рис.3. Сравнение показателей функционирования ПТР.

Таким образом, разработка и создание ПТС на основании заданий по высвобождению рабочей силы требуют всестороннего анализа функционирования ПТС, производимой ими продукции, номенклатуры работников, их подготовки и переподготовки.

Литература

1. Ашманов С.А. и др. Теория оптимизации в задачах и упражнениях. М.: Наука, 1991. 446 с.
2. Лищинский Л.Ю. и др. Структурный и параметрический анализ гибких производственных систем. - М.: Машиностроение, 1990. 312 с.
3. Технологические основы ГПС /В.А. Медведев и др. Под ред. Ю.М. Соломенцева. -М.: Машиностроение. 1991.- 240 с.
4. Многоканальные системы оптимального управления /Е.Е. Александров, Б.И. Кузнецов и др. -К.: Техніка, 1995.- 288 с.

УДК 621.789.669.14

ОБ ОЦЕНКЕ ТОЧНОСТИ РАСЧЕТОВ ПАРАМЕТРОВ ПРОКАТКИ ПРОФИЛЕЙ**Сапрыгин Х.М., канд. техн. наук***(Харьков, Украина)*

Rather simple and precision methods of calculations of processes flattening complex economic structures with use of the personal computers are considered, allowing introducing their adjustable flattening to reduce expenses of manufacture in metallurgy, to raise quality of rolling production.

В Укрниимете разработана относительно простая универсальная методика расчета деформационных и энергосиловых параметров прокатки сортовых профилей – от простых до особо сложных – в зависимости от исходных показателей: параметров очага деформации по элементам сечения, углов наклона элементов, коэффициентов неравномерности деформации. Это особенно важно при массовом оперативном освоении производства на стане новых профилей, когда нет времени набирать статистику результатов замеров, а при упрощении формы рассчитываемого профиля резко снижается точность таких расчетов и качество профилей.

Результаты расчетов по новым инженерным формулам сопоставлены с многочисленными данными опытных и промышленных прокаток. Средние отклонения не превышали 15%. Частично они обусловлены не идентичностью условий прокатки и отсутствием отдельных уточненных исходных параметров. При идентификации реальных условий прокатки на станах с заложенными в расчет данными новые формулы обеспечивают их точность, достаточную для проектирования калибровок при минимальном числе исходных параметров, позволяют автоматизировать процессы калибровки и управление прокаткой и подготавливать специальные программы для решения проблем прокатного производства.

Использование персональных вычислительных машин (ПВЭМ) калибровщиками может стать массовым приемом расчетов, анализа и корректировки процессов регулируемой ОМД и быстрого выбора оптимальных технологических режимов.

В работе [1], рассматривая особенности прокатки профилей от рядовых сортовых до особо сложных фасонных – с шестью и более участками сечения, мы ставили перед собой задачу разработать относительно простую методику расчета деформационных и энергосиловых параметров прокатки – Δh , λ , S , P , M , N – в зависимости от исходных показателей: параметров очага деформации по элементам B , H , L , R , углов φ наклона элементов сечения, коэффициентов неравномерности деформации K .

Для обеспечения требуемого взаимодействия этих показателей вводим варьируемые параметры (один – для простых профилей, два – для усложненных и три – для наиболее сложных), учитывающие особенности смещения металла на боковой поверхности или его перераспределения между элементами поперечного сечения профилей.

Наша задача была, казалось бы, противоречивой: предложить простые и надежные вариационные уравнения для расчета процессов прокатки не только простых, но и, что очень важно, особо сложных профилей.

К этой цели были по существу направлены многочисленные теоретические и экспериментальные исследования, которые проводились в Укрниимете около 40 лет при решении прикладных задач по проработке металла, расширению размерного и профильного сортамента, повышению качества проката и др. [1, 3 - 10].

После многочисленных проверок полученных результатов можно было поставить оценочный вопрос: насколько точны разработанные методики теоретических расчетов и, следовательно, насколько они приемлемы для практического использования?

В свое время А.П. Чекмарев сопоставил опытные данные прокатки полосовых профилей (сталь марок У12А, У7А, Х3Н, Ст 3, температура 1100 – 950 °С, коэффициент трения $f = 0,25-0,30$) с результатами расчетов их уширения по теоретическим формулам 13 авторов, в том числе Л. Жеза, Э. Зибеля, В. Тринкса, А.Ф. Головина, Б.П. Бахтинова и др. Проверка показала, что у большинства авторов отклонения расчетного уширения от фактического составляли 20 – 48%.

Позднее теоретические формулы корректировались и улучшались, была даже несколько повышена точность расчетов уширения полосовых профилей, но при этом число исходных параметров в формулах возросло с 4 до 11 (в формулах М.Я. Бровмана – 6, А.И. Целикова, А.И. Гришкова, А.А. Поздеева – 8, И.Я. Тарновского, А.П. Чекмарева, Л.Ф. Машкина – 11).

В нашей формуле для расчёта уширения полос было использовано всего три исходных параметра – H , B , L , что отнюдь не снижало точности расчётов. Аналогичные результаты были отмечены и при сопоставлении других параметров прокатки полосовых профилей – вытяжки, опережения, усилия, мощности и момента прокатки.

Но до последнего времени универсальных теоретических формул для расчёта технологических параметров прокатки особо сложных профилей не было. Поэтому специалисты при расчёте калибровок или представляли сложный профиль как сочетание полос и соответственно применяли относительно простые формулы, или корректировали значение технологических параметров на основе многолетней практики. Редкие случаи упрощения структуры формул и одновременного повышения точности расчётов по ним оказались возможными благодаря использованию предложенных Ю.Н. Алексеевым полей скоростей перемещений металла по сечению раскатов, а также впервые применённых для прокатки некоторых профилей И.Я. Тарковским [2] вариационных принципов минимума энергии $\partial N / \partial \alpha = 0$.

Достигнутые таким образом простота и относительно высокая точность формул для прокатки простых профилей позволили разработать и применять на практике универсальную методику [1] для типовых расчётов па-

раметров прокатки усложнённых и сложных фасонных профилей – от угловых до профилей с шестью отдельными участками поперечного сечения. Для каждого участка поперечного сечения сложного профиля было построено своё поле скоростей перемещений, введены варьируемые параметры a , m_1 , m_2 , определены их значения по трём вариационным уравнениям (элементарная математическая задача – найти три неизвестных по трём уравнениям).

Создание такой методики особенно важно в условиях массового и оперативного освоения производства экономичных профилей мало- и средне тоннажными партиями, когда уже нет времени набирать статистику результатов замера, а при упрощении расчётной формы профиля резко снижается и точность расчётов, и качество готовых профилей.

В итоге теоретических исследований процессов прокатки профилей различной сложности были разработаны инженерные формулы для расчёта их деформации и энергосиловых параметров [1]. Оценку точности и пригодность новых формул проверяли расчётами, сопоставляя их результаты с данными опытных и промышленных прокаток профилей; при этом подсчитывали среднестатистическую погрешность и среднеквадратичные отклонения размеров. В частности, результаты подсчётов по нашим формулам вытяжки, поперечной деформации, уширения и опережения при прокатке профилей в гладких валках сравнивали с экспериментальными данными работы [12], в которой обжатия изменялись в диапазоне 6-66%. Средняя величина отклонений рассчитанных величин от фактических не превышала 15%.

Было проведено также сопоставление результатов расчетов по нашим формулам с данными замеров усилий и моментов при прокатке направляющих турбинных лопаток (ассиметричных профилей клиновидного типа) на стане 550 Укрниимета (материал заготовок – сталь IX13 и Ст. 3) [13]. Средние отклонения не превышали 15%.

Для оценки приемлемости предложенной методики были использованы также данные работы [14] по прокатке фасонной заготовки в гладких валках и в выпуклых или вогнутых калибрах. В этом случае величины обжатия изменялись в направлении к боковой поверхности. Максимальные отклонения наших расчетов от фактических по вытяжкам не превышали 4%.

Определенные по нашим формулам параметры прокатки угловых профилей были сопоставлены с опытными данными работы [15] по прокатке на уголок алюминиевых заготовок в холодном состоянии на стане 340. Размеры полки заготовки 60x8 мм, угол наклона полок составлял 0; 22; 30; 37; 45 и 52°, обжатия полок за проход варьировали от 10 до 50%. В результате среднеквадратичные отклонения расчетных параметров Δb , S , λ , p , P , M – от фактических составляли 10 – 15%. Аналогичное расхождение было отмечено и для случая прокатки угловых профилей с переменной толщиной полок [16].

Результаты расчетов параметров деформации более сложных профилей были сопоставлены с опытными данными Н.Ю. Вавилова при прокатке двутавров на стане 550 Укрниимета [17, 18]. При замерах и расчетах строго учитывалась деформация фланцев, как с уширением, так и с утяжкой, что обеспечивало адекватную оценку точности расчетов. Она оказалась абсолютной.

Оценку точности теоретических формул для расчета энергосиловых параметров проводили путем сравнения с данными работы [19] по прокатке двутавровых балок №24 и 27 на рельсобалочном стане НТМК с использованием универсальной чистовой клетки (диаметр неприводных вертикальных валков – 700 мм, приводных горизонтальных – 900 мм). Среднее отклонение по моментам прокатки составляло 15%. Следует отметить, что отклонения частично были обусловлены не идентичностью условий прокатки и отсутствием отдельных уточненных исходных параметров.

Так, расчеты выполнялись для условий прокатки двутавров в четырех приводных валках, а в универсальной клетке стана НТМК вертикальные валки были неприводными; изменение в широких интервалах скорости вращения валков (80 – 160 об/мин.) и температуры металла в чистовой клетке (745 – 950 °С) также влияло на предел текучести металла и энергосиловые параметры прокатки. При идентификации реальных условий с заложенными в расчет новые формулы обеспечивают его точность, достаточную для проектирования калибровок при освоении новых профилей.

В целом применение новой методики расчета позволило более быстро и эффективно разрабатывать калибровки, технологию прокатки и осваивать экономичные нестандартные профили практически любой сложности в Укрниимете и на металлургических заводах – Череповецком сталепрокатном, Гурьевском, Ревякинском, им. Коминтерна и др. [20].

Раньше проектирование даже простых калибровок считалось трудоемким и высокоинтеллектуальным процессом. С развитием теории и практики прокатного производства, по мере расширения сортамента сложных профилей проката, близких по размерам к готовым изделиям, назрела необходимость быстро изменять программы освоения профилей с заранее заданными качественными характеристиками.

Высокая точность и скорость расчетов по новым формулам всех основных параметров прокатки профилей при минимальном числе исходных параметров позволяют успешно автоматизировать процессы калибровки и управления прокатным производством.

Разработанные методы расчета в большом разнообразии могут быть использованы на персональных компьютерах для подготовки специальных программ при решении проблем оптимизации технологии прокатки, экономики энерго- и металлоресурсов, экологических и др.

Таким образом, использование ПЭВМ калибровщиками прокатных станов станет массовым приемом для расчетов, анализа и управления процессами регулируемой обработки металлов давлением и быстрого выбора их оптимальных режимов.

Література

1. Сапрыгин Х.М. Универсальный метод расчета параметров прокатки профилей.// Производство сортовых и гнутых профилей проката: Отрасл. сб. науч. тр. Харьков, Укрниимет: 1996 – с. 5-30.
2. Тарновский И.Я., Скороходов А.Н., Илюкович Б.М. элементы теории прокатки сложных профилей. – М.: Металлургия. 1972 – 351с.
3. Сапрыгин Х.М. Условия прорабатываемости слитков в прокатке.// Тр. Всесоюзн. совещ. прокатчиков. – М.: ЦНИИЧМ. 1962. – с. 54, 55, 220.
4. Сапрыгин Х.М., Александров П.А. Исследование условий прорабатываемости металла на блюминге.// Тр. Укрниимета: Вып. 8. – Харьков: 1962. с. 133 – 146.
5. Сапрыгин Х.М. Теоретические формулы для расчета уширения, вытяжки, опережения при прокатке сортовых профилей.// Матер. Всесоюзн. конфер. «Теория прокатки». – М., Металлургия. 1975. – с. 419 – 424.
6. Экономия металла при производстве сортового проката / И.В. Гунин, А.А. Слинько, Х.М. Сапрыгин, Е.Н. Губарь.// Киев, Техника, 1969. – 150 с.
7. Производство сортового проката в широком сортаменте. Н.Ф. Грицук, Х.М. Сапрыгин, И.В. Гунин и др.// М., Металлургия, 1973 – 272 с.
8. Резервы производства сложных профилей проката./ Х.М. Сапрыгин, Д.К. Нестеров, Б.В. Иванов и др.// М., Металлургия, 1984 – 144с.
9. Нестеров Д.К., Сапрыгин Х.М., Клепанда В.В.// Малые металлургические заводы. – Харьков: Тов. Стас, 1999. – 205 с.
10. Сапрыгин Х.М., Орлов Е.Л. К особенностям прокатки сложных профилей.// Тр. 5-й международной научн. техн. конф. Днепропетровск – Металлургическая и горная промышленность. Киев, 2000. №8 – 9. с. 184–188.
11. Чекмарев А.П., Машкин Л.Ф. Уширение при прокатке на гладкой бочке.// Металлургическая и горнорудная промышленность. Киев, 1968, 1. с. 25-28.
12. Материалы по теории прокатки под редакцией Иг.М. Павлова. Ч. 6. М.: Металлургия. 1960 – с. 12.
13. Сапрыгин Х.М., Слинько А.А. Исследование давления металла на валки и крутящих моментов при прокатке клиновидных профилей.// Изв. ВУЗов, Ч.М. 1976. - №2. с. 98 – 101.
14. Сапрыгин Х.М., Слинько А.А., Пудинов В.В. Об особенностях деформации сортовых профилей в выпуклых и вогнутых калибрах.// Изв. ВУЗов, Ч.М. 1974. - №6. с. 84 – 87.
15. Бояршинов М.И., Фурман Я.Б., Гридневский В.И. Экспериментальное исследование прокатки в угловых калибрах.// Теория и технология прокатки. Тр. Челябинского политехнического ин-та. Вып. 102. Челябинск. 1972. с. 98 – 114.
16. Сапрыгин Х.М. Исследование закономерностей процесса прокатки сложных угловых профилей.// Изв. ВУЗов, Ч.М. 1976. 8 – с. 71 – 75.
17. Вавилов Н.Ю. Исследование закономерностей процесса прокатки широкополочных балок в универсальной клети.// Автореф. канд. дис. Днепропетровск. 1968.
18. Долженков Ф.Е., Вавилов Н.Ю., Гунин И.В. Режимы обжатия и уширения фланцев при прокатке балочных профилей в универсальной клети.// Металлургическая и горнорудная промышленность. Киев. 1968, №4 – с. 23 – 26.
19. Макеев С.В., Скрябин И.П., Коршиков В.Д. Прокатка балок с применением универсальной клети.// Сталь. 1962 - №12 – с. 1088 – 1092.
20. Крупник И.А., Сапрыгин Х.М., Левченко В.Н. Прокатка сложных профилей. Харьков, 2003, 242с.

УДК 620.17:621.791.052:519.28

**ЗАСТОСУВАННЯ КРИТЕРІЇВ МЕХАНІКИ ВТОМНОГО РУЙНУВАННЯ ДО
ОЦІНКИ ПОЧАТКОВОЇ ДЕФЕКТНОСТІ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН**

Підгурський М.І., канд. техн. наук
(м. Тернопіль, Україна)

The general approach to account of mobile agricultural machines by method of the fatigue fracture mechanics is stated. Using this method research stochastic distribution of the sizes of initial technological defects in welded joints.

У сучасному машинобудуванні намітилась чітка тенденція до зниження питомої енерго- і металомісткості при максимально можливому зростанні продуктивності, вантажопідйомності і в той же час експлуатаційної надійності машин. Для сільськогосподарського мобільного машинобудування вказаний напрямок реалізується за рахунок створення потужних і надпотужних високопродуктивних комплексів, які все більше домінують на світовому ринку. Так, за останні 15 років енергонасиченість нових моделей тракторів і самохідних сільгоспмашин в США, Німеччина, Франції, Англії та інших розвинених країнах практично подвоїлись, що сприяло суттєвому підвищенню продуктивності праці і скороченню втрат [1]. У той же час відзначається [1], що вітчизняна техніка за енергонасиченістю, технологічною досконалістю, механічним ККД, надійністю та довговічністю тощо відстає від кращих зарубіжних зразків на 1-2 покоління.

Суттєве підвищення ефективності сільгоспмашин, що виробляються в Україні, може бути досягнуте шляхом поетапного удосконалення механіки робочих процесів, розробки і технологізації досконаліших конструкцій, модульної побудови, а також суттєвим підвищенням продуктивності при зниженні матеріаломісткості.

Все це вимагає удосконалення існуючих та розробки нових підходів до оцінки міцності та довговічності, які б враховували місцеві пружнопластичні деформації, зародження та розвиток тріщин в елементах конструкцій.

Традиційні розрахунки за допустимими напруженнями [2] не дозволяють врахувати наявність в металоконструкціях технологічних і експлуатаційних дефектів, що виникають при виготовленні, монтажі та експлуатації, і повинні доповнюватися перевірними розрахунками на тріщиностійкість методами механіки руйнувань [3], які зараз застосовуються ще недостатньо. Це пояснюється відсутністю надійних характеристик тріщиностійкості різних зон зварного з'єднання, а також неможливістю на даний час врахувати пошкоджуючу дію різних за формою та розмірами початкових дефектів.

Саме наявність дефектів зварювання стримує подальше підвищення навантаженості тримких конструкцій машин, приводить до невикористання в повній мірі закладених характеристик конструкційних матеріалів. Тому вивчення початкової дефектності, дослідження стадії зародження макротріщин є досить актуальною.

Як відомо, контроль якості зварних конструкцій є обов'язковою технологічною операцією виготовлення зварних конструкцій. У сільськогосподарському машинобудуванні основним видом контролю якості зварювання є зовнішній огляд. Періодично застосовують руйнуючі методи контролю, тому зараз нагромаджено досить великий об'єм даних по дефектності з'єднань, який дозволяє зробити наступні висновки:

1. Статистичний аналіз показує [4], що кожній технології зварювання відповідає певна дефектність, що має статистичну стійкість. З'єднання, виконані на різних заводах, але за однією технологією (автоматична, механізована, ручне дугове зварювання), мають подібні картини розподілу дефектів. У загальному випадку дефектність характеризується середнім числом дефектів на одиницю довжини шва та функцією розподілу розмірів дефектів, яка у більшості випадків описується розподілом Вейбулла-Гнеденка.
2. Найбільш розповсюдженими дефектами зварних з'єднань тримких конструкцій машин є підрізи (більше 50% всієї дефектності), непровари, пори, тріщини [5].

Аналогічні дані отримані нами при обстеженні зовнішнім оглядом у 2002-2003 роках зварних конструкцій тримких систем бурякозбиральних комплексів КС-6Б, КБ-6 на ВАТ «Тернопільський комбайновий завод». При виробництві зварних конструкцій використовують механізоване зварювання в середовищі CO₂. Відзначено характерну особливість кутових швів: недостатньо плавний перехід від шва до основного металу. В обстежених конструкціях радіус переходу змінювався в межах 0,08÷1,5 мм, а кут підходу – в межах 30÷90°. Найбільш масовими дефектами є підрізи зварних швів глибиною до 1 мм та радіусом заокруглення - до 1,2 мм.

Наявність у зварних з'єднаннях технологічних дефектів, зокрема таких як підріз шва, приводить до додаткового підвищення рівня концентрації напружень. У роботі [6] для розрахункової оцінки теоретичного коефіцієнта концентрації напружень α_σ запропонована формула:

$$\alpha_\sigma = \alpha_\phi \cdot \alpha_\Pi, \quad (1)$$

де α_ϕ - коефіцієнт концентрації, що враховує форму зварного шва, яку обчислюють за формулами, приведеними у [7]; α_Π - коефіцієнт концентрації, що враховує додаткові підвищення напружень при наявності підрізу. Для обчислення коефіцієнта α_Π при наявності в з'єднанні підрізу глибиною до 1 мм рекомендують застосовувати залежність [8]:

$$\alpha_\Pi = 1 + 0,58 \sqrt{\frac{t}{r}}, \quad (2)$$

де t і r – відповідно глибина і радіус у вершині підрізу.

У роботі [9] методами кінцевих елементів (МКЕ) та граничних елементів (МГЕ) визначені коефіцієнти концентрації напружень α_σ в зварних стикових та кутових лобових швах в околі дефектів – підрізів, що розміщені вздовж границі наплавленого металу по краю шва.

Слід відзначити високий теоретичний коефіцієнт концентрації напружень лобового ($\alpha_\sigma = 3,5 \div 4,5$) та стикового ($\alpha_\sigma = 2,2 \div 3,3$) зварних з'єднань при наявності підрізу ($r = 0,3$ мм).

Порівняння значень α_σ , розрахованих за формулою (1), вказує на дещо завищені їх значення (до 20%) порівняно з даними роботи [9] при малих співвідношеннях r/t (до 0,4). При більших співвідношеннях кореляція результатів задовільна.

На даний час розробляються підходи до кількісної оцінки періоду зародження тріщин в надрізах [3], проте поки що не вдалося цього зробити з необхідною для практики точністю. Це зв'язано, у першу чергу, з різноманітністю дефектів і, як наслідок, неоднозначною пошкоджуючою дією. Тому розрахункові моделі втомного руйнування зварних з'єднань ще не отримали належного розвитку і перевага надається спрощеним інженерним підходам. Одним із найновіших є «метод напружень в ефективному концентраторі» [10]. Оскільки моделювати геометрію надрізу практично неможливо через неправильну форму зварного шва, підрізів, пор і т.п., то цю проблему вдалося вирішити шляхом запровадження ефективного радіуса заокруглень в концентраторі (ефективного концентратора). Визначення універсального радіуса ефективного концентратора є доповненням до теорії надрізів Нейбера. Коректність цього підходу була підтверджена результатами експериментальних досліджень зварних з'єднань різних типів. Графік розподілу ймовірності результатів досліджень показав, що можна знайти

єдиний радіус ефективного концентратора (для сталі він складає 1 мм), коли всі результати належать єдиній статистичній сукупності. Даний метод є потужним інструментом моделювання геометрії надрізів методом кінцевих елементів за допомогою комп'ютерної техніки і включений у норми Німецької асоціації машинобудівних компаній. Він стосується розрахунку елементів конструкцій на довговічність на стадії зародження тріщини. Проте "метод напружень в ефектному концентраторі" обмежується товщиною металу ($t \geq 5$ мм).

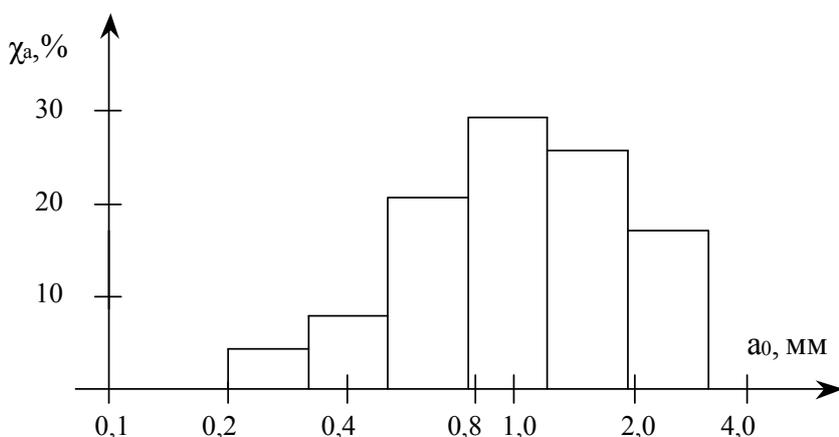


Рис. 1. Гістограма початкових розмірів дефектів у зварних швах сталі 09Г2С.

руйнувань розраховують період докритичного розвитку тріщин і визначають початковий розмір дефекту, який відповідає заданій довговічності. За такого підходу нехтується період зародження втомної макротріщини, тому розмір дефекту наближено моделює пошкоджуваність зварного шва [11]. Звичайно, і такий метод має недоліки: не враховується багатосередковість виникнення тріщин та їх злиття, теоретично отриману тріщину важко зіставити з розмірами реальних дефектів, але у цьому випадку є можливість реалізувати ріст втомної тріщини традиційними методами механіки руйнувань.

Для реалізації даного підходу проведені втомні випробування великогабаритних зразків, що моделюють вузли зварних конструкцій – елементи з привареною накладкою. Зразки виготовлені із сталі 09Г2С товщиною 20 мм. Вказані зразки вибрані з ціллю дослідити поєднання впливу конструктивного концентратора напружень та дефектів зварювання (підрізів) на стадію зародження тріщин та циклічну довговічність, оскільки в інших типах зварних з'єднань на довговічність суттєво можуть вплинути непровари.

Результати випробувань елементів з привареною накладкою вказують на багатосередковий характер утворення поверхневих макротріщин у зоні сплавлення накладки з поверхнею зразка біля кромки зварного шва. За методикою [12] обчислювали КІН для поверхневих тріщин в зоні впливу концентрації напружень:

$$K_{I,A} = \sigma_n \cdot K_{S_i(A)}^{(K)} \cdot \sqrt{\pi \cdot a} \frac{M}{\Phi}; \quad K_{I,B} = \sigma_n \cdot K_{S_i(B)}^{(K)} \cdot \sqrt{\pi \cdot a} \frac{M}{\Phi} \cdot S, \quad (3)$$

де $K_{S_i(A)}^{(K)}$ та $K_{S_i(B)}^{(K)}$ - коефіцієнти, що враховують вплив концентрації напружень для характерних точок контуру поверхневої тріщини; M, Φ, S – поправочні функції на геометрію розвитку тріщин.

За даною методикою побудовано гістограму початкових розмірів дефектів зварного з'єднання сталі 09Г2С (рис.1).

За результатами випробувань зразків було встановлено статистичний розподіл розмірів початкових тріщин a_0 , яку можна розглядати як характеристику дефектності зварювання. Встановлено, що розподіл початкових тріщин близький до логарифмічно-нормального із щільністю ймовірності:

$$f(a_0) = \frac{1}{a_0 \cdot \sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left[-\frac{(\ln a_0 - \mu)^2}{2\sigma^2}\right], \quad (4)$$

де a_0 - глибина тріщини; μ та σ - статистичні параметри, обчислені для даних рис.1 за методикою [13]: $\mu = 0,029$; $\sigma = 0,73$. Математичне очікування середньої початкової глибини тріщини $M(a_0) = \exp(\mu + \sigma^2/2) = 1,27$ мм.

Визначено також, що у зварному з'єднанні сталі 09Г2С поверхнева тріщина з глибиною півосі $a_0 \approx 0,2$ мм є пороговою і менші тріщини вже не розповсюджуються при циклічному навантаженні, що корелюється з [14].

Результати обстежень натурних конструкцій показують, що такі дефекти є непоодинокими і цілком можуть бути ініціаторами втомних тріщин. Визначено також пороговий коефіцієнт тріщиностійкості ΔK_{th} матеріалу

зони термічного впливу сталі 09Г2С - $\Delta K_{th} = 5.6MPa\sqrt{m}$.

Проведені дослідження дозволяють оцінити з позицій механіки руйнування вплив дефектів зварних конструкцій, зокрема підрізів, на зародження та розвиток втомних тріщин. Наступні дослідження будуть направлені на більш глибоке вивчення стохастичної природи дефектності для обґрунтованого підходу до оцінки надійності тримких конструкцій мобільного машинобудування.

Література

1. Погорілий Л. Сучасні проблеми землеробської механіки і машинознавства при створенні сільськогосподарської техніки нового покоління./ Техніка АПК, 2003. - №11. С. 4-6.
2. Когаев В.П., Махутов Н.А., Гусенков А.П. Расчеты деталей машин и конструкций на прочность и долговечность. Справочник. – М.: Машиностроение, 1985, 224 с.
3. Механика разрушения и прочность материалов: Справочное пособие: В 4-х т. / Под общ. ред. Панасюка В.В. – Киев: Наук. думка, 1988-1990.
4. Лепихин А.М., Москвичев В.В. Базы данных по дефектности и характеристикам трещиностойкости в расчетах надежности сварных конструкций. / Проблемы машиностроения и автоматизации, 1991.- №5.-С. 85-89.
5. Харченко В.Я., Черногоров А.Л. Статистический анализ геометрии сварных швов сельскохозяйственных машин с позиций требований к качеству./ Опыт и пути дальнейшего развития комплексного управления качеством в сварочном производстве. Матер. Всесоюз. н.-т. конф. Донецк, ИЭС УССР, 1988.- С. 140-144.
6. Евдокимов В.В. Уровень концентрации напряжений в характерных видах сварных соединений элементов строительных конструкций / Теоретические и экспериментальные исследования НДС элементов строительных металлоконструкций. М.:ЦНИИПроектстальконструкция им. Мельникова, 1989.- С.27-36.
7. Сварные строительные конструкции. Т.1.Основы проектирования конструкций /Под ред. Лобанова Л.М.– К.:Наук. думка, 1993.-416 с.
8. Кархин В.А., Копельман Л.А. Концентрация напряжений сварных стыковых швов.- Сварочн. производство, 1977.- №4.- С.5-7.
9. Дмитриченко С.С., Русанов О.А., Губайдуллина Р.Г. Концентрация напряжений и оценка прочности тракторного корпусного узла с учетом дефектов сварки./ Вест. машиностроения, 2001.- №9.- С. 33-36.
10. Hobbacher A. IIW Fatigue Desing Recomendations XIII- 1539-94/XV 845-94.-1994.-112p.
11. Дарчук О.І. Застосування ймовірності механіки втомного руйнування до оцінки надійності зварних конструкцій // Фіз.-хім. мех. матеріалів, 2003.- №4.- С.19-26.
12. Підгурський М.І., Рибак Т.І. Циклічна тріщиноотривкість і руйнування елементів зварних конструкцій // Трибофатика: Пр. 4-го Міжнародного симпозиуму з трибофатики (ISTF 4).Т.1- Тернопіль, ТДТУ, 2002.-с.290-295.
13. ДСТУ 3433-96. Надійність техніки. Моделі відмов. К.: Держстандарт України, 1998.- 42 с.
14. Козлов В.Н. Разрушение сталей в области малых трещин при статическом и циклическом нагружении // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1990. - №6.- С. 32-34.

УДК 621.855

ВИЗНАЧЕННЯ РЕСУРСУ РОБОТИ ГОЛОВОК ПРУТКІВ ПОЛОТНА ТРАНСПОРТЕРА

Хомик Н.І., канд. техн. наук, Довбуш А.Д.

(м. Тернопіль, Україна)

In the given article the analysis of work of rod heads of transporter is resulted on the basis of hob-roller chain, a mathematical model is given for estimation of their wear. Using the offered model and results of experimental researches from determination of descriptions of wear the resource of rod heads is expected after the criterion of wear of their heads.

1-2. Постановка досліджуваної проблеми у загальному вигляді і аналіз досліджень та публікацій у вибраному напрямку. Проблема підвищення надійності та довговічності сучасних механічних систем, тим більше сільськогосподарських, вирішується механікою деформівного твердого тіла на основі теоретичних та експериментальних досліджень процесів руйнування матеріалів, що ґрунтується на положеннях механіки втомного і крихкого руйнування конструкційних матеріалів, що ґрунтується на положеннях механіки втомного і крихкого руйнування конструкцій, основи яких викладені у роботах Черепанова Г.Н., Карпенка Г.В., Панасюка В.В., Іванової В.С., Андрейківа А.Е., Гріфітса А.А., Ірвіна Г.Ф., Хекеля К.; фундаментальними дослідженнями трибоконтактної взаємодії, що опираються на втомну теорію зношування створену Крагельським І.В., важливий внесок у розвиток якої внесли Галін Л.А., Горячева І.Г., Добичін М.М., Дроздов Ю.М., Міхін М.М., Комбалов В.С., Костецький Б.І. та інші, зокрема, модель прогнозування зношування створена під керівництвом Бауера Р., у якій навантаження фрикційного контакту визначаються напруженнями зрізу, що більш фізично обґрунтовано, ніж вико-

ристання контактних тисків, як у моделі Крагельського І.В.; енергетична модель трибопроцесу сформульована Флайшером Г.; зношування через руйнування вторинних структур на поверхнях тертя у моделі трибопроцесу опрацьованій Б.І. Костецьким та ін.

Такі дослідження не є заміною традиційних методів розрахунку, вони служать важливим додатковим засобом, який дозволяє більш коректно оцінити очікуваний запас міцності і ресурсні можливості конструкції, вибрати найбільш доцільний матеріал та оптимальні конструктивні рішення окремих деталей і вузлів, розробити практичні рекомендації для запобігання втомному руйнуванню і продовженню терміну експлуатації машин.

Для розв'язку практичної триботехнічної задачі, як, наприклад, оцінки зношування головок прутків полотен транспортерів, у яких тягових органом є втулково-роликівий ланцюг, необхідно, базуючись на відомих фундаментальних положеннях моделей зношування, побудувати математичну модель оцінки довговічності даної трибосистеми. У розглядуваному спряженні спостерігається тертя ковзання, а, наведені у літературі [1, 5] результати трибологічних досліджень підтверджують, що найбільш поширеним для такого тертя є механізм втомного руйнування. Повторні навантаження, викликані особливостями фрикційного контакту, приводять до росту чи розвитку наявних у матеріалі недосконалостей структури, появи дефектів типу тріщин, які після закінчення періоду докритичного росту з'єднуються, а це сприяє утворенню частинок зношування.

3. Формування цілей статті (постановка завдання). Пруткові транспортери, поздовжні і вивантажувальні, є одними із важливих робочих органів коренезбиральних машин, здійснюють транспортування і сепарацію коренів. Під час виконання технологічного процесу полотно транспортера має певний натяг, що спричиняє контактний тиск поверхні отворів ланок з'єднання на поверхню головки прутка. Це, а також обертання головки прутка в отворах ланок з'єднання при руху полотна приводить до зношування головки прутка, що може привести до виходу головок прутка з кріплень і порушення технологічних властивостей полотна транспортера. Для передбачення такої ситуації і забезпечення належної роботи транспортера необхідно визначити час стирання головки, тобто ресурс прутка.

Розрахункова модель для визначення часу T стирання головки прутка до моменту її виходу із отворів кріплення – це система, у якій головка прутка і ланка з'єднання ланцюга виступають як трибосистема циліндричного спряження (рис. 1а) [3, 4].

Експериментальному дослідженню зношуванню матеріалів при терті присвячено багато робіт українських і зарубіжних вчених. Через складність процесу зношування не завжди є можливим використати напрацьовані відомості для достовірного прогнозування зношування чи довговічності вузлів тертя. Тому експериментальне дослідження зношування як фактора, що обґрунтовано відображає процес тертя для вибраних зовнішніх умов, матеріалів пари тертя, їх стану, є актуальним і необхідним.

При експериментальному дослідженні зношування визначають різні його характеристики. Для реальної оцінки зносостійкості матеріалів досліджуваної пари тертя найбільш придатними є відносні характеристики зношування, які дозволяють інтегрально врахувати сукупність факторів, що діють під час зношування. Для більш повного опису процесу зношування доцільним є використання функції зносостійкості (зношування) [1]

$$\Phi(\tau) = L_{TP} \cdot h_1^{-1}, \quad (1)$$

де τ – питома сила тертя, L_{TP} – шлях тертя, h_1 – лінійне зношування.

Для експериментального визначення факторів, що реалізуються у процесі зношування використовуються силові схеми тертя, при яких можна достатньо просто знайти будь-яку із кількісних характеристик зношування.

4. Виклад основного матеріалу дослідження. При виборі силової схеми тертя (рис. 1б) враховуємо можливість створення стаціонарних умов тертя протягом досліду, тобто постійності кінетичних і геометричних параметрів пари тертя, що дозволяє функції зносостійкості $\Phi(\tau)$ обґрунтовано виступати характеристикою зносостійкості спряженої пари матеріалів.

Для прийнятої силової схеми тертя характеристики контакту і кінематики тіл тертя визначаються за формулами [1]:

$$\begin{aligned} A_a &= \varphi_1 D_1 a_1; & A_{T_1} &= \pi D_1 a_1; & A_{T_2} &= \varphi_1 D_1 a_1; \\ L_{TP1} &= \varphi_1 D_1; & L_{TP2} &= \pi D_1; & K_{B3_1} &= \varphi_1 / \pi; & K_{B3_2} &= 1, \end{aligned} \quad (2)$$

де A_a – номінальна площа контакту; A_{T_1} – площа тертя ведучої ланки; A_{T_2} – площа тертя веденої ланки; L_{TP1} – шлях тертя ведучої ланки; L_{TP2} – шлях тертя веденої ланки; a_1 – протяжність контакту, у даному випадку, ширина диска.

При експериментальному дослідженні рівень тиску, що діє на контакт, у випадку рівності кривизни накладки 2 радіусу диска 1 (див. рис. 1б) визначається за формулою

$$p_a = N / A_a, \quad (3)$$

де N – нормальне навантаження.

Вивчення зносостійкості матеріалів досліджуваного трибоспряження головка прутка-ланка з'єднання (див. рис. 1а) при сухому терті і визначення функції зносостійкості у даному випадку проведено за силовою схемою тертя вкладиш-диск (рис. 1в) [3].

Сила тертя між поверхнями головки прутка і ланки з'єднання, яка визначається за формулою Кулона

$$\tau(\alpha) = f\sigma(\alpha), \quad (4)$$

де f – коефіцієнт тертя; $\sigma(\alpha)$ – нормальні контактні напруження в області контакту $-\alpha_0 < \alpha < \alpha_0$.

Питому силу тертя для прийнятого навантаження N_j визначаємо згідно формули (4)

$$\tau(\alpha)_j = f\sigma(\alpha)_j = f \frac{N_j}{A_a}, \quad (5)$$

де j – ступінь навантаження.

Тиск в зони контакту

$$p = N_j / A_a \approx \text{const}. \quad (6)$$

Коефіцієнт тертя ковзання f залежить від зовнішніх умов тертя і матеріалів пари тертя, встановлюємо експериментально для прийнятих умов досліду.

Для розрахункової моделі (див. рис. 1а) визначення ресурсу головки прутка зроблено такі припущення [3, 4]:

- поверхня головки стирається рівномірно на всьому контурі;
- за один цикл проходження полотна головка прутка робить один оберт;
- сила N є незначною, тому ділянка контакту є малою, тобто

$$2l_0 = 2\alpha_0 R \ll R, \quad (7)$$

де l_0 – довжина зони контакту поверхонь, визначається за формулою [4]

$$l_0 = \sqrt{\frac{2N \cdot R(1-\mu)}{\pi \cdot G \cdot b_1}}, \quad (8)$$

N – нормальна сила, яка діє на головку прутка при експлуатаційних процесах; μ – коефіцієнт Пуассона; G – модуль зсуву; b_1 – ширина контакту головки прутка; $2\alpha_0$ – кут, який визначає ділянку контакту поверхні головки прутка з поверхнею ланки з'єднання; R – радіус напрямляючого кола головки прутка.

Виходячи з прийнятих припущень, отримано [3, 4], що:

- кінетика зношування циліндричної головки прутка

$$\Phi(\tau) \frac{dh_1}{dL_{TP}} = 1; \quad (9)$$

- контактні напруження

$$\sigma(l_1) = R^{-1} \cdot G \cdot (1-\mu)^{-1} \cdot \sqrt{l_0^2 - l_1^2}, \quad (10)$$

де l_1 – змінна, яка визначається так $l_1 = R \cdot \alpha$;

- величина лінійного зношування

$$h_1(2\pi R) = 2 \int_0^{l_0} \Phi^{-1}(\tau) dl_1; \quad (11)$$

- ресурс T головки прутка

$$T = \frac{t_0}{h_1}, \quad (12)$$

де t_0 – час, за який головка прутка зробить повний оберт;

$$t_0 = \frac{L_{II}}{V_T}, \quad (13)$$

де L_{II} – довжина полотна; V_T – швидкість пересування полотна транспортера.

Для досліджуваної пари тертя характерним є широко поширений вид зношування – абразивне зношування, тобто руйнування поверхонь відбувається під впливом твердих частинок, що присутні у зоні тертя. Частинки, що вільно переміщуються у зоні тертя впливають на матеріали пари різним способом, що залежить від їх форми, ступені закріпленості, твердості частинок і основного металу, навантаженості контакту.

Абразивне зношування вільними частинками може відбуватися мікрорізнанням однієї поверхні абразивними частинками шаржованими в іншу або у результаті втомних процесів, викликаних пружним передерформуванням матеріалів абразивними частинками, що перекочуються чи закріплені у зоні тертя. З аналізу абразивного зношування [2] випливає, що мікрорізнання, як правило, супутній процес, у значній мірі абразивне зношування – це втомний процес.

Експериментальне дослідження зношування матеріалів проведено при контактних напруженнях τ , набагато менших $\tau^{(B)}$, границі міцності на зріз, тобто деформації тіл залишаються пружними, тому для апроксимації експериментальних значень $\Phi(\tau_j)$, яка описує неповну діаграму зносостійкості матеріалів, використана залежність [1]

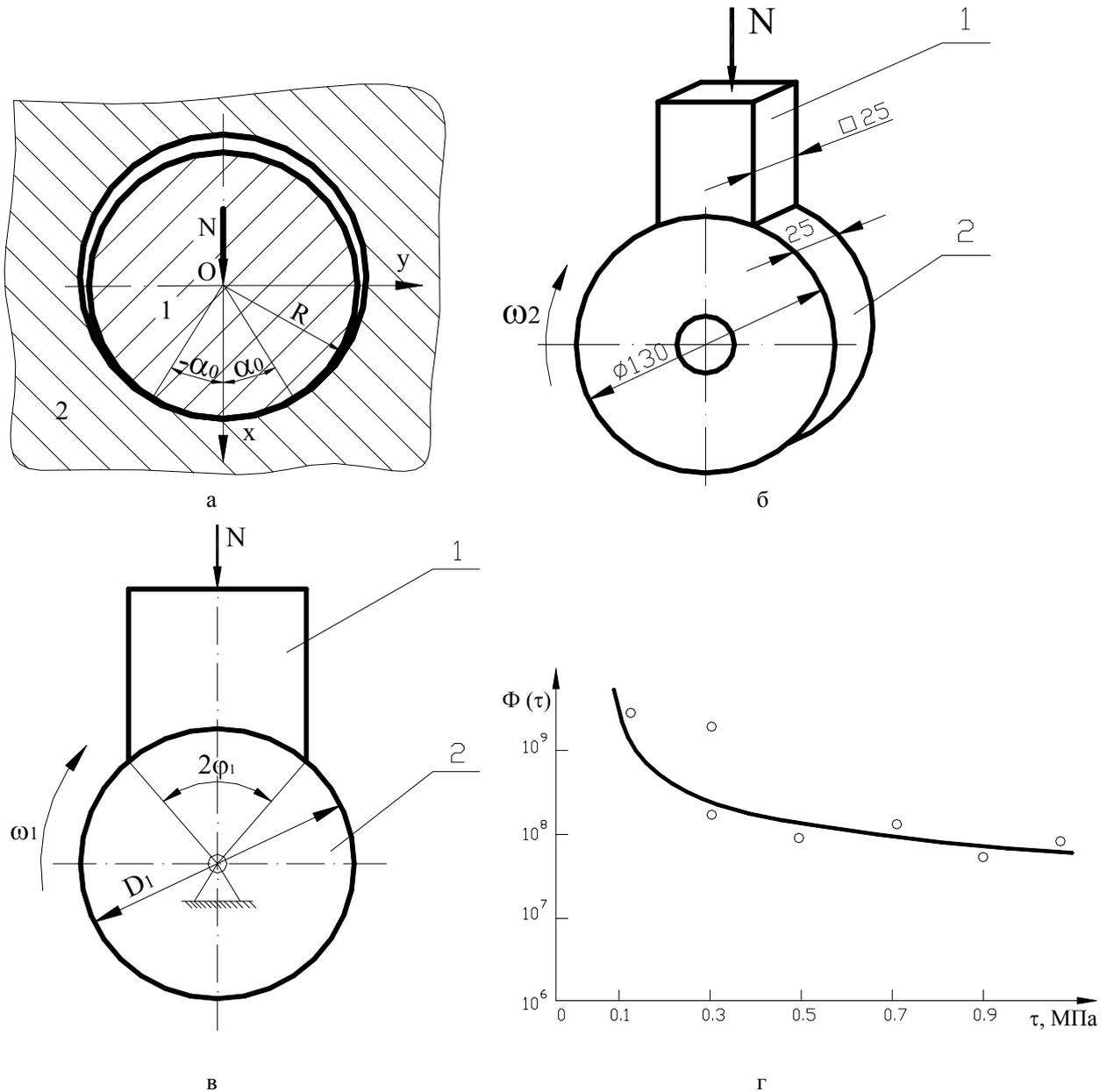


Рис. 1. а) розрахункова схема трибосистеми циліндричного спряження: 1 – головка прутка, 2 – ланка з'єднання; б) силова схема тертя: 1 – ведуча ланка, 2 – ведена ланка; в) схема тертя вкладиш-диск для досліджуваного трибоспряження: 1 – вкладиш, 2 – диск; г) діаграма зносостійкості досліджуваного трибоспряження.

$$\Phi(\tau) = \frac{B\tau_0^m}{(\tau - \tau_0)^m}, \quad (14)$$

де τ_0 , m , B – характеристики зношування розглядуваної пари матеріалів, які визначаються експериментально.

Для прийнятих умов дослідження дані для τ_0 , B , m , отримані на основі методу найменших квадратів. Їх визначали за відомою методикою [1] для пари сталь 35 – сталь 35 в умовах дії піщано-глинистого абразивного середовища, що відповідає технологічним умовам роботи транспортера. У результаті отримано, що $B = 4,21 \cdot 10^5$, $\tau_0 = 0,1$ МПа, $m = 0,66$.

Із формули (12) враховуючи співвідношення (4), (8), (10), (11), (13), (14) отримано залежність для ресурсу головки прутка [4]

$$T = 0,5L_{II} B \tau_0 V_T^{-1} \left\{ \int_0^{l_0} \left[fGR^{-1}(1-\mu)^{-1} \sqrt{\pi^{-1}NRb_1^{-1}G^{-1}(1-\mu)-l_1^2} - \tau_0 \right]^m dl_1 \right\}^{-1}. \quad (15)$$

Враховуючи значення параметрів $L_{II} = 3000$ мм, $V_T = 1200$ мм/сек, $N = 12$ Н, $f = 0,08$, $b = 2$ мм, $G = 8,1 \cdot 10^4$ МПа, $\mu = 0,3$, $R = 5,4$ мм знайдено, що час зношування головки прутка $T = 320$ годин, що в певній мірі збігається з результатами натурних випробувань.

Для реальних умов роботи розглядуваного вузла тертя побудовано неповну діаграму зносостійкості (рис. 1г). Максимальні питомі сили тертя τ_{max} достатньо далекі від $\tau^{(B)}$ і, тому реалізується лінійна ділянка діаграми $\Phi(\tau) \sim \tau$. Початкова нелінійна ділянка відповідає слабонавантаженої парі тертя.

5. Висновки: на основі запропонованої моделі для визначення часу спрацювання головок прутків полотна транспортера в експлуатаційних умовах визначено ресурс роботи прутка, отримано характеристики зношування і побудовано діаграму зносостійкості досліджуваного трибоспряження.

Література

1. Андрейкив А.Е., Чернец М.В. Оценка контактного взаимодействия трущихся деталей машин.- К.: Наукова думка, 1991.- 158 с.
2. Тененбаум М.М. Сопротивление абразивному изнашиванию.- М.: Машиностроение, 1976.- 271 с.
3. Хомик Н.І. Дослідження пруткових транспортерів бурякозбиральних машин з врахуванням особливостей навантаження: Дис... канд. техн. наук: 05.05.11.- Тернопіль, 2002.- 180 с.
4. Хомик Н.І. Розрахункова модель для оцінки зношування головок прутків полотна транспортера //Машинознавство.- 2002.- №12.- С.49-51.
5. Чернец М., Пашечко М., Невчас А. Методи прогнозування та підвищення зносостійкості триботехнічних систем ковзання. Т. 1. Дослідження та розрахунок трибосистем ковзання, методи підвищення довговічності і зносостійкості. У 3-х томах.- Дрогобич: Коло, 2001.- 429с.

УДК 631.374 (075.8)

ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТІ ГАЛЬМА ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Ярошенко В.Ф.

(м. Київ, Україна)

Data about harmfulness of dust from wares from an earth-flax for the health of man are resulted. A new construction of brake of transport and carrying machines is offered, that allows collecting, and then utilizing the harmful troop landing.

Постановка проблеми. У сучасних транспортних засобах, тракторах, гірничій техніці як гальмівні та фрикційні матеріали з'єднувальних та запобіжних муфт використовують накладки, до складу яких входить азбест. Цю назву має цілий ряд силікатних матеріалів волокнистої будови, що застосовується у промисловості і на транспорті завдяки таким характерним властивостям: достатня вогнетривкість, еластичність, міцність на деформацію розтягу, опір зношуванню (зокрема стиранню), стійкість до лугів, кислот та інших хімічно активних речовин.

Будь-яка речовина, що виготовлена з таких волокнистих силікатних матеріалів, як, наприклад, актиноліт, антофіміт, хризоліт, тремоліт і крокідоліт, в практиці називають азбестом. Найбільш небезпечним для здоров'я людини слід вважати крокідоліт, а найменше шкодить здоров'ю антофіміт.

Добування азбестових силікатних матеріалів для потреб промисловості і транспорту розпочалося у кінці 19 століття. З тих пір добування розрослося так, що тепер щорічно добувають більш ніж 5 мільйонів тон. Зараз з азбесту крім гальмівних та фрикційних накладок виготовляють азбоцементні труби, фільтри, стіновий та покрівельний матеріали, а також використовують його для формування картону та пластмас. Застосовують його також для виготовлення вогнетривкої одяжі, прокладок головок блоків, штор та шнурів. У промисловості відомо більше тисячі виробів, у яких застосовують азбест. Проте про його канцерогенні властивості стало відомо лише в 50-х роках минулого століття.

Дослідженнями вчених встановлено, що найбільший ризик захворювання раком мають люди, які палять та при роботі мають контакт з азбестом, або його відходами. Суттєво знижується небезпека захворювання раком легень тоді, коли людина перестає палити. Але боротьба з палінням в нашій державі не входить до нашої спеціальності, а виходить за межі даної статті.

Найбільш допустима наявність волокон азбесту в повітрі робочої зони не повинна перевищувати за восьмигодинний робочий день такого рівня, встановленого в кількості 0,25 волокна на 1 см³, або 15 волокон-днів на 1 см³ протягом трьох місяців. Найнебезпечнішими для здоров'я людини є волокна, що мають довжину більшу, ніж 5 мкм, або меншу, ніж 3 мкм при співвідношенні довжини до діаметра більше 3.

За даними наукових досліджень стало відомо, що азбест часто спричиняє тяжкі захворювання – від азбестозу до бронхогенного раку легень. У процесі наших досліджень встановлено, що навіть короткі волокна, що ви-

никають в результаті експлуатації машин і механізмів, можуть призвести до виникнення пухлин – мезотеліом плеври та очеревини з латентним періодом до 15 років і більше. У нашій державі останнім часом введені суворі обмеження щодо вилучення, там де це можливо, з використання матеріалів, що розповсюджують у повітря азбестові волокна. Необхідно також згадати, що уряд України проводить у життя заходи, що спрямовані на зниження викидів волокон азбесту у повітря біля вже споруджених будинків, огорож тощо. Навіть при вилученні азбестових виробів із споруд, що експлуатуються, або під час руйнування старих будинків, при ремонті гальмівних колодок, ведених дисків зчеплення та дисків фрикційних муфт поворотів тракторів контролюють вплив на робітників та забруднення довкілля азбестовими волокнами [1],[2].

У нашій країні останнім часом активно вивчається вплив малих частин азбестових волокон (розміром менше 5 мкм) та продуктів зносу гальмівних колодок і ведених дисків зчеплення та муфт поворотів і запобіжних фрикційних муфт на здоров'я населення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У доповідях експертів з охорони праці, що проводились у Женеві у 1981, 1983 та 1985р.р. [1], [2], [3], звертається увага на необхідність захисту здоров'я людей від дії забруднень азбестом та його похідних.

Багаточислені Рекомендації Міжнародного бюро праці, що стосуються різних технічних питань, пов'язаних з охороною праці при використанні азбестових виробів та захисту від пилоподібних їх часток, також підтверджують важливість охорони здоров'я від дії такого підступного матеріалу, що на перший погляд здається зовсім безвинним.

Мета досліджень. У цій роботі поставлено конкретне завдання створити таку нову конструкцію гальма транспортного засобу, що обмежувала б викидання продуктів спрацювання гальмівних фрикційних накладок до оточуючого середовища (довкілля) і одночасно забезпечувала б збирання продуктів зношування колодок з метою наступної їх утилізації.

Виклад основного матеріалу дослідження. Азбест, що має ізоляційні, протипожежні та фрикційні властивості, використовують у вигляді електро- та термоізоляції, акустичних покриттів, що напилують на металеві сітки полум'яногасників, у вигляді азбоцементу, вінілазбестових покриттів для підлоги, гальмівних фрикційних накладок, прокладок головок блоків, вихлопних колекторів двигунів внутрішнього згоряння тощо.

При використанні виробів з азбесту відбувається безперервний вихід азбестових волокон у повітря приміщень, а тому в останніх виявляють концентрації, що перевищують норми, встановлені для робочих зон виробничих умов.

На кафедрі конструювання машин Національного аграрного університету проведена певна робота по створенню пристроїв для збору та утилізації продуктів зношення пар тертя гальм автомобілів та інших транспортних засобів [4].

Відомі конструкції гальм, що складаються з гальмівного барабана, гальмівних колодок або стрічок із прикріпленими до них фрикційними накладками, пружин, приводного механізму, датчика стоп-сигналу та самого стоп-сигналу [5], [6].

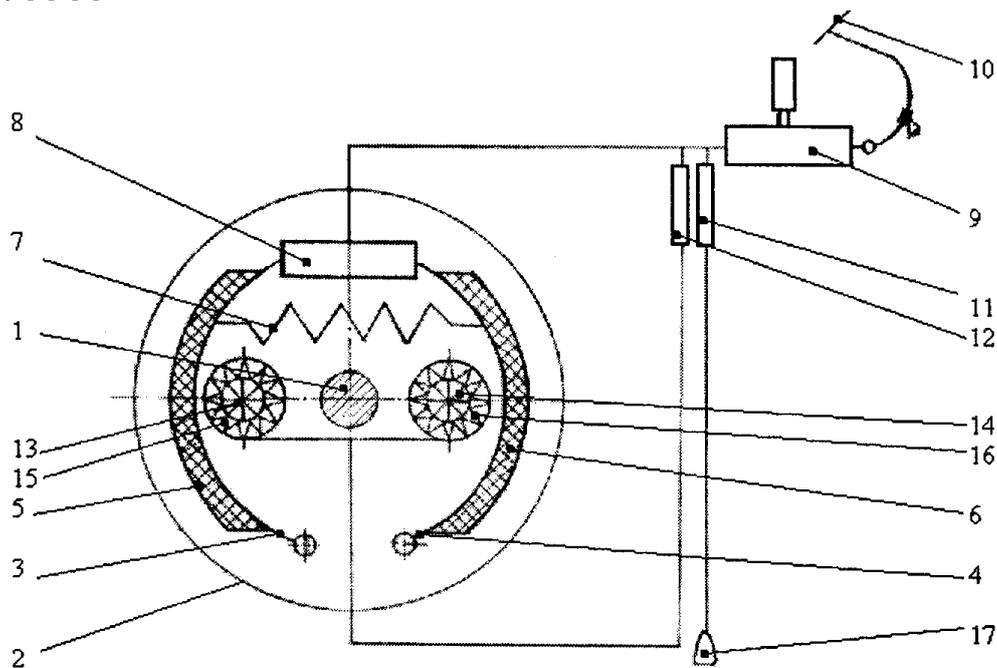


Рис.1. Функціональна схема нової конструкції гальма транспортного засобу.

Недоліком відомих гальм є те, що продукти зношування гальмівних фрикційних накладок з розмірами малих частин (менше 5 мкм) шкідливо впливають на здоров'я населення, викликають захворювання – від азбестозу до бронхогенного раку легень.

Ставиться завдання обмежити викидання продуктів спрацювання гальмівних фрикційних накладок до оточуючого середовища.

Суть розробки полягає в тому, що гальмо, яке складається з гальмівного барабана, гальмівних колодок із закріпленими на них фрикційними накладками, пружини приводного механізму та датчика стоп-сигналу, яке відрізняється тим, що приводний механізм укомплектовано датчиками всмоктуючих вентиляторів з повітряними фільтрами, які встановлені всередині гальмівних барабанів.

На рис.1 подано функціональну схему запропонованого гальма, що містить вал 1, обертання якого необхідно гальмувати. На валу 1 жорстко закріплено гальмівний барабан 2. Вал 1 разом з барабаном 2 встановлено з можливістю обертатись на рамі транспортної або вантажопідйомної машини. В середині барабана на нерухомому диску, що закриває барабан з однієї сторони, на осях з можливістю виконувати коливальний рух встановлені гальмівні колодки 3 та 4, на яких жорстко закріплені гальмівні накладки 5 та 6. це кріплення можна здійснити методом склеювання за допомогою термостійкого клею, або методом клепаання за допомогою мідних чи латунних заклепок.

У ремонтному виробництві часто застосовують обидва методи одночасно з використанням алюмінієвих заклепок. У зв'язку з тим, що при окисленні алюмінію утворюється корунд Al_2O_3 , що за твердістю поступається лише алмазу, то при такому відновленні суттєво пошкоджується барабан, а тому клепаання алюмінієвими заклепками шкідливе і не рекомендується.

Гальмівні колодки 3 та 4 постійно стягнуті пружиною 7, а вільними кінцями притиснуті до поршнів робочого гідроциліндра 8, який при допомозі трубопроводів з'єднаний з головним гідроциліндром 9. Гальмівна педаль 10 призначена для управління рухом поршня головного гідроциліндра 9. У системі нагнітального трубопроводу, що з'єднує головний гідроциліндр 9 з робочим гідроциліндром 8, встановлено датчик стоп-сигналу 11 та датчик 12 всмоктувальних вентиляторів 13 та 14, на які одягнуті повітряні фільтри 15 і 16, які забезпечують затримку продуктів зношування гальмівних накладок розміром 5 мкм та менше. Живлення електричним струмом лампочки стоп-сигналу 17 та всмоктувальних вентиляторів 13 і 14 забезпечує акумулятор та генератор транспортної машини, або від системи електропостачання для випадку роботи вантажопідйомної машини від зовнішньої електромережі.

Працює гальмо так. При натисканні на гальмівну педаль 10 поршень головного гідроциліндра 9 буде переміщуватись і виштовхувати гідро гальмівну рідину до трубопроводу. Внаслідок зміни тиску в трубопроводі спрацюють датчики 11 та 12, а тому електричний струм буде підведено до лампочки стоп-сигналу 17 та до всмоктувальних вентиляторів 13 і 14.

Вентилятори запрацюють ще до контакту гальмівних фрикційних накладок 5 і 6 з гальмівним барабаном 2 і створять всередині барабана розрідження. Продукти зношення гальмівних фрикційних накладок 5 та 6 і гальмівного барабана 2 будуть затримані повітряними фільтрами 15 та 16, а очищене повітря буде виходити до оточуючої атмосфери.

Коли оператор зніме ногу з гальмівної педалі 10, то поршень головного гідроциліндра 9 відійде назад, тиск рідини в трубопроводах упаде, спрацюють датчики 11 та 12, а до всмоктувальних вентиляторів 13 і 14 і до лампочки стоп-сигналу 7 перестане подаватись електричний струм. Заповнені використані повітряні фільтри міняють одночасно із зміною гальмівних колодок або накладок та утилізують їх.

Запропоноване гальмо суттєво зменшить забруднення довкілля, особливо такою канцерогенною речовиною, як азбестовий пил від гальмівних накладок, бо повітряні фільтри будуть затримувати продукти зношування гальмівних накладок з розмірами малих частинок 5 мкм та менше.

Аналогічна конструкція може бути використана у фрикційних муфтах зчеплення, фрикційних запобіжних муфтах граничного моменту, муфтах повороту гусеничних машин тощо.

Якщо ж привід гальмівної системи здійснюється пневматичними камерами, як ,наприклад, в автомобілях ЗИЛ-130, КраЗ, МАЗ та інших, то можна використовувати компресор гальмівної системи для створення розрідження в зоні гальмівних барабанів. Але для цього необхідно мати систему трубопроводів та датчиків, що явно призведе до зниження надійності роботи гальм.

Висновки та пропозиції. Запропонована нова конструкція гальма транспортного засобу, що забезпечує збирання малих частинок пилу, розміром менше 5 мкм, який утворюється внаслідок стирання гальмівних накладок і до складу яких входить канцерогенна речовина – азбест. Заповнені пилом фільтри слід збирати та розміщувати в закупорених герметичних мішках або контейнерах, а потім утилізувати.

Література

1. Папаев С.Т. Охрана труда. – М.: Издательство стандартов, 1988-240с.
2. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. – М.: Металлургия, 1979-144с.
3. Охрана труда при использовании асбеста. Международное бюро труда. Женева. 1985-79с.
4. Ярошенко В.Ф. Зменшення шкідливих викидів гальм транспортних засобів // Тези доповідей 6-го Міжнародного симпозиуму українських інженерів-механіків у Львові. Львів, 2003, с.177...178.
5. Кожевников С.Н., Есипенко Я.И., Раскин Я.М. Механизмы. Справочник. – М.: Машиностроение. 1976-784с.
6. Хижняк М.І., Нагорна А.М. Здоров'я людини та екологія. – К.: Здоров'я, 1995-232с.

УДК 631.31.06

ДО ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА КОРИСНОЇ ДІЇ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ГРУНТООБРОБНИХ МАШИН

Козаченко О.В., канд. техн. наук

(м. Харків, Україна)

For an estimation of efficiency of working bodies of soil-cultivating machines it is offered three efficiency: mechanical, technical perfection and complex. The method of experimental definition mechanical efficiency is given.

Вступ.

Для оцінки функціонування робочих органів ґрунтообробних машин існують показники, що враховують якість виконання технологічного процесу та витрати енергії. Найбільш вагомим показником при цьому можна вважати коефіцієнт корисної дії, який враховує витрати енергії на подолання шкідливих сил, до яких, в першу чергу, відносяться сили тертя робочого органу машини і ґрунту. Наукова література містить суперечні дані щодо визначення коефіцієнта корисної дії робочих органів машин, причому розбіжності мають місце як за фізичним змістом, так і за формулами. Тому, проведення аналізу по встановленню джерел шкідливих витрат енергії робочими органами машин є актуальною проблемою, вирішення якої дасть змогу з'ясувати напрямки удосконалення робочих органів ґрунтообробних машин.

Аналіз публікацій по темі.

Серед опублікованих наукових праць, що стосуються ґрунтообробних машин, значне місце займають дослідження академіка В.П.Горячкіна [1]. В основу визначення коефіцієнта корисної дії плуга покладена отримана ним раціональна сила, що необхідна для тяги плуга:

$$P = fG + kav + \varepsilon av\vartheta^2, \quad (1)$$

де P - сила опору плуга, Н; f - коефіцієнт тертя ґрунту по сталі; k - коефіцієнт питомого опору; a, v - відповідно, глибина і ширина пласта, м; ε - безрозмірний коефіцієнт, що залежить від форми відвалу і якостей ґрунту; ϑ - обоча швидкість плуга, м/с.

В.П.Горячкін розглядає постійний член fG як шкідливий опір, тому він рахує коефіцієнт корисної дії плуга як відношення:

$$\eta_{пл} = \frac{(k + \varepsilon\vartheta^2)av}{fG + (k + \varepsilon\vartheta^2)av}. \quad (2)$$

Використовуючи формулу (2) треба мати на увазі наступне. Для конкретної конструкції плуга коефіцієнти, що входять до складу формули (1), визначаються за експериментальними даними. При цьому спочатку за спеціальним експериментом визначають f , а потім коефіцієнти k і ε згідно отриманих сил тяги при виконанні оранки. Тому в значеннях k і ε є частка, що визначається силами тертя польової дошки об стінку борозни та пласта ґрунту по поверхні корпусу плуга. При цьому не можна погодитися з авторами дослідження [2], які вважають, що складова опору $\varepsilon av\vartheta^2$ не може знаходитися в чисельнику формули (2), тому що вона не впливає на якість оранки. Але треба виходити з того, що поверхня відвалу повинна надавати пласту ґрунту деяку швидкість, яка функціонально пов'язана з робочою швидкістю плуга. В протилежному випадку на поверхні відвалу буде накопичуватися ґрунт і плуг буде нероботоздатний. Тому треба признати роботу сили $\varepsilon av\vartheta^2$ як корисну. Аналогічні дані наведені і в роботі [3].

Автори дослідження [2] при визначенні коефіцієнта корисної дії плуга виходять з двочленної формули В.П.Горячкіна:

$$P_x = \mu(G + R_z - P_z - R_{пз}) + f(R_v + R_{пв}) + R_x + R_{пх}, \quad (3)$$

де P_x і P_z - відповідно, горизонтальна і вертикальна проекція сили опору P , μ - коефіцієнт опору на перекошування коліс плуга; R_x, R_v, R_z - рівнодіючі проекції на вісі координат елементарного опору ґрунту, які виникли на робочих поверхнях корпусу плуга, включаючи опір гострого леза леміша; $R_{пх}, R_{пв}, R_{пз}$ - рівнодіючі проекції на вісі координат елементарного опору ґрунту, що виникають на потилицях затуплених лез лемішів плуга.

Коефіцієнт корисної дії плуга визначався як відношення сил:

$$\eta = \frac{R_x}{P_x}. \quad (4)$$

Слід додати, що формула (4) враховує, крім сил тертя, ще і опір, що виникає при затупленні лез леміша, тобто враховує стан плуга. Враховуючи при цьому, що сила тяги затупленого леза леміша збільшується на 20-25% [2], то такою зміною не можна нехтувати при визначенні коефіцієнта корисної дії плуга.

В своїх роботах В.П.Горячкін для к.к.д плуга наводить ще одну формулу, яка аналогічна (2), але має іншу

назву і фізичний зміст:

$$\eta_{пл} = \frac{P - fG}{P}, \quad (5)$$

де $\eta_{пл}$ - коефіцієнт корисної дії плуга.

Треба також додати, що у В.П.Горячкіна зустрічаються і інші визначення коефіцієнта корисної дії, що не пов'язані з тертям. Тому, він позначає їх як ступінь досконалості конструкції плуга. Для цього він звертає увагу на показник

$$K = \frac{P}{av}, \quad (6)$$

який фактично визначає питому роботу PV на одиницю об'єму ґрунту $av\mathcal{G}$, що є коефіцієнтом питомого опору ґрунту. При цьому він може бути використаний для оцінки роботи плуга як головний показник. Аналогічний показник запропонував і Г.Бернацький [4] для оцінки питомої роботи ґрунтофрез.

Але найбільш досконало дослідив природу корисної дії В.В.Кацигін [5, 6], який ввів для оцінки робочих органів ґрунтообробних машин три коефіцієнти: технологічний, механічний та загальний. Вони визначаються за формулами:

$$\begin{aligned} \eta_T &= \frac{A_K}{A_{a2p}}; \\ \eta_M &= \frac{A_{a2p}}{A_0}; \\ \eta &= \frac{A_K}{A_0}, \end{aligned} \quad (7)$$

де η_T, η_M, η_Z - відповідно, технологічний, механічний та загальний коефіцієнти корисної дії; A_K - мінімальна кількість енергії, що необхідна для виконання достатньої зміни властивостей ґрунту; A_{a2p} - фактично витрачена енергія на обробіток ґрунту; A_0 - уся енергія, що витрачена машиною.

Не дивлячись на те, що отримати значення A_K дуже важко, слід признати, що це перша робота, в якій механічний коефіцієнт корисної дії виведений окремо. Технологічний коефіцієнт корисної дії для плуга В.В.Кацигіним визначається за формулою:

$$\eta_{T.пл.} = \frac{\chi}{k + \varepsilon\mathcal{G}^2}, \quad (8)$$

де χ - мінімальна кількість енергії, що витрачається на підйом пласта, його перевертання та крошення.

Величина χ розраховується теоретично, в залежності від співвідношення $\frac{e}{a}$ і інших характеристик пласта.

У зв'язку з тим, що χ не входить до складу знаменника не можна гарантувати, що $\eta_{T.пл.} < 1$. По-друге, як вже вказано вище, до коефіцієнтів k та ε входить якась частка, що пов'язана з тертям. Тобто ці коефіцієнти мають завищені значення і це треба мати на увазі при вивченні питань що стосуються визначення коефіцієнту корисної дії робочих органів ґрунтообробних машин.

Мета і постановка задачі.

На основі аналізу наведених літературних джерел та беручи до уваги інші роботи [7, 8], що виконані у цьому напрямку можна сформулювати мету досліджень наступним чином. На прикладі робочого органу для оранки уточнити методику визначення коефіцієнтів корисної дії, які характеризують витрату енергії на виконання основної функції, тобто корисну роботу, та її витрати, пов'язані з тертям. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- визначити поняття функції плуга і її якості;
- уточнити фізичну суть коефіцієнтів корисної дії плуга з точки зору витрат енергії;
- розробити підходи до теоретичного і експериментального визначення коефіцієнтів корисної дії;
- теоретично проаналізувати існуючі дані по визначенню коефіцієнтів корисної дії з точки зору їх достовірності.

Вирішення задачі.

На основі вивчення наукових джерел слід зауважити, що деякі розбіжності у висновках окремих вчених виникли із-за непорозуміння основних понять, що пов'язані, в першу чергу, з визначенням функції плуга та коефіцієнтом корисної дії. Тому необхідно навести ці поняття, щоб були зрозумілі і однозначно сприймалися подальші викладки.

Отже під функцією плуга ми розуміємо технологічну операцію, що пов'язана з відокремленням пласта ґрунту, його підйому, перевертання та крошенню з визначеною технічними умовами продуктивністю. Звертаємо увагу, що оранка це процес, який повинен виконуватися з певною швидкістю, яка частково визначає енергетичні витрати. Але для плуга, як знаряддя, що виконує корисну роботу з невеликою швидкістю, основні складові

витрати енергії пов'язані з тертям та параметрами плуга, які визначають його елементи (леміш, відвал, польова дошка). Згідно цих складових пропонується розглядати два коефіцієнти корисної дії: механічний коефіцієнт корисної дії, який характеризує шкідливі витрати енергії у зв'язку з тертям, та коефіцієнт технічної досконалості робочого органу – в розумінні оптимізації його параметрів за ознакою мінімізації витрат енергії. Сумарний коефіцієнт корисної дії ми позначили як комплексний. За основу своїх досліджень ми взяли роботи В.В.Кацігіна [5, 6].

Згідно з [9] механічний коефіцієнт корисної дії (МККД) визначається за формулою:

$$\eta_M = \frac{A_K}{A_K + A_{ш}} \quad (9)$$

де A_K і $A_{ш}$ робота корисних та шкідливих сил.

Так як, для робочого органу поки що не знайдений спосіб експериментального встановлення величини цих сил, то МККД визначається експериментально-теоретичним методом. Тому, його визначення тільки за формулою, в знаменник якої складовою частиною входить чисельник, гарантує, що $\eta_M \leq 1$.

Якщо формулу (9) представити у іншому вигляді:

$$\eta_M = 1 - \frac{A_{ш}}{A_K + A_{ш}} \quad (10)$$

то стане зрозумілим той факт, що МККД збільшується, коли A_K зростає. Це основне протиріччя у визначенні механічного коефіцієнта корисної дії. Її суть полягає в тому, що усі наукові роботи спрямовані на зменшення робочого опору і це, за формулою (10), не веде до підвищення МККД, а навпаки, до його зменшення. Але, якщо керуватися тим положенням, що МККД визначає долю корисної роботи, пов'язану з виконанням технологічного процесу по відношенню до загальної роботи, то вже як використовується ця робота в технологічному процесі встановлюється іншим коефіцієнтом.

В.П.Горячкін в працях [1] наводить свої та дані інших авторів по розподілу зусилля при руху плуга між складовими частинами плуга – ніж, леміш, відвал, підшва корпусу, з яких посередньо можна виявити сили тертя ґрунту по цих складових. Найбільш вагому частку складають сили тертя плуга по дну борозни і незначну частину – по відвалу. З іншого боку механічний коефіцієнт корисної дії має дуже низьке значення – $0,5 \div 0,7$. У зв'язку з цим виникає питання про точність визначення механічного коефіцієнта корисної дії. Для перевірки цього питання розроблений метод експериментального визначення коефіцієнта корисної дії. Для цього були використані експериментальні дані, отримані В.І.Мільцевим [10] при випробуванні плугів, що мали покриття з різними коефіцієнтами тертя. Як вже відмічалось, сила тяги плуга, що діє в напрямку руху (вісь X) складається з агротехнічної частини та сил тертя:

$$P_x = P_{xa} + fP_{xm} \quad (11)$$

де P_{xa} - сума проєкцій агротехнічних сил на вісь X; P_{xm} - сума проєкцій сил тертя на вісь X; f - коефіцієнт тертя.

Лінійна залежність сили P_x від коефіцієнта тертя підтверджена експериментально [10 с.8, рис.1]. Робота цих сил на шляху X буде пропорційна X, тому механічний коефіцієнт корисної дії буде мати вигляд:

$$\eta_M = \frac{P_{xa}}{P_{xa} + fP_{xm}} = \frac{P_{xa}}{P_x} \quad (12)$$

Якщо провести експерименти по визначенню сил P_x для двох однакових плугів, що мають різні покриття з коефіцієнтами тертя f_1 і f_2 , то можна записати (11) у вигляді двох рівнянь:

$$\begin{aligned} P_{1x} &= P_{xa} + f_1 P_{xm} \\ P_{2x} &= P_{xa} + f_2 P_{xm} \end{aligned} \quad (13)$$

Як бачимо, рівняння відрізняються значеннями сил тяги P_{1x} і P_{2x} та коефіцієнтом тертя. Звідси легко знайти P_{xa} :

$$P_{xa} = \frac{P_{2x} \cdot f_1 - P_{1x} \cdot f_2}{f_1 - f_2} \quad (14)$$

Використовуючи формулу (12), визначимо коефіцієнт корисної дії першого і другого плугів:

$$\begin{aligned} \eta_{M1} &= \frac{P_{2x} f_1 - P_{1x} f_2}{(f_1 - f_2) P_{1x}} \\ \eta_{M2} &= \frac{P_{2x} f_2 - P_{1x} f_2}{(f_1 - f_2) P_{2x}} \end{aligned} \quad (15)$$

Для визначення механічних коефіцієнтів корисної дії плугів з [10] маємо:

$$P_{1x} = 16000H; \quad f_1 = 0,1;$$

$$P_{2x} = 21000H; \quad f_2 = 0,3.$$

Із формули (15) за цими даними отримуємо:

$$\eta_{M1} = 0,843;$$

$$\eta_{M2} = 0,642.$$

Ці показники мають інші значення ніж у [10], де для коефіцієнтів тертя 0,4 і 0,6 отримані коефіцієнти корисної дії, відповідно, 0,77 і 0,73. Але автор [10] під коефіцієнтом корисної дії розуміє комплексний коефіцієнт корисної дії. При цьому порядок розрахунків майже однаковий. Це свідчить про те, що запропонований метод визначення механічного коефіцієнта корисної дії можна застосовувати в практику досліджень після більш детальної апробації на простих моделях.

Для визначення коефіцієнта технічної досконалості робочого органу, з точки зору витрати енергії на технологічний процес, слід додати наступне. В задачу робочого органу машини входить виконання корисної роботи з встановленою якістю та продуктивністю. При цьому конструкція і параметри робочого органу впливають на якість робочого процесу, яка задається агротехнічними вимогами в означеному діапазоні. З іншого боку, витрати енергії на виконання технологічного процесу також визначаються параметрами робочого органу. Тому вибір оптимальних (раціональних) значень параметрів зводиться до зменшення витрати енергії, не порушуючи якості виконання технологічного процесу. В цьому бачиться раціональність робочого органу, яка характеризується реальним тяговим зусиллям на агротехніку P_{xa} . А вже відношення ідеального тягового зусилля P_{xi} до реального зусилля визначає коефіцієнт технічної досконалості робочого органу:

$$\eta_T = \frac{P_{xi}}{P_{xa}} \cdot \quad (16)$$

При цьому, під ідеальним тяговим зусиллям слід розуміти таке мінімальне зусилля, що забезпечує виконання агротехнічної роботи. У відношенні до плуга це зводиться до відокремлення пласта ґрунту лезом, товщина якого наближається до нуля, підйом його на мінімальну висоту з переворотом і крошенням. У визначенні ідеального тягового зусилля можна погодитися з авторами дослідження [8].

Комплексний коефіцієнт корисної дії визначається за загальним правилом:

$$\eta_K = \eta_M \cdot \eta_T = \frac{P_{xi}}{P_x} \cdot \quad (17)$$

З формул (16) і (17) витікає, що найбільші труднощі виникають у визначенні ідеального тягового зусилля. В цьому напрямку деякі успіхи досягнуті авторами досліджень [5, 6, 8], але необхідним є пошук методів, що дозволять визначити напрямки удосконалення робочих органів машин.

Висновки.

На основі проведених досліджень рекомендується наступне.

1. Для оцінки досконалості робочих органів ґрунтообробних машин запропоновано три коефіцієнти корисної дії – механічний, технічної досконалості та комплексний.
2. Обґрунтований новий метод експериментального визначення механічного коефіцієнта корисної дії за допомогою двох однакових робочих органів з різними коефіцієнтами тертя.

Література

1. Горячкин В.П. Собрание сочинений. В 3-х т. Т. 1 и 2. – М.: Колос, 1965. – 720 с.; 456. с.
2. Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. – М.: Машиностроение, 1977. – 328 с.
3. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т. 1 (Ч.1). Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. – Харків: Око, 2001. – 444 с.
4. Bernacki H. Teoria glebgryzaek. Instytut mechanizacji i elektryfikacji rolnictwa w warszawie. Bikletun prac pankanobadawczych, №2, Warszawa, 1962, 88г.
5. Кацыгин В.В. Основы теории выбора оптимальных параметров мобильных сельскохозяйственных машин. Автореферат докторской диссертации.-Минск, 1969. – 63 с.
6. Кацыгин В.В. К вопросу изучения технологического коэффициента полезного действия плугов. Вопросы сельскохозяйственной механики. Т. X111. – Минск: Урожай, 1964, с. 206-255.
7. Волков Б.Г. К вопросу о коэффициенте полезного действия машинно-тракторного агрегата. Научные труды НИИ мех. и электр. с/х северо-запада, вып. 3. – Россельхозиздат. – М.: 1969.
8. Кравчук В.І., Гуков Я.С. Енерговитрати при розпушенні ґрунту механічним способом. Зб. научн. праць НАУ "Механізація сільськогосподарського виробництва"; т. У111, 2000. – с. 17-21.
9. Теория механизмов и машин. Учебник для ВТУЗов / К.В.Фролов, С.А.Попов, А.К.Мусатов и др.; Под ред. К.В. Фролова. – М.: Высш.шк., 1987. – 196 с.
10. Мильцев А.Н. Тяговое сопротивление и коэффициент полезного действия плуга. Мех. и электр. соц. с/х., № 4, 1974. - с.7-8.

УДК 631.3

ОЦІНКА РЕМОНТОПРИДАТНОСТІ КОРМОПРИГОТУВАЛЬНИХ МАШИН

Бойко А.І., док.техн. наук, Новицький А.В., канд. техн. наук, Карабиньош С.С., канд. техн. наук
(м. Харків, Україна)

There is considered the results investigation foodcrushers maintainability quantities and qualities there values in article.

Вступ

Однією із актуальних проблем сучасного сільськогосподарського машинобудування поряд із підвищенням безвідмовності та довговічності машин є забезпечення їх ремонтопридатності. Відомо [1], що ремонтпридатність сільськогосподарської техніки, як і інші властивості надійності, закладаються при проектуванні, тому ще в технічному завданні на виріб встановлюються об'єктивні критерії та методи, які дозволяють кількісно та якісно оцінити машини, які проектуються. Аналіз літературних джерел по даній проблемі показав [1, 2], що за останнє десятиріччя в галузі сільськогосподарського машинобудування ще не достатньо уваги приділяється питанням ремонтної технологічності конструкцій машин та їх ремонтпридатності. Разом з тим, за останні роки в Україні, поряд з тенденцією по закупівлі зарубіжної сільськогосподарської техніки, яка була в експлуатації 5-10 років, набирає силу напрямок по створенню техніки з використанням прогресивних вітчизняних матеріалів та сучасної елементної бази і компонентів конструкцій машин [2]. Важливе місце при цьому відводиться створенню на базі спеціалізованих ремонтних майстерень та ремонтних заводів мережі фірмових центрів (дилерських пунктів) підприємств-виробників техніки.

Мета досліджень.

Все це вказує на необхідність комплексного підходу до виробництва вітчизняної сільськогосподарської техніки, із врахуванням сучасних вимог щодо забезпечення якості машин, на основі структурного аналізу їх надійності [1, 3, 5], за рахунок створення конструкцій машин на модульній та елементній основі.

Виходячи з цього, метою даного дослідження є встановлення показників ремонтпридатності сільськогосподарської техніки, включаючи машини для приготування кормів та її складових частин.

Методика досліджень.

Процес оцінки ремонтпридатності машин та обладнання сільськогосподарського виробництва може бути реалізовано в наступній послідовності:

- аналіз вихідних даних, які включають по типових конструкціях і аналогах, можливість використання нових матеріалів, конструктивних рішень та технологічних процесів;
- визначення витрат часу, праці та коштів на проведення технічного обслуговування та ремонту;
- вибір номенклатури показників ремонтпридатності;
- розрахунок числових значень показників ремонтпридатності.

Для визначення показників ремонтпридатності конструкцій виробів можна використати методи в залежності від способу і джерела отримання інформації. Так, способи отримання інформації базуються на наступних методах: органолептичному, розрахунковому та реєстраційному. Джерелом отримання інформації є традиційні експертні дослідження, імітаційне та аналогове моделювання.

Оцінку ремонтпридатності машин на стадії проектування та при введенні в експлуатацію нової партії, можна виконувати методом аналізу структурно-технологічних схем, на яких фіксуються операції і прийоми розбирання машин на агрегати і вузли [5, 6]. На схемах відображують ступінь доступності агрегатів та вузлів, основні елементи складальних (складальних технологічних) одиниць, шифр деталей і їх кількість. З їх використанням можна оцінити різноманітні варіанти компонування машин та їх складових частин з точки зору їх ремонтпридатності, встановити час виконання ремонтних операцій по забезпеченню доступу до вузлів та деталей, перелік додаткових операцій, які ускладнюють проведення розбирально-складальних робіт. Іншим методом якісної оцінки ремонтпридатності машин є оцінка доступності обладнання через незручність положень виконавця. Згідно [6], до основних кількісних показників ремонтпридатності, які можна використати для оцінки сільськогосподарської техніки відносяться: доремонтний та міжремонтний ресурси, середній час відновлення працездатності.

Результати досліджень.

На основі проведених аналітичних та експериментальних досліджень було встановлено, що для прикладу щодо оцінки ремонтпридатності сільськогосподарської техніки можна взяти дробарки для подрібнення зерна. Ці машини широко використовуються в сільському господарстві, переробній та харчовій промисловості, в останні роки відмічається випуск нових дробарок на машинобудівних підприємствах України [7]. Разом з тим, дробарки, як більшість машин та обладнання механізації тваринницьких ферм, потребують уваги ремонтної служби підприємств, оскільки ремонтуються агрегатним методом і недостатньо досліджені з позицій ремонтпридатності.

Важливим показником надійності кормодробарок є середній час відновлення працездатності. Цей показник характеризує кожен із вузлів і кормодробарку в цілому з позицій ремонтпридатності.

Статистичні дані про час на відновлення працездатності підсистем кормодробарки ДБ-5 отримано із хронометражних спостережень, аналізу опитувальних листів спеціалістів та первинних документів в господарствах. Використовуючи методику викладену в [4], проведено обробку експериментальних даних, визначено середнє

значення та середнє квадратичне відхилення показника надійності – середнього часу на відновлення. Розраховані параметри розподілу для шести механізмів кормодробарки зведено в таблицю 1.

Таблиця 1

Статистичні характеристики розподілу часу на відновлення працездатності механізмів кормодробарки ДБ-5

Механізм кормодробарки	Середнє значення, год.	Середнє квадратичне відхилення, год.	Коефіцієнт варіації	Критерій Колмогорова	Теоретичний закон розподілу	Параметри законів			
						ϵ	S_{ϵ}	C_{ϵ}	a , год.
Завантажувальний шнек	1,35	0,78	0,58	0,99	ЗРВ	1,78	0,795	0,517	1,5
Зерновий бункер	0,69	0,39	0,56	0,97	ЗРВ	1,84	0,394	0,501	0,78
Подрібнювальна камера	2,89	2,53	0,875	0,57	ЗРВ	1,15	1,645	0,831	3,0
Роздільна камера	0,9	0,45	0,504	0,80	ЗРВ	2,08	0,574	0,446	1,00
Шнек роздільної камери	2,1	1,6	0,761	0,99	ЗРВ	1,33	1,29	0,701	2,28
Вивантажувальний шнек	2,6	2,7	1,03	0,99	ЗРВ	1,00	2,00	1,00	2,7

Перевірка отриманих закономірностей розподілу часу відновлення працездатності кормодробарок ДБ-5 на адекватність відомим законам розподілу згідно критерія Колмогорова, показала хорошу узгодженість із законом Вейбулла-Гнеденко.

При цьому слід відмітити, що крива розподілу часу на усунення відмов вивантажувального шнека близька до експоненціального закону розподілу (коефіцієнт варіації $v=1,03$).

Дослідженнями встановлено, що статистичні характеристики розподілу часу на відновлення працездатності підсистем змінюються в широких межах: середнє значення від 0,69 до 2,89 год., середнє квадратичне відхилення від 0,39 до 2,7 год., коефіцієнт варіації від 0,504 до 1,03.

Найбільше середнє значення витрат часу на усунення відмов припадає на подрібнювальну камеру (2,89 год.), вивантажувальний шнек (2,6 год.) та шнек роздільної камери (2,1 год.). Сумарний час відновлення цих механізмів перевищує 60% загального сумарного часу.

В результаті проведених розрахунків встановлено, що розподіл часу на відновлення працездатності дробарок ДБ-5 також підлягає закону Вейбулла-Гнеденко, при середньому значенні 2,7 год. і середньому квадратичному відхиленню 1,36 год. По критерію згоди Колмогорова отримана хороша відповідність експериментальних даних із законом розподілу Вейбулла-Гнеденко ($P(\lambda) = 0,889$), з параметрами $a=1,16$ год, $\epsilon=2,1$, $C_{\epsilon}=0,443$, $S_{\epsilon}=0,567$

Виходячи з того, що найбільша кількість відмов припадає на подрібнювальну камеру, а це 33,6% від сумарної їх кількості [4], стає актуальним більш детальне дослідження ремонтпридатності саме цієї підсистеми. Крім того, до подрібнювальної камери входить подрібнювальний ротор, конструкція якого є типовою для більшості дробарок вітчизняного виробництва.

Провівши структурний аналіз подрібнювальної камери дробарки ДБ-5 та розглянувши технологічну схему її розбирання, в якій фіксуються операції та послідовність розбирання на складальні одиниці та деталі, оцінено механізм з позицій ремонтпридатності. При цьому були встановлені час ремонтних операцій і затрати праці по забезпеченню доступу до складальних одиниць та деталей, надлишковість операцій. Коефіцієнт доступності можна встановити використовуючи наступну залежність [5]:

$$K_{\partial} = \frac{T_{\partial}}{T_{\partial} + T_{\epsilon}},$$

де T_{∂} - трудомісткість виконання розбиральних робіт по доступу до деталі, хв.; T_{ϵ} - трудомісткість додаткових, баластних робіт, хв.

Як показав аналіз, коефіцієнт доступності подрібнювального ротора становить 0,57. Тобто, частка баластних робіт висока і становить близько половини часу на розбирання механізму.

Щодо зручності проведення розбирально-складальних робіт, при обслуговуванні подрібнювальної камери, проведено оцінку її ремонтпридатності із врахуванням положень виконавця. Як показав аналіз, практично всі

операції по доступу до подрібнювального ротора мало зручні. Ремонтні операції після зняття ротора із камери відповідають нормальним умовам роботи.

Оскільки, до складу об'єкта дослідження входять робочі органи кормодробарок, тобто молотки і дека, які фактично лімітують їх надійність, важливо знайти затрати часу на їх діагностування. Коефіцієнт контролепридатності подрібнювального ротора можна розрахувати за формулою [5]:

$$K_k = \frac{T_{оок}}{T_{оок} + T_{доок}}, \quad (2)$$

де $T_{оок}$ - трудомісткість виробу в основних операціях контролю, хв.; $T_{доок}$ - трудомісткість виробу в допоміжних операціях контролю, хв.

Встановлено, що коефіцієнт контролепридатності подрібнювальної камери залежить від ступеню її дефектації. Тобто контролю можуть підлягати лише молотки та дека, і тоді $K_k=0,92$, або ж крім перерахованих деталей ще й вал подрібнювального ротора. В цьому випадку, коефіцієнт контролепридатності буде становити $K_k=0,64$.

Висновки

1. Дослідженнями встановлено, що статистичні характеристики розподілу часу на відновлення працездатності механізмів дробарок ДБ-5 змінюються в широких межах: середнє значення від 0,69 до 2,89 год., середнє квадратичне відхилення від 0,39 до 2,7 год., коефіцієнт варіації від 0,504 до 1,03.
2. На основі структурного аналізу механізмів дробарки ДБ-5 та розробки технологічної схеми її розбирання, встановлено, що коефіцієнт доступності подрібнювального ротора становить 0,57. Коефіцієнт контролепридатності подрібнювальної камери залежить від ступеню її дефектації, і знаходиться в межах 0,64-0,92.
3. Перспективним напрямком підвищення надійності кормо-приготувальних машин - є забезпечення якісних і кількісних показників ремонтпридатності машин на стадії проектування та при введенні в експлуатацію нової партії, на основі структурного аналізу їх надійності, з використанням структурно-технологічних схем розбирання (складання).

Література

1. Бойко А.І., Новицький А.В., Мельник В.І., Ружило З.В., Карабінюш С.С. Аналіз системних методів розрахунку надійності машин та обладнання // "Підвищення надійності відновлюємих деталей машин", - Харків, Вісник ХДТУСГ. - 2003. - Випуск 15. - С.129-134.
2. Гуков Я.С., Грицишин М.І. Стан механізації сільськогосподарського виробництва України // „Механізація і енергетика с.г.”, Матеріали ІV Міжнародної науково-технічної конференції MOTROL 2003. - Люблін-Київ, Видавничий центр НАУ. - 2003. - Том 6. - С.64-70.
3. Бойко А.І., Новицький А.В. Аналіз структурної надійності кормодробарок як складних механічних систем //Науковий вісник НАУ, № 49, Київ. - 2002. - С.11-16.
4. Бойко А.І., Новицький А.В., Мельник В.І. Дослідження експлуатаційної надійності кормодробарок // Механізація сільсько-господарського виробництва: Науковий вісник. - НАУ. - 2000. - Вип. 33. - С.127-130.
5. Каннингхем К., Кокс В. Методы обеспечения ремонтпригодности: Пер. с англ. под ред. Пославского М.И. - М.: Сов. радио, 1978. - 312 с.
6. Ремонт машин. Сідашенко О.І., Науменко О.А. - К.: Урожай, 1994. - 432 с.
7. Войтовський В., Міщенко М. Машинобудування України - підприємствам елеваторно-складської, круп'яної та комбікормової промисловості // Журнал „Пропозиція”. - 2002. - №1. - с. 96-98.

УДК 631.355

МОДУЛЬНО-БЛОЧНЫЙ УБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНЫЙ АГРЕГАТ ДЛЯ УБОРКИ КУКУРУЗЫ

Шмат К. И., канд. техн. наук, Самарин А. Е., канд. техн. наук

(г. Херсон, Украина)

The combine is destined for corn-cobs harvesting as well as for corn-stems cutting off, reducing them to fragments and scattering them on the field for future ploughing down.

The machine is entirely completed. Designing documents are elaborated. Three models are constructed and tested in Ukraine and China.

The machine refers to the sphere of Agricultural Machinery Construction. It's notable for intensified productivity and safety.

В настоящее время в Украине эксплуатируется большое количество тракторов тяжелого класса 1,4 т, таких как ЮМЗ-6, МТЗ-80, ЮМЗ-80. Они могут быть основой для создания модульно-блочных уборочно-транспортных агрегатов, предназначенных для уборки зерновых и зернобобовых культур, кукурузы, а также кормовых культур.

Как показывают прогнозные расчеты, использование таких агрегатов даст значительный экономический эффект. Главные его составляющие – существенное сокращение количества энергетических средств за счет повышения их универсальности, снижения парка крупных сельскохозяйственных машин и, в конечном счете, стоимости продукции.

Сотрудниками кафедры сельскохозяйственного машиностроения ХГТУ и ГСКБ ОАО «Херсонские комбайны» совместно разработали и провели испытания навесного кукурузоуборочного комбайна 4УВ-3 на трактор SH-654 мощностью 65 л.с. производства КНР. Основные блоки этого агрегата могут быть прототипами для создания аналогичной машины для отечественного сельхозпроизводителя.

Отличительные особенности новой машины:

- удобный и достаточно быстрый монтаж и демонтаж технологических модулей, удобство их хранения;
- легкоперестраиваемая система механического и гидравлического приводов;
- достаточный монтажный простор и грузоподъемность.

Комбайн предназначен для уборки кукурузы в початках полной и молочно-восковой спелости на продовольственное и фуражное зерно. За один проход комбайн убирает весь урожай кукурузы со сбором початков в бункер и разбрасыванием по полю срезанных и измельченных стеблей.

Кукурузоуборочный комбайн 4УВ-3 представляет собой навесную на трактор фронтальную машину ручьевого типа и состоит из жатвенной части (жатки), транспортера и шнека-распределителя початков, бункера накопителя, измельчителя, приводных механизмов и гидросистемы.

Жатка представляет собой навесную на трактор фронтальную машину ручьевого типа. Рабочие органы жатки смонтированы на штампованной раме, которая шарнирно закреплена в подшипниках рамы трактора.

На раме жатки установлены три русла (початкоотделяющих аппарата), шнек початков с битером, приводные механизмы, облицовка и ограждения.

Транспортер початков предназначен для транспортирования и подачи початков из жатки в бункер. Состоит из двух корпусов коробчатой сварной конструкции прямоугольного сечения, соединенных болтами. Внутри корпусов установлена цепь со скребками.

Шнек-распределитель установлен после транспортера и предназначен для подачи и распределения початков в бункере.

Состоит из кожуха и приваренной на трубу ленты правой навивки, переходящей в лопасть.

Измельчитель предназначен для срезания стеблей кукурузы, измельчения и разбрасывания их по полю.

Измельчитель состоит из корпуса, измельчающего барабана, кожуха барабана с противорежущим брусом.

Привод измельчителя осуществляется от ВОМ трактора карданной передачей.

Приводные механизмы комбайна приводятся от заднего и переднего валов отбора мощности трактора.

Гидросистема комбайна предназначена для подъема, опускания жатки и разгрузки бункера с початками.

Гидросистема рабочих органов подключена к гидросистеме трактора и состоит из трубопроводов, рукавов высокого давления и гидроцилиндров.

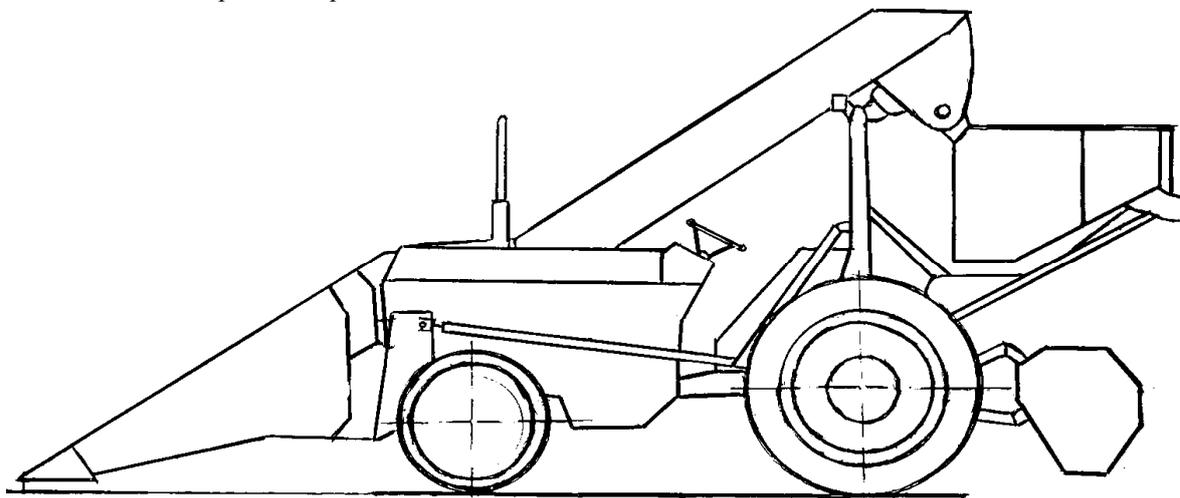


Рис. 1. Комбайн кукурузоуборочный навесной 4УВ-3 на трактор SH-654.

При движении комбайна вдоль рядков стебли кукурузы направляются мысами в русло жатки, захватываются подающими цепями и вводятся в вальцы початкоотделяющих аппаратов. Вальцы протягивают стебли через рабочую щель между отрывочными пластинами, где початки отрываются от стеблей и цепями с лапками подаются в шнек. Шнек жатки перемещает початки к битеру, который подает их в транспортер, а транспортер в шнек-распределитель, который распределяет початки по объему бункера.

По мере накопления початки выгружаются в транспортное средство.

Стебли кукурузы попадают в зону действия ножей измельчающего барабана, срезаются, измельчаются и, направленные кожухом, рассеиваются сзади измельчителя.

Таблица 1.

Условия испытаний и показатели качества выполнения технологического процесса

Показатели	Значение показателей		
	По АТТ	При испытаниях лабораторно-полевых	
Место испытаний		Институт земледелия южного региона	
Культура		Кукуруза	
Сорт		Октава	
Урожайность початков, ц/га	Не более 200	32,8	
Полеглость растений, %	Нет данных	0,3	
Засоренность участка сорняками, %	То же	3,8	
Высота расположения нижнего початка, см	15-125	91,1	
Влажность, %			
- зерна		24,4	
- незерновой части		57,8	
Густота растений, тыс.шт./га	Не более 70	41,8	
Высота растений, см	Не более 350	222,9	
Диаметр стебля на высоте среза, мм	Не более 50	19,9	
Длина початков, мм	18-40	18,7	
Диаметр початков, мм	Нет данных	40,2	
Крутизна склона, град	Нет данных	1,8	
Микрорельеф	То же	Выровненный	
Влажность почвы, % в слое 0-10см	Не более 30	17,8	
Ширина междурядий, см	55	70,0	
Скорость движения, км/ч	3-6	2,5	
Полнота очистки початков от обертки, %	Технологией уборки не предусмотрено		
Засоренность вороха початков, %	Нет данных	10,1	12,7
Содержание свободного зерна в ворохе початков, %	То же	1,3	0,1
Травмирование початков, %	До 1,0	1,0	0,6
Содержание целых початков, %	Не менее 99	98,4	99,1
Полнота сбора початков, %	Не менее 95	96,3	95,4
Полнота сбора незерновой части урожая, %	Технологией уборки не предусмотрено		
Качество измельчения незерновой части урожая, %			
Содержание стеблей размером до 80 мм	100	98	95
Высота среза, см	4	3,7	3,9

Литература

1. Погорелый Л., Коваль С., Шуринов В. Модульно-блочные уборочно-транспортные машины нового поколения. Развитие конструкций и концепция разработки универсальных энергосредств и комплексов машин. // Техніка АПК – 1999. - №1.-с 6-9.
2. Шмат К.І., Самарін О.Є. Порівняльні дослідження кукурудозбиральних комбайнів з традиційними і оптимізованими робочими органами. Вісник Херсонського ДТУ, Херсон: ХДТУ, 2002, с.365-368.
3. Шмат К.І., Самарін О.Є. Визначення дальності викидання качана при відокремленні від стебла. Загальнодержавний збірник №33. Кіровоград: КДТУ, 2003, с.373-376.
4. Комбайн кукурузоуборочный навесной 4УВ-3 на трактор SH-654. Протокол государственных предварительных испытаний №3-4-2001 «В» / 9085301/, Южно-Украинская государственная зональная машиноиспытательная станция, г. Херсон, 2001г., 14с.

УДК 621.891

СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ МИКРОТВЕРДОСТЬЮ ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ И ИХ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬЮ ПРИ ТРЕНИИ В СРЕДЕ АВИАЦИОННОГО ТОПЛИВА

Мацевитый В.М., канд. физ.-мат. наук, Казак И.Б., канд. техн. наук
(г. Харьков, Украина)

The influence of the microhardness of vacuum-plasma coatings of different chemical composition on their wear resistance during friction in an aviation fuel medium has been investigated. An area of optimal values of microhardness has been found which corresponds to maximum wear resistance of coatings.

При исследовании триботехнических свойств вакуумно-плазменных покрытий TiN и TiC при трении в среде

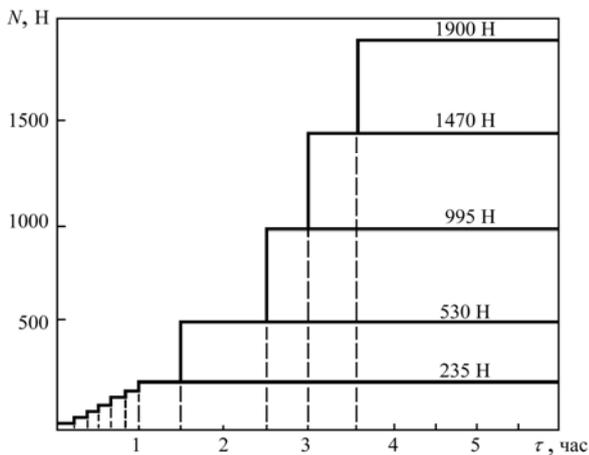


Рис. 1. Схема нагружения узла трения на машине МИ-1М (N –нагрузка, τ –время испытаний).

ем и последующей доводкой ($R_a=0,08$ мкм). Краткие характеристики исследованных покрытий представлены в таблице.

Испытания осуществлялись по схеме «плоскость-цилиндр» на машине трения МИ-1М в среде авиационного топлива. В качестве контртел служили образцы-диски диаметром 40 мм из стали Х12М, имеющей после термообработки твердость $HRC\ 59..63$ (поверхность цилиндрических образцов шлифовалась и доводилась до $R_a=0,08$ мкм).

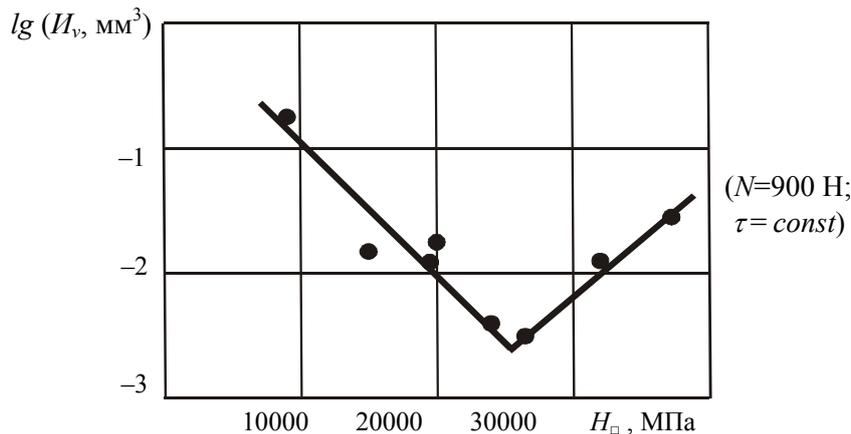


Рис.2 Зависимость износа покрытий различного химического состава от их микротвердости

Представляется, что обнаруженная зависимость характеризует сопротивление разрушению покрытия в заданных условиях трения: при твердости покрытия больше 25000 МПа интенсивность изнашивания увеличивается с повышением твердости в связи с ростом хрупкости покрытия; при твердости покрытия меньше 25000 МПа интенсивность изнашивания возрастает с уменьшением твердости в связи с облегчением пластической деформации материала покрытия и соответствующим облегчением структурно-термической активации поверхности трения.

Таблица

Покрытие	Фазовый состав	Период решетки основной фазы, нм	R_a , мкм	H_{\square} , МПа (при нагрузке 200 г)	Наличие капельной фазы
TiC	TiC + α -Ti	0,433	0,8	37000±2000	есть
TiCN	Ti(CN) + α -Ti	0,429	0,8	32000±2000	есть
ZrN	ZrN + α -Zr	0,457	0,7	20000±2000	есть
NbN	NbN + Nb	0,439	0,7	19000±2000	есть
Mo ₂ N	Mo ₂ N	–	0,3	27000±3000	нет
FeTiC	TiC + α -Fe	–	0,7	15000±1000	есть
TiN	TiN + α -Ti	0,4236	0,8	25000±2000	есть

авиационного топлива в широком интервале нагрузок было замечено, что покрытие TiC, имеющее весьма высокую микротвердость (37000 ± 2000 МПа), оказывается существенно менее износостойким по сравнению с более мягким (25000 ± 2000 МПа) покрытием TiN (оба покрытия характеризуются примерно стехиометрическим составом основной фазы и содержат незначительное количество α -Ti). С целью изучения влияния микротвердости вакуумно-плазменных покрытий на их износостойкость представлялось интересным исследовать в аналогичных условиях трения износостойкость гаммы покрытий различного химического и фазового состава, имеющих существенно отличающиеся значения микротвердости.

Покрытия TiC, TiCN, ZrN, NbN, Mo₂N, FeTiC и TiN толщиной 8...10 мкм были нанесены методом КИБ (конденсации с ионной бомбардировкой) на образцы-колодки из стали ВНС-15 ($HRC\ 58..64$). Поверхность образцов под покрытия готовилась тонким шлифованием и последующей доводкой ($R_a=0,08$ мкм).

Испытания осуществляли в соответствии со схемой нагружения, представленной на рис.1, при скорости скольжения 1 м/с и температуре топлива 60°C. Величину износа покрытий определяли по ширине выработанной «дорожки» трения.

На рис.2 представлена зависимость объемного износа покрытий от их микротвердости для нагрузки на узел трения $N=1470$ Н (общее время испытаний – 6 часов). Полученная зависимость свидетельствует о том, что максимальной износостойкости покрытия соответствует оптимальная микротвердость (~25000 МПа).

Установленная закономерность, по-видимому, характерна для рассматриваемых условий трения, и ее следует учитывать при разработке покрытий для повышения работоспособности конкретных узлов трения.

УДК 697.34

ПРОБЛЕМАТИКА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТОПЛЕНЧЕСКОЙ ТЕПЛОТЫ ПОТРЕБИТЕЛЯМИ

Воинов А.П., докт. техн. наук, Воинова С.А., канд. техн. наук, Чернуха Д.В.

(г. Одесса, Украина)

The analysis of exponents of operation of systems of heating of locations of the consumer is executed. The standards and order of operations on pinch of profitability of these systems are justified.

Обеспечение теплотой жилищно-коммунальных, общественных, производственных, транспортных и других потребителей – функция, подлежащая выполнению независимо от обстановки в жилом доме, в населенном пункте или в регионе. Существующие условия лишь определяют уровень доступного или реализованного выполнения этой функции (достигнутый уровень комфорта).

Система "теплообеспечения" (ТО) включает две составляющие: систему технических средств, обеспечивающих "теплоснабжение" (ТС), и систему средств, обеспечивающих "теплопотребление" (ТП). Основу сферы ТО крупных населенных пунктов составляют централизованные СТО (ЦСТО).

В системе ТО (СТО) помещения потребителя теплоты (ППТ) играют особую роль. Они представляют собой конечный элемент в цепочке передачи энергии от месторождения добываемого топлива. Потребитель – это заказчик, определяющий количество потребляемой энергии, которую он рассеивает, выбрасывает (в атмосферу) сбрасывает (в грунт), то есть выделяет в окружающую среду.

Все предшествующие элементы цепочки работают на ППТ. Они на эффективность его работы повлиять не в состоянии. Он же определяет поток энергии, поступающий из цепочки к нему, этим влияет на работу (тепловую нагрузку) каждого предшествующего звена цепочки.

Представляет интерес анализ свойств и особенностей цепочки элементов, участвующих в добыче топлива, транспорте его до ЦСТО, преобразующих энергию топлива в теплоту, передающих ее к ППТ. Рассматривать удобно энергию единицы количества топлива, например, 1 м³ природного газа.

Цепочку образует ряд элементов:

- узел добычи и первичной обработки газа, со своим коэффициентом полезного действия (КПД) (η_d),
- магистральные газопроводы (η_g),
- газоперекачивающие станции (η_c),
- котельные (η_k),
- магистральные теплопроводы (η_{mm}),
- тепловые пункты (η_{mp}),
- разводящие теплопроводы (η_{pm}),
- тепловые узлы абонентов (η_{my}),
- внутренняя система теплопотребления (η_{ec}).

Передаваемая по цепочке энергия частично теряется в ее элементах. В ППТ поступает доля энергии добытого газа (Q_{ucx}), равная

$$Q_{nmm} = Q_{ucx} \cdot \eta_d \cdot \eta_g \cdot \eta_c \cdot \eta_k \cdot \eta_{mm} \cdot \eta_{mp} \cdot \eta_{my} = Q_{ucx} \cdot \prod_{i=q_{my}}^{i=q_d} \eta_i$$

Отсюда следует, что экономия единицы энергии в ППТ приводит к экономии добываемого топлива в количестве

$$Q_{ucx} : Q_{nmm} = \left(\prod_{i=q_{my}}^{i=q_d} \eta_i \right)^{-1}$$

В реальных СЦТО традиционного типа, проработавших значительную часть расчетного ресурса, произведение $\prod_{i=q_{my}}^{i=q_d} \eta_i$ составляет 0,3 – 0,5. В этих условиях экономия единицы количества природного газа в ППТ приводит к экономии добываемого газа в количестве

$$Q_{ucx} : Q_{nmm} = (1 \cdot 0,3) : 0,5 = 3,33 - 2,00 \text{ единиц,}$$

то есть, чем ниже технологическая эффективность цепочки, тем больше эффект повышения КПД ППТ.

Нагрузка ППТ – количество получаемой им теплоты, которую он рассеивает в окружающую среду. Расчетную (нормативную) нагрузку Q_n ППТ определяют, исходя из установленных норм, в зависимости от заданных температуры внутри помещения и температуры наружного воздуха [1]. Реальная нагрузка Q_p обычно превышает уровень расчетной нагрузки. Технологическую эффективность, функционирования ППТ, то есть его КПД, можно охарактеризовать отношением

$$\frac{Q_n}{Q_p} \times 100 = \eta_{ППТ}.$$

Для повышения численного значения этого показателя, необходимо уменьшать Q_p , то есть улучшать технологические свойства ППТ.

Анализ современного уровня данного показателя в реальных условиях показывает, что фактический, наблюдаемый уровень $\eta_{ППТ}$ недопустимо низок. Так, в старых строениях он составляет 0,2 – 0,4, а в строениях последних десятилетий – 0,3 – 0,5. И только в многоэтажных строениях последних лет, выполненных с использованием прогрессивных архитектурных решений, новых строительных технологий, высоко эффективных конструкционных материалов и при использовании проектного регламента в их техническом обслуживании $\eta_{ППТ}$ достигает уровня 0,8 – 0,9 и выше.

Проблема повышения технологической эффективности СТО носит интернациональный характер, находится в центре внимания специалистов разных стран. Они ведут работу по повышению технологической эффективности СЦТО.

Так, в частности, по данным фирмы Tschet (Германия), в период 1978 – 2000 гг. удельный расход теплоты на отопление жилых помещений в многоэтажных домах, вследствие проведения политики энергосбережения, снизился на 32 %. При этом наблюдается значительный (в 5 раз) разброс численных значений удельного расхода теплоты между квартирами. Этот важный факт показывает то, что бережливость жильцов является более весомым фактором, чем усиление тепловой изоляции ограждающих конструкций зданий, предпринимаемое архитекторами под давлением ужесточающихся строительных стандартов [1].

Изложенное убеждает, что важной частью задачи развития и повышения технологической эффективности СЦТО в Украине является выполнение программы по нормализации состояния ППТ, конкретнее, по снижению удельного потребления (расхода) теплоты на единицу поверхности ограждения отапливаемых зданий и сооружений, доведение его до проектного уровня. Здесь кроется крупный резерв повышения технологической эффективности сферы ТО – этой важной части отечественной энергетики.

Реально доступное улучшение теплоизоляционных свойств конструкции ограждения позволяет, в конечном счете, снизить теплопотребление на 20 – 30 %. При этом возможно увеличение сопротивления теплопередачи стен в 2,97 раза, чердачных перекрытий в 2,92 раза, перекрытий над холодными подвалами в 1,46 раза [3].

Усилия должны быть направлены по четырем основным линиям:

- улучшение объемно–планировочных и конструктивно–компоновочных решений в проектируемых или обновляемых ППТ,
- применение прогрессивных высоко эффективных конструкционных материалов в строительстве,
- ужесточение контроля над соблюдением регламента технического (эксплуатационного и ремонтного) обслуживания строений лицами, ответственными за состояние жилищно–коммунального фонда,
- приложение доступных усилий к возможно более быстрому и широкому применению индивидуальных средств контроля над расходом теплоты каждым потребителем (счетчиков теплоты).

Ведущим условием развития сферы ТО в Украине является повышение уровня технической культуры производства теплоты и культуры ее потребления. Это в полной мере касается не только коммунального, но и бытового сектора, относится к схемным, конструктивно–компоновочным, режимным, организационно–структурным и прочим свойствам и особенностям упомянутой сферы.

Важным требованием, предъявляемым к современным СТО, является высокая степень их автоматизации. Это требование касается систем автоматизированного управления технологическим процессом (АСУ ТП) и систем автоматизированного управления предприятиями (АСУП), осуществляющими ТО. Сказанное касается и потребителя – этого целевого звена, венчающего цепочку передачи и превращения энергии, звена, ныне наиболее отсталого по уровню технической культуры выполнения своих технологических функций.

Из изложенного следует, что ППТ являются наименее экономичным элементом цепочки. При этом, интересы всеобщей экологической безопасности требуют принятия взаимосвязанных комплексных мер по повышению эффективности всех элементов цепочки, независимо от ведомственных, корпоративных, фирменных и других интересов владельцев каждого из них. Эти меры должны быть направлены на вложение в цепочку в целом необходимых ресурсов.

При этом вложение ресурсов целесообразно увеличивать по мере удаления элементов от источника топлива. Наиболее крупные вложения следует осуществлять в ППТ, с которых следует начать реализацию всей программы повышения технологической эффективности СТО.

Повышение технологической эффективности ППТ является первоочередной задачей программы строительства новых объектов жилищно–коммунального сектора и программы обновления существующей его части.

Следует отметить, что повышение экономичности функционирования ППТ сопровождается увеличением степени экологического и социального совершенства СТО в целом.

Выводы

1. Повышение технологической эффективности использования отопительной теплоты потребителями – важная научно–техническая задача, решение которой способствует увеличению эффективности функционирования СЦТО в целом.
2. Снижение удельного расхода топлива потребителями обуславливает экономию топлива в местах его добычи, превосходящую указанный удельный расход топлива тем в большей степени, чем ниже эффективность цепочки передачи энергии.

Литература

1. СНиП П-3-79* Строительная теплотехника/Госстрой России. — М.: ГУП ЦПП, 1998. — 29 с.
2. Feldversuchemit elektronischer Einzelraum – Temperaturregelung. Benecke Jochen (TU Berlin). HLH: Heizung, Lüftung / Klima, Haustechn. 2002, 53, №5 .С. 71 – 73.
3. Лотц Н.С., Монастырев П.В. Анализ изменения нормирования теплозащиты жилых зданий центрально–черноземного региона. (ТГТУ (г. Тамбов)) // Труды ТГТУ. 2001, №10. С. 86 – 91.

УДК 621.311.22

ПУТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ

Воинов А.П., докт. техн. наук, Воинова С.А., канд. техн. наук, Чернуха Д.В.

(г. Одесса, Украина)

The problem of applying of computer technology for process control of a heat consumption in a location of the consumer surveyed.

Система централизованного теплообеспечения (СЦТО) жилищно–бытового сектора является важной частью энергетики.

В реальных условиях эксплуатации СЦТО обеспечение высокой технологической эффективности возможно только при условии применения автоматизированного управления всеми элементами указанной системы.

Существенным элементом системы являются помещения потребителей (отоплеческой) теплоты (ППТ). Они расположены в конце цепочки элементов и завершают выполняемый ею технологический процесс: рассеивает получаемую теплоту в окружающую среду, поддерживая при этом заданную температуру воздуха в помещении. Т. о., ППТ осуществляют теплопотребление – целевой процесс СЦТО.

Технологическая эффективность этого элемента определяющим образом влияет на режим и показатели работы всех предшествующих звеньев, расположенных раньше по ходу потока энергии цепочки, передающей ее от места добычи топлива до ППТ. Особо важно обеспечить высокую экономичность его функционирования, т.к. при этом условии удельный расход добываемого топлива будет относительно малым, а работа СЦТО в целом будет характеризоваться высокой степенью экологической и социальной эффективности.

С высокой, особой функцией ППТ контрастирует неожиданное обстоятельство: в подавляющем большинстве отечественных реальных систем этот элемент не оснащен средствами автоматики. Поэтому нет возможности осуществлять воздействие на СЦТО посредством управления оборудованием ППК.

Выполненный анализ показал, что повышение технологической эффективности ППТ на единицу количества топлива приводит к сокращению потребности в нем в месте добычи в 2 – 4 и более единиц, в зависимости от условий использования системы ТО. Применение автоматизации оборудования в ППТ позволяет добиться выполнения его функций при подводе к нему энергии в, соответственно, меньшем объеме. Возможный эффект иллюстрируют следующие примеры:

- автоматическое поддержание температуры воздуха в помещении с отклонением не более одного градуса от заданного значения обуславливает снижение потребление энергии на 13 % [1],
- внедрение автоматики в ППТ способно привести к экономии теплоты в объеме 15 – 20 % в жилых зданиях и 30 – 40 % – для общественных зданий [2],
- оплата за отопление по приборам учета вместо оплаты по договору способна уменьшить платежи на 25 – 27 % [3].

При нынешнем уровне разработки ЦСТО представляется целесообразным применение в ППТ следующих элементов автоматики:

- автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП) элеваторных узлов (стабилизация температуры теплоносителя за элеватором, количественное регулирование),
- контроль давления и температуры теплоносителя до и после элеваторного узла,
- стабилизация перепада давления теплоносителя на элеваторе,
- контроль количества теплоты, поступающей в помещение, и его учет,
- стабилизация температуры воздуха в помещении, возможно, разной в разных помещениях,
- периодический (например, один раз в квартал) инструментальный телеконтроль строительных элементов здания,
- применение встроенных в АСУ ТП ППТ узлов, осуществляющих дополнительные функции, например, изменение заданной температуры воздуха в дневное и в ночное время,
- работа перечисленных выше технических средств в режиме совмещения с оборудованием системы “Умный дом“, одной из функций которой является кондиционирование воздуха в ППТ и другие.

Качество процесса использования зданием потребителя подаваемой в него теплоты следует поднять до современного высокого уровня требований, предъявляемых ныне в рамках прогрессивного подхода, принятого в мире. Есть основание полагать, что решение этой задачи целесообразно (по соображениям о рентабельности) решать на основе применения компьютерной технологии. Речь идет о применении специализированного комплекса электронных средств контроля, технической диагностики, регулирования, сигнализации, блокировки, защиты и др., подчиненных специализированному компьютеру. Первичные преобразователи, исполнительные

механизмы и другие узлы системы могут быть представлены аппаратурой разных систем, типов и уровней стоимости.

Представляет определенный интерес возможность сопряжения подобной АСУ ТП с элементами создаваемой в мире, упомянутой выше, системы “Умный дом“, где широкий ряд бытовых задач, и, прежде всего, поддержание заданных физических параметров воздуха в помещениях, обеспечивает комплексная система, построенная и действующая на основе применения компьютерной технологии.

Самостоятельный интерес представляет вопрос об особенностях автоматизации ППТ, которое расположено в здании старой постройки. Особенность состоит в том, что приходится учитывать состояние элементов сооружения в целом ветхого. В целях принятия верного решения по комплексу возникающих вопросов различного рода, необходимо тщательно проанализировать состояние каждого элемента и принять по нему соответствующее решение. Сделать это следует с учетом основных положений технической геронтологии [4, 5].

Выводы

1. Автоматизация управления процессом теплоснабжения ППТ позволяет существенно повысить его технологическую эффективность, в частности, степень экологического и социального совершенства.
2. Повышение технологической эффективности процесса теплоснабжения позволяет сократить удельный расход добываемого топлива.
3. Автоматизацию ППТ целесообразно создавать на основе использования компьютерной технологии.
4. Технологическая эффективность автоматизации ППТ тем выше, чем менее эффективно его функционирование в предшествующий период, чем шире масштаб примененной АСУ ТП и значительнее ее возможности.

Литература

1. Regeltechnik: Heizen soll weder unter- noch übertrieben werden (BPM Potsdam GmbH). VDI-Nachr. 2002, №47. С. 1 - 3.
2. Баранов В.В. Некоторые вопросы проектирования автоматизированных тепловых пунктов. (АОЗТ “СИНТО”, Москва, Россия) //Теплоэнергоэффективные технологии. 2002, №2. С. 44 – 47.
3. Автоматизированная система учёта и диспетчерского контроля энергопотребления УНПК ОрелГТУ. Качанов А.Н., Качанова Е.А., Куликов Р.Н. (Россия, Орёл, Орловский государственный технический университет) //Энерго– и ресурсосбережение – XXI век: Матер. 1 Междунар. Науч.–практич. интернет–конф, Орел, июль–нояб., 2002. Орел: Изд–во Орлов. Гос. техн. ун–та. 2002. С. 145 – 151.
4. Воинов А.П., Воинова С.А. Техническая геронтология и задачи повышения надежности котельно–топочных систем //Тез. докл. науч.–техн. семинара (1 – 3 нояб. 1999 г. Саратов) “Проблемы повыш. эффективн. и надежн. систем теплоэнергоснабжения“. – Саратов, СГТУ. 1999. С. 109.
5. Воинов А.П., Воинова С.А. Техническая геронтология в проблеме повышения технологической эффективности энергетического оборудования //Вісник Інженерної академії України. 2001. С. 76 – 77.

УДК 629.113

ПОЛИГОН ДЛЯ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НАГРУЖЕННОСТИ ПРИЦЕПОВ

Бажанов А.И.

(г. Одесса, Украина)

Firing ground for tensometrical trailers work-loads researches. Is Stated and construction of mobile firing ground for tensometrical work-load trailers.

Наличие информации о нагрузженности машин существенно сокращает время их доводки и постановки на производство. Особенно актуальна данная проблема применительно к оценке нагрузженности мобильных машин. Это обусловлено тем, что эксплуатационное нагружение мобильных машин носит случайный характер, имеющий сложные структуры, оценка которых возможна только экспериментальным путем [1..2].

На стадии проектирования мобильных машин (в дальнейшем машин) информации об их переменной нагрузженности обычно бывает недостаточно. Переменную нагруженность первых образцов машин оценивают в основном методом тензометрических исследований в типичных условиях эксплуатации. Машины обычно исследуются на специальных стационарных полигонах, где имеются типичные участки дорог и сложная тензометрическая аппаратура. Данная метода достаточно апробирована в разных странах мира, в том числе и в Украине [2]. Однако реализация ее требует значительных капитальных вложений, которые окупаются в течение десятилетий.

Применительно к нуждам заводов, выпускающих прицепы небольшой грузоподъемности, данная проблема может быть решена путем применения методических разработок, изложенных в этой статье.

Экономически целесообразно и методически корректно эта проблема может быть решена применением трех мобильных установок: мотора-редуктора с водилом 3, электростанции и тензометрической аппаратуры. Мотор-редуктор (МР) 1 (см. рисунок) монтируется на прицепе 2, имеющем устройства 9 для нивелирования и тягово-цепные устройства (ТСУ) 15 для фиксации испытуемых автотранспортных средств (АТС), в данном случае прицепов. В верхней части МР расположено устройство, которое с помощью водила 3 приводит в движение

прицеп 17. В центре устройства неподвижно закреплена телескопическая штата 10, внутри которой проходят кабели 11 электропитания МР и тензометрической аппаратуры. Мобильный источник электроэнергии — это передвижная электростанция 12, смонтированная на прицепе 13, оборудованном дизель-генераторной установкой. К борту прицепа 13 закреплена телескопическая штанга 14, предназначенная для передачи электроэнергии через кабель к штате 10 МР.

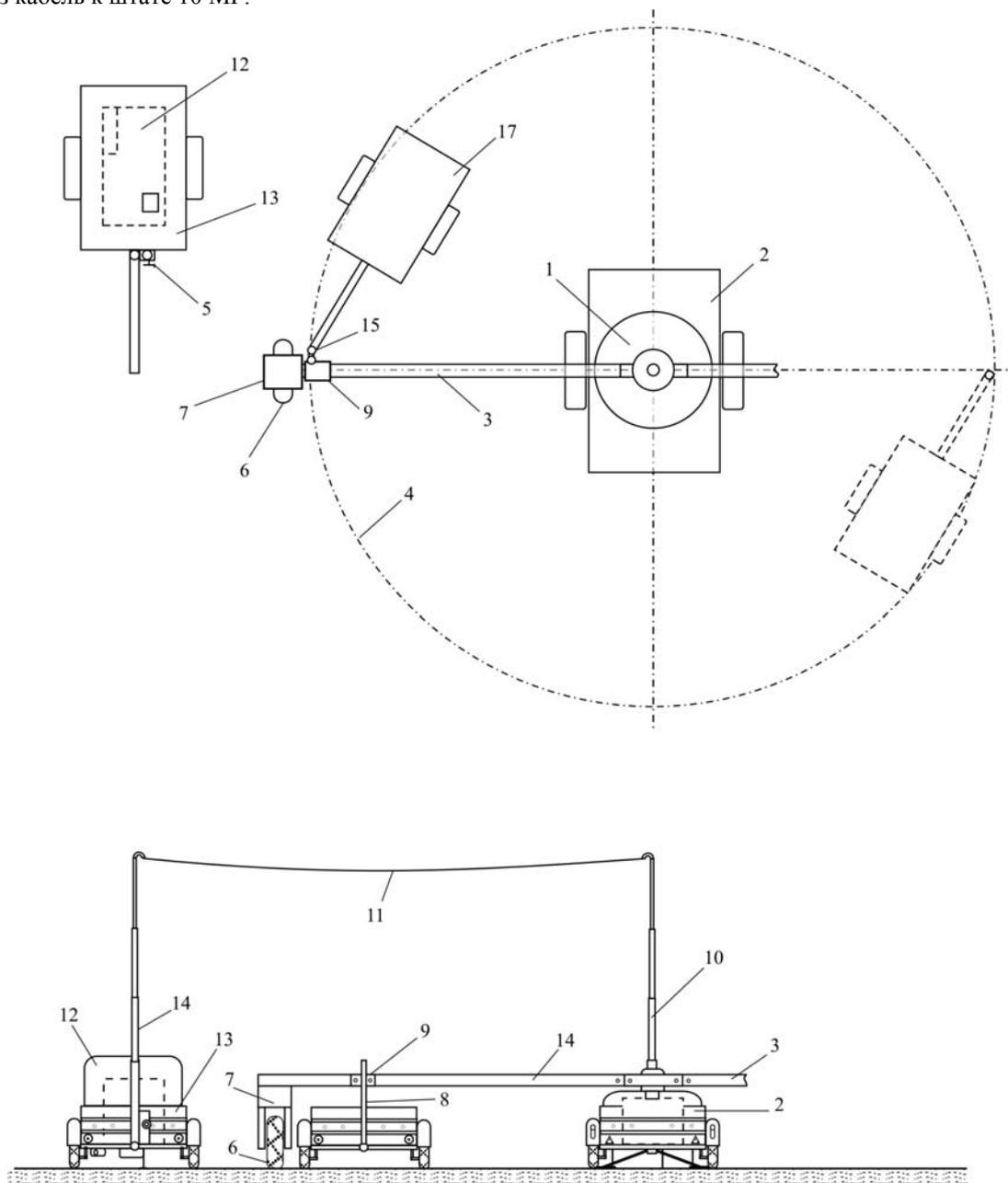


Рисунок. 1 — мотор-редуктор; 2 — прицеп мотора-редуктора; 3 — водило; 4 — траектория движения испытываемых прицепов; 5 — подъемник телескопической штанги электростанции; 6 — колесо; 7 — вилка; 8 — стойка; 9 — нивелир; 10 — телескопическая штанга мотора-редуктора; 11 — кабель; 12 — дизель-генератор; 13 — прицеп электростанции; 14 — штанга электростанции; 15 — шар ТСУ

Водило МР представляет собой жесткую телескопическую штангу трубчатого сечения, на конце которой закреплено опорное колесо 6. Рядом с опорным колесом крепится стойка-имитатор ТСУ 8 автомобиля-тягача, буксирный шар ТСУ 15, в случае необходимости, можно установить на различном расстоянии от МР. Движение прицепа осуществляется в любом из направлений. Во время проведения исследований одновременно имеется возможность испытывать все навесное электрооборудование прицепов.

Для съема информации о нагруженности на прицепе устанавливаются тензопреобразователи, датчики ускорений, датчики сил и другое оборудование рекомендованное [1, 2].

Согласно техническому заданию определяют типичные условия эксплуатации и принятые решения о нагружении прицепов.

На основе различных сочетаний режимов нагружения и продолжительности их действия образуются вари-

анты использования прицепа [1].

С учетом этой концепции подбирают участки дорог с типичными микро- и макропрофилями. Затем устанавливают мобильное оборудование и проводят тензометрические исследования нагруженности. Продолжительность записей процесса нагруженности определяют исходя из рекомендаций изложенных [1].

Расчет долговечности по результатам тензометрических исследований целесообразно выполнять на основе гипотезы линейного суммирования повреждений Палигрена-Мейера. Учитывая, что для мобильных машин измерения амплитуды полных циклов переменных напряжений лучше всего описываются двухпараметрическим распределением Вейбула [2], расчет долговечности (T) представляется целесообразным выполнять по формуле [2]:

$$T = \frac{N_0 \sigma_{-lg}^m}{h_0 \Gamma\left(\frac{n}{2}\right) a^m},$$

где N_0 - параметр степенного уравнения кривой усталости; σ_{-lg} - предел выносливости металлоконструкции; h_0 - среднее число циклов в единицу времени; $\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)$ - Гамма-функция; a - коэффициент, равный отношению значения нижней границы суммирования повреждений к пределу выносливости σ_{-lg} .

Применение изложенного в статье метода и оборудования позволяет значительно сократить время и затраты, необходимые для оценки нагруженности и ресурса за счет сокращения затрат на создание различных типовых участков дорог и применения кабельного способа передачи информации с объекта исследования на регистрирующее устройство, которое, по сравнению с радиотелеметрическим, на порядок дешевле.

Конструктивно-методические разработки апробирования предложены институту — полигону мобильной техники (ИНПОМТ).

Таким образом, изложенные в статье предложения могут найти применения на заводах-изготовителях при создании прицепов и другой мобильной техники.

Литература

1. Дмитриченко С.С. Анализ нагруженности элементов машин. — М.: Машиностроение, 1977.
2. Панкратов Н.М., Боровский Н.Д. Ускоренные испытания мобильных машин и их элементов, Одесса, Черноморье, 1998.

УДК 621.923

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Дудин А.Т.

(г. Евпатория, Украина)

In work new perspective designs of automobile engines are described.

Автомобиль, работающий на воде, - это возможно уже сегодня

Известны конструкции автомобильных двигателей, работающих на водороде. Водород поступает в двигатель из специального баллона.

Известно также техническое решение, согласно которому водород окисляется кислородом воздуха на мембране с катализатором, вырабатывая электрический ток.

Недостатком данных решений является то, что водород необходимо получать на специальных предприятиях. Заправленный водород, находящийся в специальном баллоне в жидком состоянии под большим давлением, представляет собой взрывоопасный сосуд, который требует транспортировки с особой осторожностью. Доставить его к автомобилю (если закончился в баллоне водород) достаточно проблематично. Для того чтобы исключить данные проблемы, предлагается весь цикл работы автомобиля обеспечить на воде.

В настоящее время это становится возможным благодаря тому, что решена проблема выделения водорода из промышленных газов с помощью палладиевого покрытия на тантале и других металлах. Также известно, что алюминиевый порошок при высокой температуре бурно реагирует с водой, выделяя большое количество водорода. Эта реакция дает в четыре раза больше энергии, чем сгорание такого же количества пороха.

Поэтому нами предлагается новое техническое решение, которое заключается в том, что в бак наливается вода, которая поступает в специальную камеру по трубке-змеевику (в котором она нагревается до температуры состояния перегретого пара 600-650°C термитной смесью, а затем водородной горелкой). Перегретый пар с температурой 600-650°C поступает в специальную реторту, в которую помещается легкоплавящаяся упаковка с алюминиевой пудрой, приготовленная в инертных газах или вакууме и смешанная с железным порошком без доступа воздуха. Поступивший в реторту перегретый пар вытесняет из нее весь имеющийся воздух и плавит упаковку, в которой находится алюминиевая пудра с железным порошком. В присутствии железного порошка, создающего свободный контакт, алюминиевая пудра будет интенсивно реагировать (при температуре 600-650°C) с кислородом, выделяющимся из перегретого пара, который, соединяясь с алюминием, образует окись

алюминия, освобождая при этом водород.

Зная, что кислород имеет сродство с магнитным полем, на реторту необходимо установить сердечники с катушками, образующими постоянные магниты с возможностью изменения полюсов. Постоянные магниты будут удерживать возле реторты и внутри ее кислород, способствовать разделению перегретого пара на кислород и водород, а при изменении полюсов встряхивать с помощью железного порошка алюминиевую пудру, обеспечивая более свободный доступ перегретого пара к каждой пылинке и более полное участие алюминиевой пудры в реакции окисления.

При разложении перегретого пара на кислород и водород затрачивается тепло, а при реакции алюминиевой пудры с кислородом тепло выделяется. Чтобы регулировать процесс выделения тепла, через стенки реторты проложены трубки теплообменника. Проходя через них, вода нагревается и поступает в бак, из которого идет на образование перегретого пара. С другой стороны, регулировка получения водорода осуществляется количеством поступающего в реторту перегретого пара. Все это осуществляется в автоматическом режиме с помощью термодатчиков, датчиков давления, пружинных клапанов, электроклапанов по принципу обратной связи, с контролем через ЭВМ. Поверхность реторты для выхода газа имеет микроотверстия, которые не могут забиваться алюминиевой пудрой и железными опилками, так как частицы их значительно больше диаметра отверстий. Кроме того, реторта постоянно во время движения автомобиля встряхивается, то есть освобождает внутреннюю поверхность от алюминиевого и железного порошка, а также изменяющееся магнитное поле на реторте позволяет приводить внутреннюю массу в движение. Перегретый пар в реторте разлагается на кислород и водород, кислород реагирует с алюминием, превращая его в окись алюминия. Освобожденный водород легче, чем водяной пар и кислород. Поэтому он устремляется вверх, проходя через отверстия реторты (отверстия вверху реторты всегда свободны от порошка алюминия и железа) и, поднимаясь в емкость над ретортой, проходит через палладиевые пластины на тантале, что также способствует выделению водорода. Кислород при этом стремится обратно к магнитным полюсам на реторте. Из сборной емкости водород с помощью инжектора подсаживается воздухом и направляется в цилиндр двигателя. Небольшая часть полученного водорода может использоваться для получения перегретого пара, сжигания смеси окиси алюминия с железом, а также подается в топливный элемент, где на мембране с катализатором окисляется кислородом, вырабатывая электрический ток, который обеспечивает работу ЭВМ, электромагнитов, электроклапанов, электронасосов, подзаряжает аккумуляторы.

В данном автомобиле вода превращается в перегретый пар, который реагирует с алюминием (вырабатывая топливо для перегретого пара), и, освобождая водород, который затем с воздухом в дозировке, регулируемой ЭВМ, подается в цилиндры двигателя внутреннего сгорания.

Обратная связь регулирует процесс реакции и количество вырабатываемого водорода, часть которого идет на обслуживание данного процесса. Реторта изготавливается из керамических материалов или из материалов, через которые проходит магнитное поле.

Теплообменник, где вырабатывается перегретый пар, работает как на поступающей воде, так и на поступающем паре.

На рис. 1 показана схема работы автомобиля на воде: 1 – бак с водой; 2 – клапан, регулирующий подачу воды в рабочий бак и поддерживающий уровень воды в рабочем баке; 3 – рабочий бак; 4 – камера получения перегретого пара; 5 – емкость, предназначенная для сбора водорода, куда помещается реторта и палладиевые пластины на тантале; 6 – реторта; 7 – электромагнит на реторте; 8 – теплообменник в стенке реторты; 9 – парораспределитель – трубка с отверстиями для выхода пара; 10 – загрузочная дверка с прижимной пружиной для замены реторты; 11 – палладиевые пластины на тантале для окончательного разделения водорода с кислородом; 12 – распределительный узел с насосом для подачи водорода к двигателю и в ресиверную емкость, в камеру получения перегретого пара и на мембрану для получения электроэнергии; 13 – ресиверная емкость для резервного заполнения водородом и для освобождения емкости по сбору водорода при замене реторты; 14 – стыковочные муфты для соединения подводящих трубопроводов с ретортой; 15 – клапаны – краны для регулирования подачи и замены реторты; 16 – распределительный узел для подачи водорода в камеру

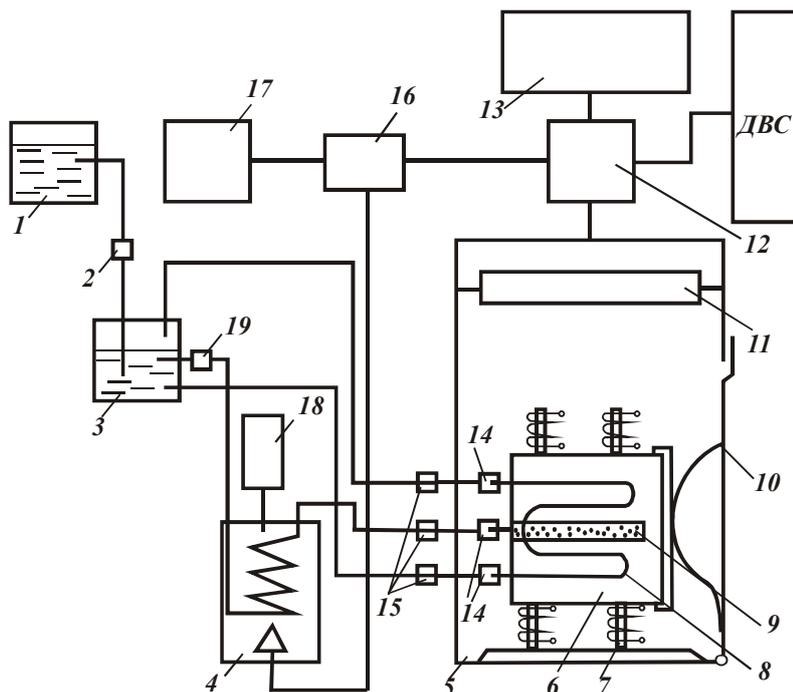


Рис. 1. Схема работы автомобиля на воде.

ДВС; 17 – бак с водой; 18 – теплообменник; 19 – клапан, регулирующий подачу воды в рабочий бак и поддерживающий уровень воды в рабочем баке.

и перегретого пара и подачи водорода на мембрану для выработки электроэнергии; 17 – мембрана для выработки электроэнергии; 18 – порошковый питатель камеры перегретого пара; 19 – обратный клапан.

Опишем схему в стационаре и в работе.

Бак для воды 1 через клапан 2 соединяется с баком для воды 3. Из бака 3 вода или пар (в зависимости от режима работы) подается в камеру получения перегретого пара 4. Камера получения перегретого пара 4 соединена через клапан – кран 15 и соединительную муфту 14 с ретортой 6, которая находится в емкости 5, предназначенной для сбора водорода. Реторта имеет электромагниты 7 и перераспределительную трубку 9. Через стенки корпуса реторты проходит из бака 3 вода по теплообменнику 8 через клапаны – краны 15 и стыковочную муфту 14 и возвращается в бак 3 через стыковочную муфту 14 и клапан – кран 15 в нагретом виде или в виде пара. Емкость 5 имеет загрузочную дверку с прижимной пружиной 10 для замены реторты, а также пластины с палладиевым покрытием на тантале 11.

Емкость 5 для сбора водорода соединена трубопроводом с распределительным узлом и насосом 12. Распределительный узел соединяется трубопроводом с ресивером 13 и трубопроводом с распределительным узлом 16, от которого идет подача водорода в камеру 4 (для подготовки перегретого пара) и мембрану 17 для выработки электроэнергии.

В камеру 4 вводится порошковый питатель 18. На трубопроводе из бака 3 к камере получения перегретого пара 4 устанавливается обратный клапан 19, обеспечивающий подачу перегретого пара в реторту 6.

Рассмотрим схему в работе. Для этого данную установку надо подготовить к работе. Закрываем клапаны – краны 15 и с помощью распределительного узла 12 с насосом удаляем из камеры 5 оставшийся водород. Запускаем в камеру 5 воздух, открываем загрузочную дверцу 10, заменяем реторту 6, отработанный порошок из реторты 6 высыпаем в порошковый питатель 18, а в емкость 5 с помощью соединительных муфт 14 устанавливаем реторту 6, загруженную плавящимися пакетами с рабочим порошком. Герметично закрываем загрузочную дверцу 10 на емкости 5, заливаем бак 1 водой. Через клапан 2 в баке 3 уровень воды выводим выше заборной трубки с камеры 4.

Через обратный клапан 19 вода поступает в камеру 4, где оставшийся водород с ресивера 13 через регулируемый узел 16 и порошковая смесь из питателя 18 прогревают воду до состояния перегретого пара (температура 600-650°C). После этого он через клапан – кран 15 поступает в реторту 6 по парораспределительной трубке 9. Водород из ресивера 13 через распределительный узел 16 поступает на мембрану 17, где вырабатывается электрический ток, который поступает на электромагниты 7, образуя постоянное магнитное поле. Пар, заполняя реторту 6, вытесняет из нее воздух и расплавляет упаковку пакетов с алюминиевой пудрой и железными опилками. Алюминий вступает в реакцию с паром, забирая кислород и освобождая водород, который поднимается через пластины с палладиевым покрытием на тантале. А кислород из воздуха и, вышедший из реторты, опускается к постоянным магнитам. Водород из емкости 5 с помощью распределительного узла и насоса 12 закачивается в ресивер 13, подается на мембрану 17 и в камеру 4. При нагреве реторты 6 до температуры, при которой количество образования водорода начинает бурно возрастать, а ресивер 13 заканчивает свое заполнение, вода из бака 3 через клапан – кран 15 поступает в змеевик 8 в стенке реторты 6 (где она нагревается). Уровень воды в баке 3 опускается и в камеру 4 из бака 3 поступает пар. В это время порошковый питатель 18 прекращает подачу термитной смеси в камеру 4, перегретый пар образуется за счет сгорания водорода, и газ подается с распределительного узла 12 на двигатель внутреннего сгорания. Контроль за работой установки выполняет ЭВМ с помощью термодатчиков, электрических клапанов, датчиков давлений, пружинных клапанов с осуществлением обратной связи.

Работа установки предусматривает после смены реторты 6 вакуумирование камеры 5 с целью освобождения ее от воздуха с помощью насоса в распределительном узле 12 и выброса воздуха в атмосферу. Но в этом случае в камеру 5 попадает некоторое количество пара, так как в реторте еще не расплавилась упаковка пакетов с порошком.

Оба варианта на работу установки отрицательного влияния не оказывают, так как объем камеры 5 небольшой, а объем ресивера 13 значительно больше и водород нагнетается в него под давлением. Весь процесс выработки водорода после заправки реторты 6 и бака 1 происходит в автоматическом режиме.

Возможность осуществления предложенного технического решения, основана на том, что автомобили, работающие на природном газе и водороде, уже известны давно.

Двигатель ПАВ

В истории развития техники известно изобретение – автомобиль, работающий на жидком азоте. Поршневой двигатель обеспечивает небольшую скорость движения автомобиля - до 35 км/час. Жидкий азот в 3-4 раза дешевле бензина, но менее эффективен, чем бензин. Хотя азот и кипит при температуре -147°C, но с понижением температуры окружающей среды его расход увеличивается. Поэтому стоимость эксплуатации двигателей, работающих на жидком азоте и бензине, примерно равная.

Известно также изобретение Мартина Маршиера на автомобиль, использующий вместо бензина сжатый воздух. Баллон 300 литров под давлением 330 атмосфер обеспечивает 200 километров пути. Недостатками данного двигателя являются относительно низкий коэффициент полезного действия (КПД)– 20% (у дизельного двигателя КПД - 25%) и невозможность до конца использовать воздух из баллона: поршень в двигателе не перемещается при достаточно большом остаточном давлении в баллоне.

Рассмотрим пути повышения КПД двигателя из "азотного автомобиля", уменьшения расхода азота на рабочий ход, более полного использования сжатого воздуха, повышения экологической чистоты двигателя.

Эффект достигается за счет того, что принципы работы двигателя на сжатом воздухе и работающего на жидком азоте совмещаются в одном двигателе. Кроме того, в работу этого двигателя вводится перегретый пар из специального баллона-термоса. Отработанные рабочие тела используются на вращение турбины динамомашин, вырабатывающей электрический ток. Ток подается на зарядку аккумуляторов, обслуживание компьютера и электромагнитных клапанов, с помощью которых осуществляется управление подачи рабочих тел в цилиндр двигателя. Отработанные рабочие тела также используются на термopарах для получения электрического тока, а пар используется для подогрева цилиндра и для подачи воздуха в цилиндр.

Работа предлагаемого поршневого двигателя характеризуется множеством вариантов. Поэтому рассмотрим некоторые из них.

Вариант 1. В двигателе на каждый рабочий ход подается попеременно новое рабочее тело: воздух – азот. К чему это приводит? Подавая в цилиндр сжатый воздух, а на следующий рабочий ход – жидкий азот, а затем снова на рабочий ход – воздух и на следующий рабочий ход – азот, достигается уменьшение расхода азота в два раза (учитывая, что сжатый воздух дешевле жидкого азота).

Вариант 2. В двигателе на каждый рабочий ход подается одновременно сжатый воздух и жидкий азот, что так же значительно сокращает расход азота и воздуха.

Вариант 3. Рабочий ход состоит из двух фаз: первоначально в цилиндр подается сжатый воздух и, когда поршень проходит часть пути, в цилиндр впрыскивается жидкий азот, который начинает кипеть, увеличивая мощность, передаваемую поршнем коленчатому валу. При одновременном использовании сжатого воздуха и жидкого азота происходит их более экономное расходование.

Вариант 4. Двигатель работает в зависимости от нагрузки и оптимального режима расхода рабочего тела или только на сжатом воздухе или на жидком азоте, чередуя такую последовательность.

Эффективно ввести в работу двигателя третье рабочее тело – перегретый пар из специального баллона-термоса.

Вариант 5. В двигателе на рабочий ход подается перегретый пар, который совершает рабочий ход, прогревает двигатель и поршень. После рабочего хода пар направляется на прогрев цилиндра с внешней стороны и на прогрев трубопровода со сжатым воздухом. На следующий рабочий ход в цилиндр подается сжатый воздух, который перед подачей в цилиндр нагревается отработанным паром. При этом расход сжатого воздуха на рабочий ход значительно меньше, так как он подогревается перед поступлением в цилиндр.

Цилиндр прогрет с внутренней и наружной стороны и в него на следующий рабочий ход подается жидкий азот. В результате попадания жидкого азота в “горячий” цилиндр происходит его интенсивное кипение, при этом расход жидкого азота уменьшается. При рабочем ходе от жидкого азота происходит охлаждение цилиндра, а при следующем рабочем ходе цилиндр нагревается от перегретого пара и таким образом цикл повторяется.

Вариант 6. В цилиндр одновременно подается сжатый воздух, перегретый пар и жидкий азот.

Вариант 7. Рабочий ход состоит из двух последовательных фаз: в первой фазе в цилиндр подается сжатый воздух, под действием которого поршень проходит часть пути. Во второй фазе в цилиндр подается жидкий азот. На следующий рабочий ход в первой фазе в цилиндр подается перегретый пар, а во второй фазе – жидкий азот. Такой цикл работы двигателя повторяется.

Вариант 8. Перегретый пар используется исключительно для нагрева сжатого воздуха на подводе к цилиндру, а двигатель работает на сжатом воздухе и жидком азоте аналогично приведенным выше вариантам.

Вариант 9. Двигатель работает в зависимости от нагрузки и оптимального режима или от сжатого воздуха, или от жидкого азота, или от перегретого пара.

Варианты работы двигателя могут быть и другие. Оптимальный режим работы двигателя в каждом конкретном случае выбирает компьютер.

Вариант 10. Рабочий ход состоит из трех фаз. В цилиндр последовательно подаются рабочие тела: перегретый пар, сжатый воздух и жидкий азот.

Вариант 11. Рабочий ход осуществляется сжатым воздухом, подогреваемым перегретым паром из специального баллона-термоса (с регулировкой температуры нагрева на оптимальный режим термостатом), и последующей подачей жидкого азота. Режимом подачи в цилиндр рабочих тел управляет компьютер через электромагнитные клапаны. Отработанные тела в цилиндре также с помощью компьютера и электромагнитных клапанов направляются на повторное использование: на вращение турбины генератора (динамо-машины), на термopары, на обогрев цилиндра и подаваемого рабочего тела, обеспечивая оптимальный режим работы на требуемую нагрузку.

Таким образом, эффект от применения предлагаемого двигателя, работающего на жидком азоте, состоит в том, что при его работе используются новые рабочие тела (сжатый воздух и перегретый пар, которые подаются в рабочий цилиндр в разных комбинациях или в определенной последовательности, а так же по отдельности). При этом можно использовать перегретый пар одновременно как рабочее тело, так и для обогрева цилиндра снаружи и подаваемого сжатого воздуха отработанным перегретым паром. Можно использовать перегретый пар исключительно для подогрева подаваемого сжатого воздуха, регулируя его температуру термостатом (терморегулятором). Оптимальный режим работы двигателя выбирает компьютер. Он же осуществляет подачу рабочих тел в цилиндр через электромагнитные клапаны. Отработанные тела в цилиндре двигателя также с помощью компьютера и электромагнитных клапанов направляются на турбину-генератор (динамо-машину), которая вырабатывает электрический ток. Ток обеспечивает зарядку аккумуляторов и термopар, подогрев цилиндра и прогрев подаваемого рабочего тела.

На предлагаемых рабочих телах могут использоваться разные двигатели: воздушные, паровые, двигатели внутреннего сгорания.

Пьезоэлектрический двигатель

Известно изобретение - электрогидравлический двигатель, который имеет обмотку – катушку и сердечник – поршень. По обмотке – катушке пропускается постоянный электрический ток, катушка втягивает сердечник – поршень, а поршень создает давление в цилиндре на жидкость. Недостатками данного двигателя являются: наличие обмотки – катушки, наличие сердечника, необходимость преобразования электрического тока в магнитное поле, взаимодействие электрического тока с гидравлической жидкостью через магнитное поле посредством обмотки – сердечника – поршня, зависимость частоты передвижения поршня от времени перемагничивания, большой объем двигателя, неиспользование обратимости электрогидравлического двигателя, сложность двигателя в изготовлении, обслуживании, эксплуатации и ремонте.

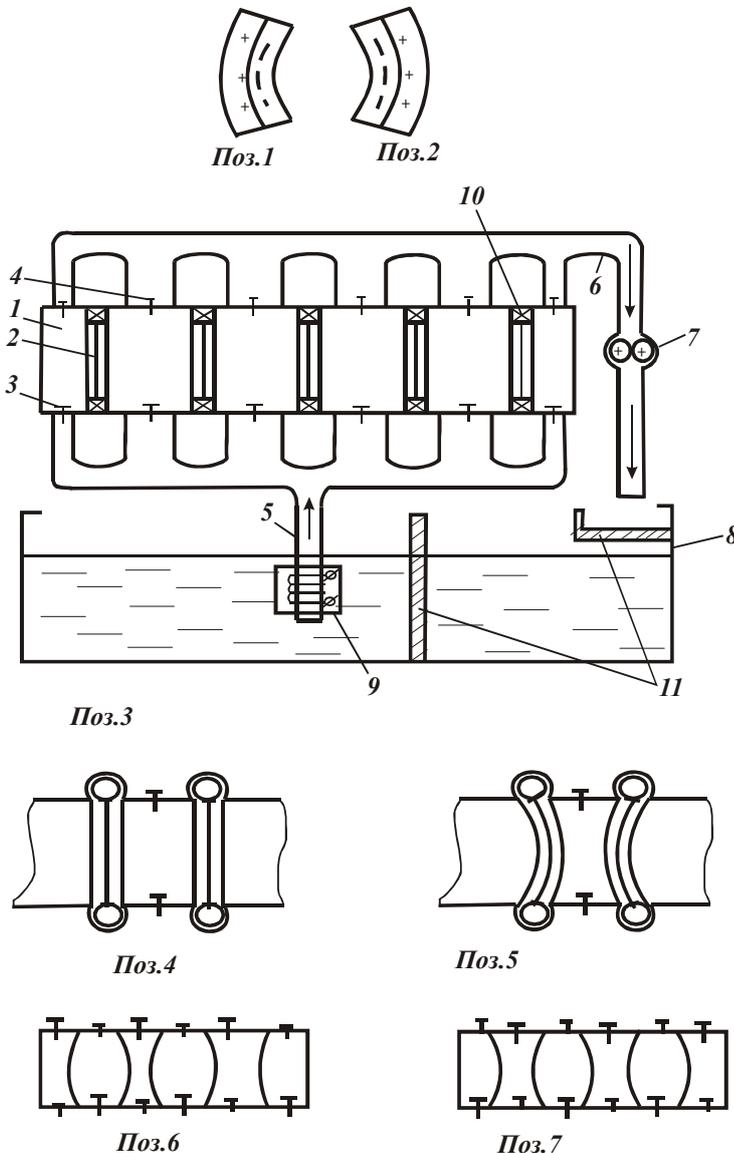


Рис. 2. Пьезоэлектрический двигатель.

двигателя: 1 – цилиндр; 2 – поршень из пьезопластин; 3 – всасывающие клапаны; 4 – нагнетательные клапаны; 5 – всасывающий трубопровод; 6 – нагнетательный трубопровод; 7 – шестеренчатый гидропривод; 8 – бак с гидравлической жидкостью; 9 – проточный электронагреватель на всасывающем трубопроводе; 10 – эластичные элементы, соединяющие пьезопластины с цилиндром; 11 – сетка-фильтр.

На позиции 4 показаны пьезопластины в шарнирном соединении с цилиндром без потенциалов на них.

На позиции 5 показаны пьезопластины в шарнирном соединении в работе выталкивают жидкость из цилиндра, всасывающий клапан закрыт, а нагнетательный – открыт.

На позициях 6 и 7 показаны схемы работы поршня и клапанов.

Работа двигателя состоит в следующем. При подаче на две пьезопластины поршня разных потенциалов, поршень становится выпуклым в сторону положительного потенциала и вогнутым в сторону отрицательного потенциала. Поэтому между поршнем и стенкой цилиндра или между двумя поршнями при смене потенциалов на пьезокристаллических пластинах изменяется объем цилиндра. При увеличении объема цилиндра происходит всасывание в цилиндр жидкости из бака. Всасывающий клапан открывается, а нагнетательный клапан закрывается. Жидкость заполняет цилиндр. При смене потенциалов на пластинах поршней объем в цилиндре уменьша-

ется. Развитием данного направления двигателестроения является разработанная нами и приведенная ниже конструкция пьезоэлектрогидравлического двигателя. Он состоит из цилиндра, клапанов (всасывающих и нагнетающих), поршней, в каждом из которых имеются две пьезопластины (пьезокристаллы). При подаче на пьезопластину минусового потенциала пластина сжимается, а при подаче на пьезопластину плюсового потенциала пластина увеличивается. Две такие пластины, соединенные вместе, при подаче разных потенциалов прогибаются в одну сторону, а при смене потенциалов прогибаются в обратную сторону.

На рис. 2 показан принцип работы и устройство пьезокристаллического двигателя.

На позиции 1 показаны пьезопластины (пьезокристаллы), на которые поданы разные потенциалы. Поршень принимает выпуклость влево в сторону положительного потенциала.

На позиции 2 показаны пьезопластины, на которые поданы разные потенциалы, противоположные позиции 1. Поршень принимает выпуклость вправо – в сторону положительного потенциала.

На позиции 3 представлена общая схема пьезоэлектрогидравлического

ется, всасывающий клапан закрывается, а нагнетательный клапан открывается, жидкость из цилиндра перегоняется в нагнетательный трубопровод и по нему направляется через шестеренчатый привод и сливается в бак. Через сетку-фильтр масло поступает на всасывающую трубу. Цикл повторяется.

Для оптимальной работы и поддержания вязкости на одинаковом уровне на всасывающем трубопроводе установлен проточный электронагреватель, который получает обратную связь от пьезопластин во время всасывания и через микропроцессор или компьютер включается и выключается. Гидравлический привод обеспечивает работу механизма. Гидравлический привод у данного двигателя может быть шестеренчатым разных конструкций (поршневым, винтовым, турбинным – в зависимости от назначения двигателя), а также может отсутствовать. Для перекачивания жидкости может применяться насос.

Пьезопластины крепятся к цилиндру двигателя через эластичные элементы или через шарнирные соединения, что обеспечивает им работу в поршне. Во всасывающую полость гидравлическая жидкость попадает через сетку-фильтр. Электронагревательные элементы автоматически включаются и выключаются для поддержания одинаковой вязкости. Клапаны автоматически открываются и закрываются от разницы давлений в трубопроводах и цилиндре. Частота движений (сокращений) поршня поддерживается автоматически через датчик от скорости вращения гидропривода. Скорость вращения гидропривода зависит от нагрузки.

Двигатель работает полностью в автоматическом режиме. Питание двигателя осуществляется от солнечных батарей, аккумуляторов, конденсаторов и других источников через электронную схему управления микропроцессора или компьютера.

Несмотря на малую поверхность поршней, двигатель достигает большой мощности благодаря высокой частоте движений поршней (мембран) и большому их количеству.

Пьезоэлектрогидравлический двигатель не имеет катушек-обмоток, не имеет сердечников. В двигателе не происходит преобразование электрического тока в магнитное поле, электрические потенциалы приводят в движение поршни непосредственно: поршень сразу соприкасается с гидравлической жидкостью. Поэтому КПД такого двигателя будет выше, на нагрев используется меньше энергии, отсутствуют потери в электромагнитных полях. Частота перемещения поршней не зависит от времени перемагничивания, а зависит лишь от смены потенциалов. Поэтому она в сотни раз выше.

Так как в двигателе отсутствуют обмотки и сердечники, а мощность зависит от частоты движений поршней, то объём данного двигателя на единицу мощности будет меньше.

Данный двигатель обратим. При вращении гидропривода (без подачи на пьезопоршневые пластины потенциалов) шестеренчатый гидропривод, продолжая вращаться от энергии машины, переходит в режим насоса, клапаны открываются под действием всасывания насоса, а поршни не совершают движений. Если при этом нижние всасывающие поршни или трубопроводы к ним через один закрывать и открывать, то в такт закрытию и открытию поршни будут прогибаться в объёме закрытого цилиндра, а на пластинах появятся потенциалы, которые используются для подзарядки аккумуляторов и конденсаторов.

Для этого необходимо ввести пластинчатые клапаны во всасывающие трубопроводы перед всасывающими клапанами. Этот клапан представляет собой пластину с отверстиями, которая проходит через всасывающие патрубки трубопровода по специальным направляющим и совершает возвратно-поступательное движение от коленчатого вала через шатун. Коленчатый вал приводится в движение от гидропривода через ременную передачу. Передача может быть и другой. При прекращении подачи потенциалов на пьезопластины поршня, через микропроцессор или компьютер включается привод на пластинчатые клапаны всасывающих патрубков и пьезодвигатель превращается в пьезогенератор. При использовании обратимых пьезодвигателей их КПД значительно возрастает.

Для увеличения обратимости, то есть перехода от режима двигателя в режим генератора, необходимо ввести пластинчатые клапаны и на нагнетательный трубопровод, которые закрываются и открываются в противополо-

жность на всасывающем трубопроводе.

Возможен и другой вариант с использованием пьезоэлектрических клапанов (рис. 3).

Подводя итоги, следует отметить, что двигатель работает в автоматическом режиме, микропроцессор или компьютер следит за источниками питания и автоматически подключает их на работу или зарядку, а так же переводит с одного источника питания на другой. Двигатель очень прост в устройстве. За ним большое будущее в автомобилестроении, так как он может рабо-

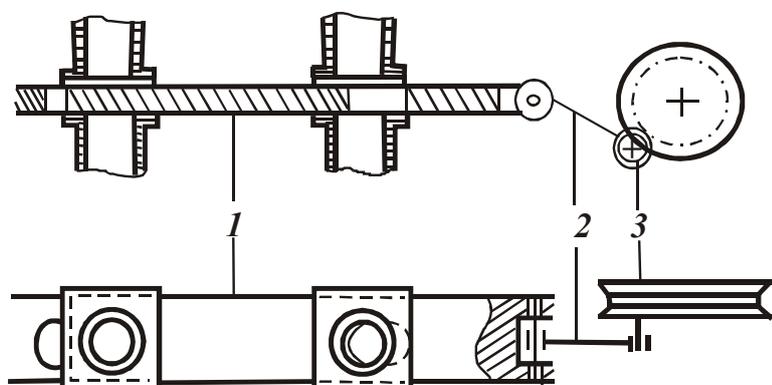


Рис. 3. Клапанная система пьезоэлектрического двигателя.

тать от солнечных батарей, переходить на аккумуляторные или конденсаторные батареи, заряжать их при торможении и движении с горы, подключаться к внешней электросети.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫХОДА НА РЫНОК ПРОМЫШЛЕННОЙ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Крюк А.Г., канд. техн. наук, Браташевский А.Ю., канд. техн. наук,
Дудко П.Д., канд. техн. наук
(г. Харьков, Украина)

The problems of creation of competitive industrial and intellectual production and conditions of their output (exit) on the market are considered.

Выход на рынок новых технологий и другой продукции осуществляется с помощью охранных документов. Охранными документами на новшества являются патенты, ноу-хау, товарные знаки и другие авторские права, коммерческая передача которых оформляется лицензионным соглашением. На товарную продукцию составляется сертификат [1].

Лицензирование осуществляется путем принятия заинтересованными сторонами лицензионного соглашения — договора, в соответствии с которым собственник изобретения, технологических знаний, опыта и секретов производства выдает своему контрагенту лицензию на использование интеллектуальной собственности. В соглашении определяются производственная сфера и территориальные границы использования предмета лицензии.

Последние годы в условиях глобализации последовательная интеграция государств в мировое экономическое сообщество требует целенаправленной политики по созданию государственной системы сертификации, стандартизации и метрологии. Эти системы обязаны отвечать основным принципам межгосударственных, а также международных, региональных и национальных систем. Стандартизация и сертификация, обеспеченные способами и методами измерений, есть неотъемлемая часть общественного производства и одновременно эффективный механизм управления качеством и номенклатурой продукции.

Сертификация в последнее десятилетие стала мощным средством как в международной, так и во внутренней торговле. Сертификация перерастает в норму торговых взаимоотношений любого уровня, но главным образом — в норму торговых сделок. Широкому развитию и внедрению сертификации способствуют две ее основные возможности — она является средством информации потребителей и может стать одним из наиболее эффективных средств правового регулирования торговых отношений, поскольку опирается на четко сформулированные и легко доступные для контроля нормативные документы. Объем работ и исследований, касающихся сертификации товаров, в последние годы растет лавинообразно.

Пристальное внимание проблемам сертификации уделяют такие организации, как Международная организация по стандартизации (ИСО), Международная электротехническая комиссия по сертификации соответствия электрооборудования (СЕЕ), Европейская экономическая комиссия ООН (ЕЭК ООН) и др.

Системы сертификации в зависимости от статуса могут быть обязательными и факультативными. В Украине различают обязательную и добровольную сертификацию. Системы сертификации, носящие обязательный характер, имеют место в тех случаях, когда стандарты в законодательном порядке становятся обязательными к применению. В связи с тем, что область обязательных к использованию стандартов в большинстве развитых капиталистических стран ограничена требованиями охраны окружающей среды, безопасности людей и сохранности имущества, здравоохранения и т.д., рамки систем сертификации с обязательным статусом этим и определяются. Конечно, область распространения обязательной сертификации выходит за рамки указанных требований. Это, например, вопросы удельного потребления электроэнергии для бытовых электрохолодильных установок, взаимозаменяемость и техническая совместимость некоторых видов продукции и пр. Очевидно, что с течением времени номенклатура продукции и ее характеристик, подлежащих обязательной сертификации, будет расширяться.

Маркетинг новых технологий должен обеспечивать не только продвижение на рынок новых продуктов или дополнительного количества прежнего продукта, которое может быть выпущено при использовании более производительных технологий, но и продвижение на рынок самих новых технологий, имея в виду в первую очередь продажу лицензий на изобретения и ноу-хау, заложенные в новый продукт или в технологический процесс, а также оборудование для его изготовления.

Маркетинг новых технологий сводится к маркетингу продукции, которая может быть выпущена с их использованием. Так, наилучшим способом убедить потенциального покупателя лицензии на новую технологию приобрести ее является проведение маркетингового исследования спроса на продукт по этой технологии и предоставление положительных документированных результатов такого исследования покупателю технологии. Конечно, при этом возможно намеренное преувеличение ожидаемого спроса на рассматриваемый продукт с целью обеспечения продажи лицензии, если ее оплата предусматривается в виде паушальных (единовременных, не зависящих от объема продаж продукта по лицензии) платежей. Такого не произойдет, если оплата лицензии будет осуществляться посредством регулярных (в течение длительного, до 5–7 лет) платежей, определяемых в зависимости от объема продаж лицензионной продукции [2].

Новые технологии, служащие предметом маркетинга, могут быть как профильными (для инновационных предприятий, не способных мобилизовать достаточные инвестиции для занятия всех потенциальных для новой промышленной продукции рынков и поэтому допускающих для себя продажу исключительных, с дележом рынков, лицензий на новые технологии), так и побочными (в этом случае вероятно продажа простых, без каких-

либо взаимных ограничений, или полных, с сохранением лишь права на использование технологии в дальнейших своих разработках и лицензирования).

Важнейшей составляющей маркетинга является реклама.

В передовых странах мира рекламной деятельности уделяется большое внимание и ею занимается специализированная отрасль экономики со значительным ассигнованием.

Реклама способствует улучшению качества товара, расширению производства (организации массового производства), реализации товара, процессу превращения товара в деньги. Ускоренному и успешному завершению процесса оборота средств, т.е. процессу воспроизводства на уровне предприятия. И, наконец, реклама является самым экономичным способом формирования и стимулирования спроса.

В заключение следует отметить, что выход на рынок продуктов, в том числе и новых технологий, осуществляется с обязательным их лицензированием. Причем новые технологии могут быть представлены в конечном пути их внедрения, то есть когда они приобретают новое качество и являются инновацией.

Литература

1. Статистика наук и инноваций. Краткий терминологический словарь / Под ред. Л.М. Гохберга. – М.: Центр исследований статистики и науки, 1996. – 560 с.
2. Системы технологий. Учеб. пособ. / Под ред. П.Д. Дудко. Харьков: ООО Изд. "Бурун Книга", 2003. – 336 с.

УДК 621.17

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОСТАБІЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ХОЛОДНО-ДЕФОРМОВАНОЇ СТАЛІ 25

Браташевський О.Ю., канд. техн. наук, Полякова А.Г., Горбачова Л.В.,
Польотов В.А., Каплуновський В.О.
(м. Харків, Україна)

The relation structure of hard-wrought steel 25 after metastabilishen allotropic transformation.

Відомо [1,2], що при нагріванні сталі з нерівноважним вихідним станом $\alpha \rightarrow \gamma$ перетворення починається при нижчих температурах, ніж у сталі з рівноважною вихідною структурою. Таке зниження A_{c1} зумовлено наявністю в структурі сталі дефектів кристалічної будови, які збереглися в процесі нагрівання до моменту початку утворення аустеніту, а тому залежить від складу сталі, ступеня нерівноважності структури, швидкості та умов нагрівання та ін., що вже дещо розглядалось в багатьох дослідженнях. Однак, питання утворення метастабільного аустеніту з точки зору уявлень про його тонку структуру нараз вивчено недостатньо, тоді як додаткові відомості в цьому напрямку дозволять виявити загальні особливості, властивості протіканню $\alpha \rightarrow \gamma$ перетворення при нагріванні сталей з нерівноважною вихідною структурою, і в кінцевім випадку більш правильно підійти до визначення технологічних параметрів механікотермічної обробки.

Тому метою даної роботи є дослідження початкових стадій утворення метастабільного аустеніту при нагріванні попередньо холоднодеформованої сталі.

Матеріалом дослідження була сталь 25, яку відполювали при 1200°C протягом 3 годин, а потім піддавали холодному прокатуванню ($\varepsilon = 50\%$). Температуру A_{c1} визначали за допомогою диференційно-термічного аналізу (ДТА), причому зразком дослідження була холодно-катана сталь, а еталоном – відпалена. У процесі запису диференційної кривої при нагріванні сталі оцінювали стадію фазового переходу, яка в даний момент реалізувалася в зразку, і проводили гартування цього зразка у воді, щоб зафіксувати ту структуру, яка відповідає даній стадії $\alpha \rightarrow \gamma$ перетворення. Зафіксовані таким чином стадії фазового переходу можна умовно на підставі даних кількісної металографії, навести як:

- а) стадія 1 – перетворення відбулося в $\approx 20\%$ перлітних зерен;
- б) стадія 2 – перетворення відбулося в $\approx 100\%$ перлітних зерен;
- в) стадія 3 – перетворення відбулося в $\approx 100\%$ перлітних і в $\approx 10\%$ феритних зерен.

Структуру сталі, загартованої в момент вказаних стадій, досліджували за допомогою оптичної та електронної мікроскопії, а також вимірюванням мікротвердості; при цьому для порівняння використовували структуру мартенситу, отриманого гартуванням попередньо відпаленої і холоднокатаної сталі від 900°C .

В результаті ДТА температура A_{c1} холоднокатаної сталі фіксувалася при температурі 697°C , що на 38°C нижча за аналогічну температуру відпаленої сталі (725°C).

Дослідження мікроструктури сталі, загартованої в момент вказаних стадій утворення аустеніту, дозволило виявити, що $\alpha \rightarrow \gamma$ перетворення починається переважно на границях перлітних зерен і розвивається вглибину них (стадія 1), про що свідчить розміщення ділянок пересиченого α -твердого розчину зустрічаються і на границях феритних зерен. Мікротвердість ділянок знаходиться в межах $900-1000\text{H}\mu$, що у чотири рази вища за твердість перліту ($259-260\text{H}\mu$) і у п'ять разів вища за мікротвердість фериту ($170-200\text{H}\mu$). Особливістю стру-

ктури ділянок пересиченого α -твердого розчину для стадії 1 є відсутність характерного для мартенситу голчастого рельєфу. Однак, рівень мікротвердості цих ділянок і електронно-мікроскопічні трансмісійні дослідження свідчать, що розглянуті ділянки пересиченого α -твердого розчину є мартенситом, тому назвемо їх мартенситними.

В подальшому розвитку $\alpha \rightarrow \gamma$ перетворення кількість мартенситу в структурі сталі збільшується і після гартування на стадії 2 ділянки мартенситу займають від 80 до 100% площі перлітних зерен. При цьому кількість ділянок мартенситу, які розміщені на границях феритних зерен, збільшується без помітної зміни їх розмірів.

Після гартування сталі на стадії 3 відбувається, в основному, збільшення загальної площі, зайнятої мартенситом без суттєвої зміни його структури в порівнянні зі структурою мартенситу, отриманого на стадії 2.

Тонка структура мартенситу попередньо відпаленої і холоднокатаної сталі, який було отримано гартуванням від 900°C, показала, що таке гартування сталі (як у випадку відпаленого вихідного стану, так і у випадку холоднокатаного) призводить до утворення пакетного мартенситу з приблизно однаковою шириною кристалів у пакеті, яка дорівнює 0,1-0,4 мкм. В окремих кристалах спостерігаються мікродвійники. В мартенситі попередньо відпаленої сталі кристали з мікродвійниками зустрічаються частіше, ніж в мартенситі попередньо холоднокатаної сталі. Це пояснюється тим, що в мартенситі попередньо холоднокатаної сталі переважно відбуваються процеси ковзання при релаксації напружень в межах кристалу мартенсита, що зумовлено дислокаційною структурою аустеніту такої сталі, яка є результатом наслідування дефектності вихідного стану при $\alpha \rightarrow \gamma$ перетворенні. Тому структура мартенситу попередньо холоднокатаної сталі відрізняється більш розвинутою дислокаційною структурою з високою щільністю дислокацій, яка сягає $\approx (4-6)^{10^{11}} \text{ см}^2$, у вигляді плямистого контрасту. Така структура пов'язана з утворенням упорядкованої, вельми щільної просторової решітки дислокацій у зв'язку з відбуванням в аустеніті релаксаційних процесів – вибудова рухомих дислокацій аустеніту в мало кутові границі.

Мартенсит, отриманий після гартування холоднокатаної сталі на першій стадії $\alpha \rightarrow \gamma$ перетворення, можна охарактеризувати як безструктурний – майже не спостерігаються чіткі границі між кристалами мартенситу і на електронно-мікроскопічних зображеннях областей мартенситної ділянки відсутні помітні розбіжності в контрасті, що свідчить про незначну розорієнтацію цих областей в межах певної ділянки. При цьому в структурі мартенситу першої стадії присутня велика кількість дислокацій у вигляді видовжених джгутоподібних накопичень, більшість з яких, безумовно, є підтвердженням наслідування аустенітом дефектної структури вихідного стану. Мікродвійники в мартенситних ділянках на даній стадії перетворення спостерігаються дуже рідко.

Після гартування сталі на стадії 2 поряд з безструктурним мартенситом спостерігаються ділянки пакетного мартенситу, в яких частіше, ніж у безструктурному, зустрічаються кристали з мікро двійниками. Дислокаційна структура ділянок безструктурного мартенситу суттєво не відрізняється від субструктури мартенситу стадії 1, а ділянки пакетного мартенситу мають майже таку ж дислокаційну структуру, як і мартенсит, отриманий гартуванням від 900°C попередньо холоднокатаної сталі.

На стадії 3 мартенсит, розташований на місці бувших перлітних зерен, є повністю пакетним, а ділянки безструктурного мартенситу відсутні. При цьому помітно зменшилося, у порівнянні з пакетним мартенситом стадії 2, число кристалів з мікродвійниками. Дислокаційна структура такого мартенситу має характерний плямистий контраст, як і у випадку мартенситу, отриманого гартуванням від 900°C попередньо холоднокатаної сталі, однак зустрічаються кристали мартенситу з дислокаційними побудовами регулярного характеру. Мартенситні ділянки, розміщені у феритних зернах, також можна характеризувати як пакетний мартенсит, але не на стільки наявний, як мартенсит, розміщений на місцях бувших перлітних зерен. У той же час в структурі мартенситу, розміщеного у фериті, не спостерігаються двійники і дислокаційні утворення, які характерні для субструктури мартенситу, розміщеного на місці перліту.

Структура фериту і перліту, які не мали перетворення під час розглянутих вище стадій утворення аустеніту, свідчить про полігонізацію в перліті, а у фериті – про початкову стадію рекристалізації. При утворенні аустеніту в перліті, а потім і у фериті, вказані релаксаційні процеси отримують подальший розвиток. Однак навіть на стадії повного перетворення перліту і частково фериту у феритних зернах спостерігаються ділянки з дислокаційною структурою, яка схожа на комірчасту структуру холоднодеформованої сталі, хоча й з меншою щільністю дислокацій.

Слід визначити, що на стадії утворення перших порцій аустеніту (стадія 1 – у перліті і стадія 3 – у фериті), коли в структурі загартованої сталі продуктом розпаду γ -фази є безструктурний мартенсит, ділянки матриці, в яких розміщуються зерна цього мартенситу, характеризуються значною дефективністю; і процесів розміщення (полігонізація та рекристалізація) не спостерігається. В той же час з розвитком $\alpha - \gamma$ перетворення, коли продуктом розпаду аустеніту є пакетний мартенсит, в структурі матриці, що граничить з зернами мартенситу, спостерігаються не тільки дислокаційні скупчення, як у першому випадку, але й сліди в ній процесів розміщення. Тобто, дефективність структури вихідного стану, яка збереглася до моменту $\alpha \rightarrow \lambda$ перетворення, впливає тільки на процес зародження γ -фази, тоді як ріст створеного аустеніту відбувається як за рахунок розміщення ділянок матриці, так і за рахунок ділянок з дефектною структурою.

Крім того, зерна безструктурного мартенситу мають загальний напрямок з феритною матрицею, яка є доволі, при розорієнтації в азимутальній площині на кут 30°, а орієнтація зерен пакетного мартенситу відносно матриці довільна, що свідчить про кристалографічне упорядкування (бездифузійно) зародження аустеніту в дефектній структурі сталі з наступним зростанням α - фази за допомогою дифузії, при умові, що ферит розмі-

щений поблизу мартенситу, має таку ж орієнтацію, як і ферит $\alpha \rightarrow \lambda$ перетворення, тобто ферит, котрий знаходиться на місці даного мартенситного зерна.

На підставі орієнтаційного зв'язку між безструктурним мартенситом і феритною матрицею можна припустити, що при кристалографічному упорядкуванні зародження аустеніту в дефектній структурі сталі, а також при його розпаді в процесі гартування можлива реалізація орієнтаційного відношення Курдюмова-Закса.

Висновки.

1. Метастабільний аустеніт починає утворюватися на границях перлітних зерен, як в місцях з найбільшою дефектністю структури.
2. Процес зародження метастабільного аустеніту в дефектній структурі сталі відбувається кристалографічно упорядковано, тобто бездифузійним шляхом, а ріст утвореної γ - фази за рахунок дифузії.
3. Розпад метастабільного аустеніту при гартуванні сталі здійснюється з утворенням на початкових стадіях $\alpha \rightarrow \gamma$ перетворення безструктурного, а подалі з розвитком перетворення пакетного мартенситу.

Література

1. Браташевський О.Ю., Горбачова Л.В., Полякова А.Г., Польотов В.А. Положення критичної точки A_{c1} після холодної прокатки сталі 25.
 2. Balarin M., Shenk M.P., Phys. Stat. Sol., 1966, 17, 91.
-

3. РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 539.3

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АНАЛИЗА И СИНТЕЗА МОДЕЛЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ СЛОЖНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ: МЕТОД КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ГОЛОГРАФИЧЕСКАЯ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯ

Ткачук Н.А., докт. техн. наук, Кохановский В.И., канд. техн. наук,
Ткачук А.В., Капустин А.А., канд. техн. наук
(г. Харьков, Украина)

The hardware-software complex for the analysis and synthesis of models of the complicated mechanical systems elements is offered. The complex realizes a numerical-experimental method of researches. In a basis is the generalized parametrical approach and the specialized researching systems.

1. Состояние вопроса. Основные требования к инструментальным средствам численных исследований элементов сложных механических систем.

Для современного состояния численных методов, программного и аппаратного обеспечения для исследования, анализа и синтеза элементов сложных механических систем с учетом напряженно-деформированного состояния характерны: высокая степень развития математических моделей для исследования различных физико-механических процессов; наличие формального аппарата численного решения возникающих задач (методы, алгоритмы); большое разнообразие программных пакетов, потенциально обладающие “практически неограниченными” возможностями для решения возникающих в реальных условиях задач. В то же время попытки построить “универсальные” инструментальные средства для решения задач, диктуемых потребностями современного машиностроения, упираются в ряд ограничений.

Прежде всего это ограничения *ресурсные*. Действительно, попытки решения задач выше средней сложности (например, со множеством зон контакта, связанные задачи, нестационарные динамические процессы, физически или геометрически нелинейные процессы деформирования, ударное взаимодействие) в интегрированных CAD/CAM/CAE-продуктах или даже в специализированных CAE-системах требуют зачастую таких объемов ресурсов, которые в распоряжении исследователей отсутствуют. Это касается и времени решения, и объема оперативной памяти (зачастую не позволяют вообще “запустить” задачу), и объема дисковой памяти. Применение специализированных пакетов в данном случае не спасает в силу наличия у них целого ряда функциональных ограничений. В качестве одного из выходов можно опереться на специализированные системы автоматизированного анализа и синтеза элементов сложных механических систем [1-3]. При этом все равно требуемый объем ресурсов, уменьшаясь на порядок, остается существенным ограничительным фактором.

Вторым очень существенным ограничением является отсутствие *достоверных и сбалансированных* численных моделей исследуемых объектов. Это касается условий нагружения, граничных условий, условий сопряжения, типов конечных элементов и характеристик конечно-элементной сетки. Данные вопросы нельзя решить только внутренними средствами конечно-элементных пакетов. Необходимо опираться на возможности, которыми обладают экспериментальные методы. В работах [4-8] предложен качественно новый способ исследований, соединяющий в едином процессе расчетные и экспериментальные этапы. В качестве результата исследований выступают достоверные численные модели, которые дают возможность с уверенностью использовать их для последующих численных расчетов.

Решив упомянутые принципиальные методологические проблемы, исследователь сталкивается с практической задачей создания инструмента, реализующего предложенные подходы. Ниже описан процесс создания *специализированного программно-аппаратного комплекса* для расчетно-экспериментального исследования элементов сложных механических систем. К нему были предъявлены следующие требования: модульный принцип построения; наличие единой базы данных; открытость архитектуры; модифицируемость и расширяемость; максимальная автоматизация процессов исследований; “Настраиваемость на масштаб” возникающей задачи.

2. Структура и схема функционирования программно-аппаратного комплекса.



Рис. 1. Общая схема анализа и синтеза элементов сложных механических систем (на примере элементов технологической оснастки).

Рис. 2. Структурная схема системы автоматизированного расчетно-экспериментального исследования.

Предложенная технология исследований реализована в виде специализированного программно-аппаратного комплекса (рис.1). Используя единый формат данных, носители информации и единую технологию работы с информацией, на основе обобщенного параметрического подхода строится работа с моделями и массивами данных, представленная на рис.2. Рассмотрим функционирование отдельных звеньев созданного специализированного программно-аппаратного комплекса (СПАК) применительно к исследованию элементов технологической оснастки (ЭТО) для оснащения современных технологических систем.

Для обеспечения параллельного проведения исследований на всех этапах работ (параллельно с разработкой моделей, чертежей, оснастки и т.д.) необходимы или использование единой информационной базы для всех этапов работ, или разработка специальных процедур согласования структур данных на различных этапах. Это может быть осуществлено как в ручном режиме, так и путем создания специализированных систем автоматизированного проектирования, исследования и изготовления. Специализированные системы ориентированы на те или иные классы объектов. Для обмена информацией между этими системами и универсальными системами могут быть разработаны специальные форматы и программное обеспечение. В то же время некоторые системы (например, Pro/ENGINEER), обеспечивают единый формат хранения и обработки данных. Основой их функционирования является параметрический подход к пространственным, расчетным моделям и конструкторским документам. Естественным образом предлагается использовать параметрический подход, в частности, к построению и исследованию моделей даже без обеспечения сквозной цепочки ассоциативных связей в течение выполнения проекта создания той или иной сложной механической системы (рис.3). В параметрической модели определяющими параметрами могут быть как конструктивные размеры, так и силовые воздействия, технологические параметры, физико-механические свойства материалов и т.д., а также варианты конструктивных решений. Важно то, что при параметризации моделей исследуемых элементов соблюдается целостность конструкции при варьировании отдельных их параметров или наборов таких параметров. Параметризация также является основным шагом на пути применения того или иного метода оптимизации конструкции. В данном случае предлагается параметрический подход предложить для уточнения параметров достоверных численных моделей исследуемых элементов (типы конечных элементов, их размеры, зоны сгущения и т.д.).

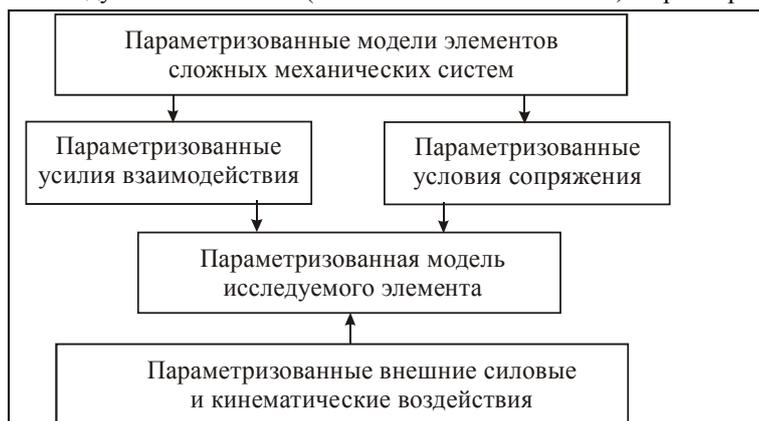


Рис.3. Параметризованные модели элементов сложной механической системы.

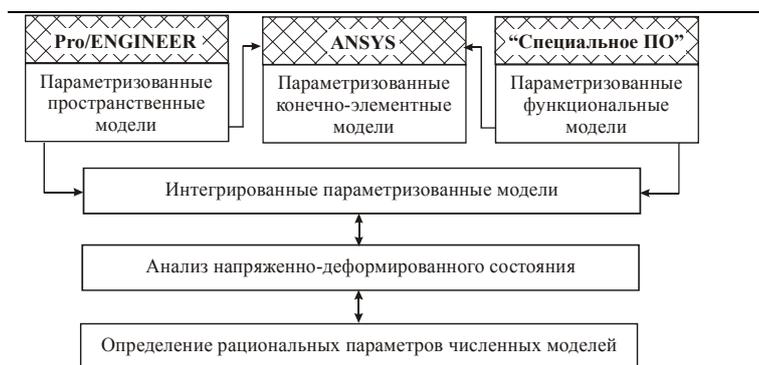


Рис. 4. Комплексная схема построения параметрических моделей для исследования напряженно-деформированного состояния элементов сложных механических систем.

Предложенный подход соединяет преимущества параметрического моделирования, универсальности и учета специфики исследуемых конструкций, специализированного программного обеспечения, а также классического метода конечных элементов. Полученные параметрические модели в соответствии со схемой, приведенной на рис. 2, используются для поливариантных расчетов напряженно-деформированного состояния ЭТО с целью определения парамет-

Существующие в настоящее время направления исследования механических конструкций можно разделить по типу используемого программного обеспечения (специализированное и универсальное), преимущества и недостатки которых обусловлены их структурой, сложностью и областью применения. Для устранения недостатков указанных типов программного обеспечения и объединения их преимуществ предлагается использовать интегрированные схемы исследований. Данные подходы объединяют универсальные САД-системы (например, PRO/ENGINEER), универсальные САЕ-системы (ANSYS), а также специальное ПО. Результатом работы всего указанного комплекса являются параметризованные конечно-элементные модели, которые позволяют оперативно производить построение баз данных и их модификацию для возникающих задач.

Использование специализированных программных модулей позволяет дополнить современные мощные компьютерные системы проектирования и анализа накопленным опытом, знаниями и учетом специфики проектируемых изделий. При этом объединяются тенденции универсализации, возможностей интеллектуализации моделей и специализации их направленности.

Таким образом, комплексная схема построения конечно-элементной модели эле-

ров достоверных численных моделей.

Предложенный подход позволяет устранить существующие недостатки традиционной технологии расчетных и экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния элементов сложных механических систем, а именно формализовать процесс сравнения, автоматизировать процесс улучшения численной модели и повысить оперативность всего цикла исследований на основе применения параметрических пространственных твердотельных и конечно-элементных моделей.

Взаимодействие отдельных модулей СПАК показано на рис.5. Как указывалось ранее, самостоятельную ценность имеют не только и не столько экспериментально проверенные результаты численных исследований, но и рационально сбалансированная достоверная численная модель объекта. Конечно-элементная модель сложного объекта может иметь также и большую коммерческую ценность. Кроме того, предложенная методика может быть положена в основу иерархической базы данных и знаний о том или ином классе объектов, причем объектами сравнения могут быть множества баз данных (как численных, так и экспериментальных). Здесь также могут быть введены соответствующие критерии улучшения модели, причем для сравнения могут быть взяты модели, полученные независимо из различных источников и в разное время.



Рис. 5. Взаимодействие модулей созданного СПАК на базе метода конечных элементов и спекл-голографической интерферометрии.

можно “уравнивать в правах” все типы моделей, выделив группу уточняющих моделей и уточняемую модель. Кроме того, возможна и постановка “смешанной” задачи, т.е. задачи, в которой объектом уточнения является множество параметров, представляющее совокупность параметров из различных типов моделей. В этом случае вместо уточняющих и уточняемых моделей (и их параметров) в качестве основных объектов выступают соответственно подмножества параметров. Более того, состав этих множеств может изменяться за счет “миграции” параметров из группы в группу.

Предлагаемый метод изучения напряженно-деформированного состояния элементов сложных механических систем допускает глубокую степень формализации, однако большую роль в процессе исследований играет сам исследователь (или группа исследователей). В его компетенции – определение, изменение (удаление, пополнение) множества параметров, а также границ их изменения, разрешение коллизий, а также текущий контроль за процессом. Это обусловлено, во-первых, невозможностью на данном этапе полной формализации предлагаемой технологии исследований, во-вторых, необходимостью исключения тупиковых ситуаций и, в-третьих, очень высокой стоимостью ошибки (неоправданное усложнение плана экспериментальных исследований может повлечь такой рост общей стоимости всего комплекса исследований группы или класса конструкций, что он превысит стоимость аналогичных работ по традиционному способу).

Предложенные схемы расчетно-экспериментальных исследований позволяют оперативно проводить *серии* исследований групп конструкций, причем наиболее трудоемкая часть, а именно экспериментальная, проводится в минимально возможном объеме.

Используя преимущества INTERNET-технологий, исследования с применением предложенного расчетно-экспериментального метода можно, во-первых, распараллелить (т.е. одновременно выполнять отдельные этапы

может быть положена в основу иерархической базы данных и знаний о том или ином классе объектов, причем объектами сравнения могут быть множества баз данных (как численных, так и экспериментальных). Здесь также могут быть введены соответствующие критерии улучшения модели, причем для сравнения могут быть взяты модели, полученные независимо из различных источников и в разное время.

Окончательным результатом исследования является достоверная численная модель для определения напряженно-деформированного состояния тех или иных объектов или классов объектов.

При решении поставленной задачи при помощи предложенного расчетно-экспериментального метода ее можно обратить: пусть имеется достаточно точный инструмент исследования численных моделей, однако существует сомнение в применимости тех или иных математических моделей. То же – на любом участке цепи “математическая модель – численная модель – экспериментальная модель с измерительной аппаратурой”. В этом случае можно определить структуру и параметры той или иной модели или определить область в пространстве варьируемых параметров, в пределах которой справедливы созданные модели.

Формально в процессе исследований

и подэтапы силами различных исследователей и исследовательских групп), а, во-вторых, разнести географически и хронологически. При организации сервера баз данных возможна также определенная организация хранения результатов исследований, позволяющая создавать банки данных по тем или иным группам конструкций. Придав таким базам данных свойства открытости и доступности, на определенной стадии их развития можно создавать “верификационные эталоны” для различных видов механических систем. Это в свою очередь позволяет создавать экспертные системы, само существование которых избавило бы от необходимости проводить большую часть экспериментальных исследований, поскольку перед предстоящим циклом исследований всегда была бы возможность обратиться к соответствующей (и все время пополняемой) базе знаний. Чем полнее и совершеннее эта база, тем больше вероятность получить необходимые рекомендации для построения достоверной численной модели исследуемой механической системы.

Естественно, что при проведении расчетно-экспериментальных исследований в предложенной постановке одним из требований является некоторая степень *избыточности* экспериментальных данных, которая позволяет повысить степень точности и полноты создаваемой численной модели.

Таким образом, предложенный подход позволяет устранить существующие недостатки традиционной технологии расчетных и экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния элементов сложных механических систем, а именно формализовать процесс сравнения, автоматизировать процесс улучшения численной модели и повысить оперативность всего цикла исследований.

3. Состав программного и аппаратного комплексов. При оснащении создаваемого программно-аппаратного комплекса программным обеспечением учитывались следующие факторы: максимальные функциональные возможности программного обеспечения; беспрепятственность обмена данными; соответствие потребностей программного обеспечения возможностям аппаратного обеспечения; возможность использования лицензионного программного обеспечения в научных исследованиях и учебном процессе.

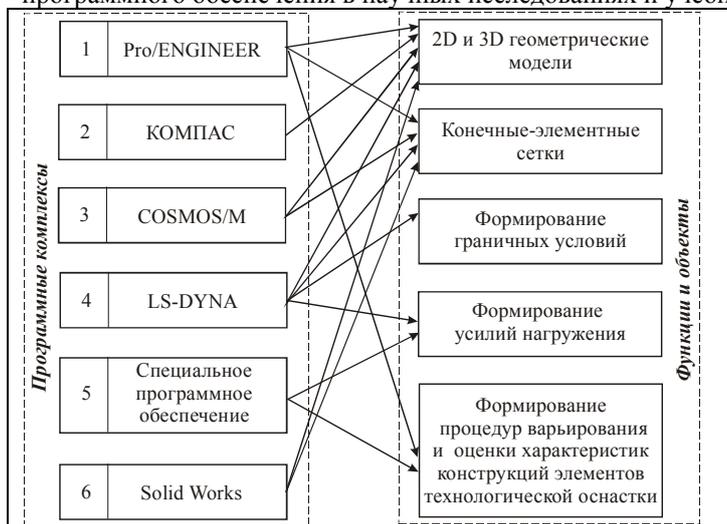


Рис. 6. Программные комплексы, их функции и объекты оперирования в создаваемом программно-аппаратном комплексе.



Рис. 7. Состав и функции элементов аппаратного обеспечения программно-аппаратного комплекса.

определения перемещений – до 0,1 мкм.

Для ввода графической информации в компьютер используется комплекс на основе Web-камеры, цифровых фотокамер HP и Olympus с фиксирующими матрицами 1 и 4 мегапикселей. Передача и хранение информации осуществляется при помощи перезаписываемых и записываемых оптических носителей информации емкостью 0,7-4,7 GB, а также накопителей на жестких магнитных дисках емкостью 1,1 TB.

В связи с этим в состав ПО были включены следующие программные комплексы (рис.6).

Для реализации всех возможностей разработанного и привлекаемого программного обеспечения при формировании аппаратного обеспечения созданного программно-аппаратного комплекса предъявлялись следующие требования: максимальное использование возможностей, предоставляемых ПО и операционными системами, на 32-разрядной платформе; сбалансированность отдельных звеньев аппаратного обеспечения и каналов передачи информации; унификация платформ и оборудования отдельных звеньев аппаратного обеспечения; сравнительно низкая стоимость. Комплексу данных требований отвечает аппаратное обеспечение, приведенное на рис.7.

Созданный программно-аппаратный комплекс обеспечивает расчетно-экспериментальное исследование напряженно-деформированного состояния элементов сложных механических систем практически любой степени сложности в короткие сроки. Так, объем оперативной памяти в 4 GB (вычислитель на базе процессоров XEON) позволяет размещать в оперативной памяти задачи, по объему соответствующие граничным возможностям операционной системы Windows и системы ANSYS для 32-разрядных платформ. При этом RAID-массивы накопителей на жестких магнитных дисках объемом 0,3 TB позволяют размещать сверхгромоздкие базы данных и оперативно их обрабатывать. Голографическая установка СИН-1 (см. рис. 7) дает возможность фиксации спекл-интерферограмм проектируемых элементов технологической оснастки, причем точность

Разделение задачи численных исследований на препроцессинг, решение систем уравнений и постпроцессинг позволяет эффективно использовать вычислительные ресурсы программно-аппаратного комплекса, привлекая на первый и третий этапы этого процесса компьютеры с более скромными требованиями к их техническим характеристикам и сосредотачивая всю вычислительную мощность, требуемую на втором этапе, на кластерной системе и двухпроцессорных рабочих станциях.

Особенностью созданного программно-аппаратного комплекса является блочно-модульная структура аппаратного обеспечения и программного обеспечения, способность к развитию и модернизации, универсальность.

4. Решение модельных задач. С использованием разработанного программно-аппаратного комплекса было проведено решение ряда тестовых задач. В частности, для апробации функционирования экспериментальной части ПАК было спроектировано, изготовлено и смонтировано устройство под условным названием “Краб” (рис. 8). Данное устройство позволяет проводить крепление и нагружение сплошных и перфорированных пластин, геометрия которых может быть достаточно произвольной. В частности, были спроектированы, изготовлены и исследованы сплошные и перфорированные пластины для имитации поведения базовых плит приспособлений и других объектов с особенностями геометрии. На рис. 9 приведены некоторые голографические интерферограммы, характеризующие деформированное состояние пластин при действии центрально приложенной внешней силы (имитировалось при помощи силового винта приспособления “Краб”).

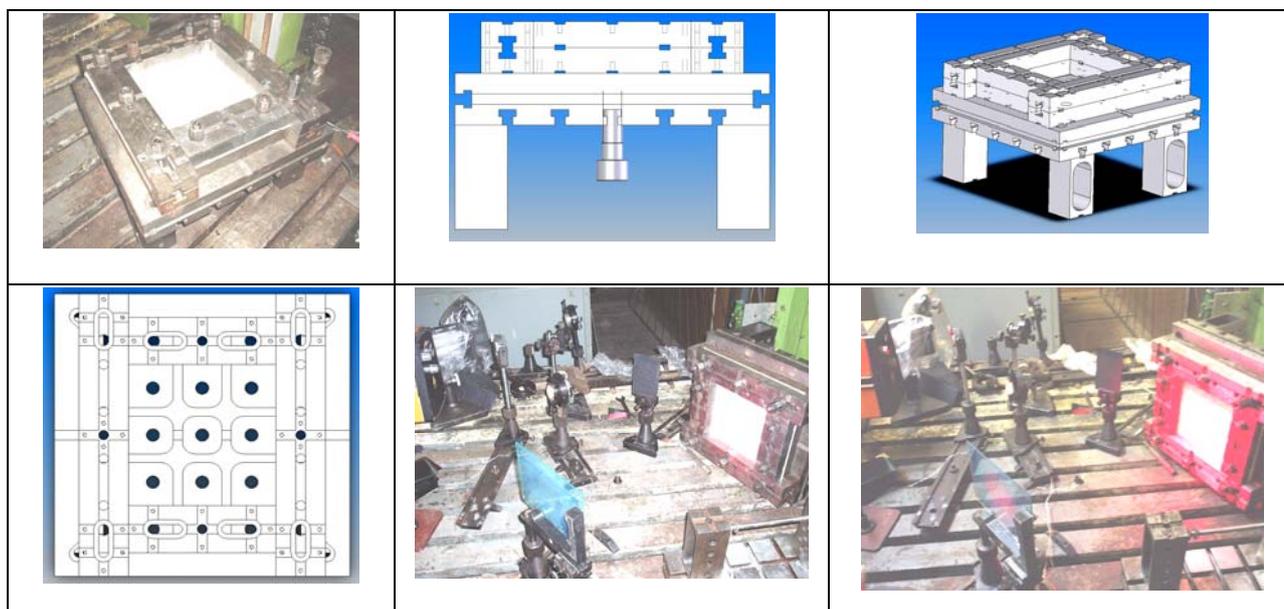


Рис. 8. Экспериментальное устройство “Краб”.

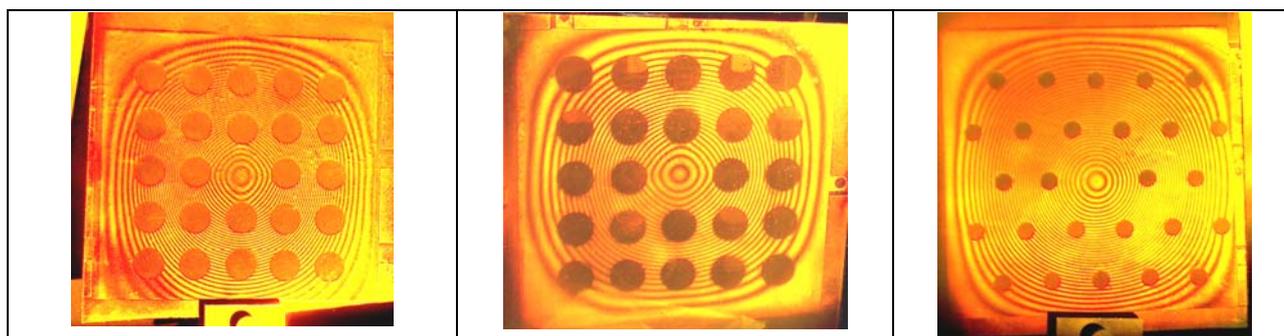


Рис. 9. Голографические интерферограммы тест-пластин

Параллельно с экспериментом проводился численный анализ напряженно-деформированного состояния данных пластин (рис. 10). Конечно-элементные модели тест-пластин приведены на рис. 11.

На рис. 12 приведены результаты количественного сравнения данных, полученных численно и экспериментально. Видно, что при уменьшении среднего размера конечного элемента конечно-элементные модели повышается точность результатов. Однако это приводит к значительному росту требуемых для расчетов вычислительных ресурсов. Таким образом, исходя из конкретных условий и требований, возникающих на практике, можно путем варьирования конечно-элементной модели обеспечивать необходимую точность численных моделей элементов технологической оснастки.

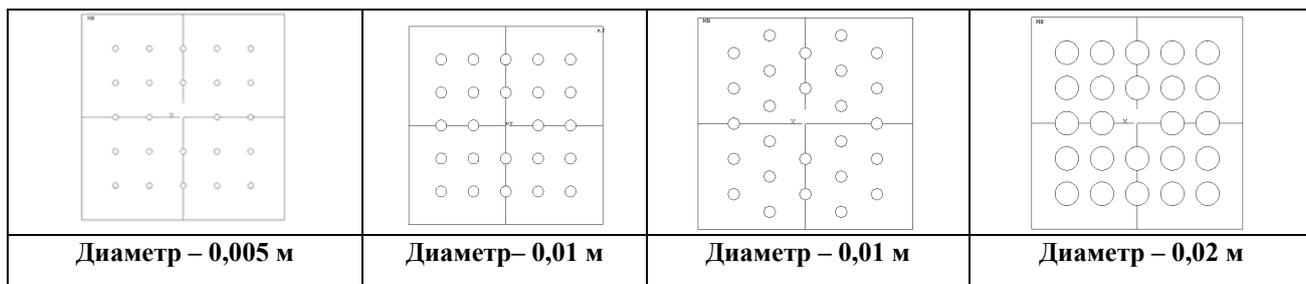


Рис. 10. Схема сплошных и перфорированных тест-пластин толщиной 2 и 4 мм, материал – Сталь 20Х, размеры по контуру закрепления – 0,18х0,18 м и варьируемым диаметром отверстий.

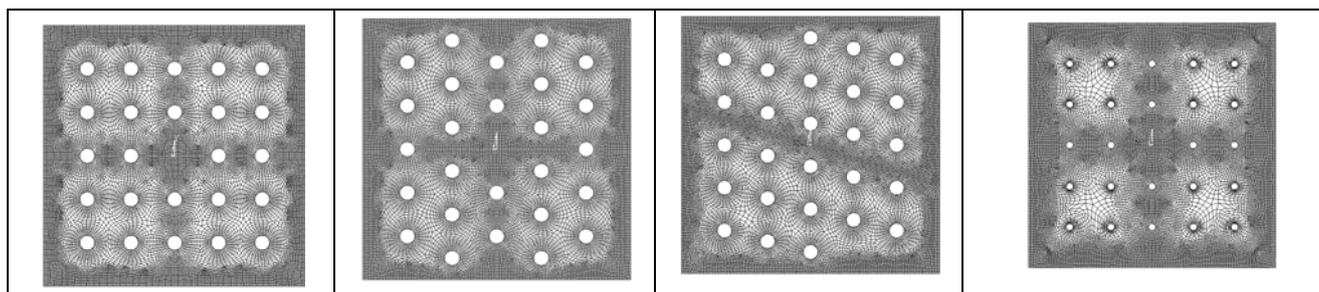
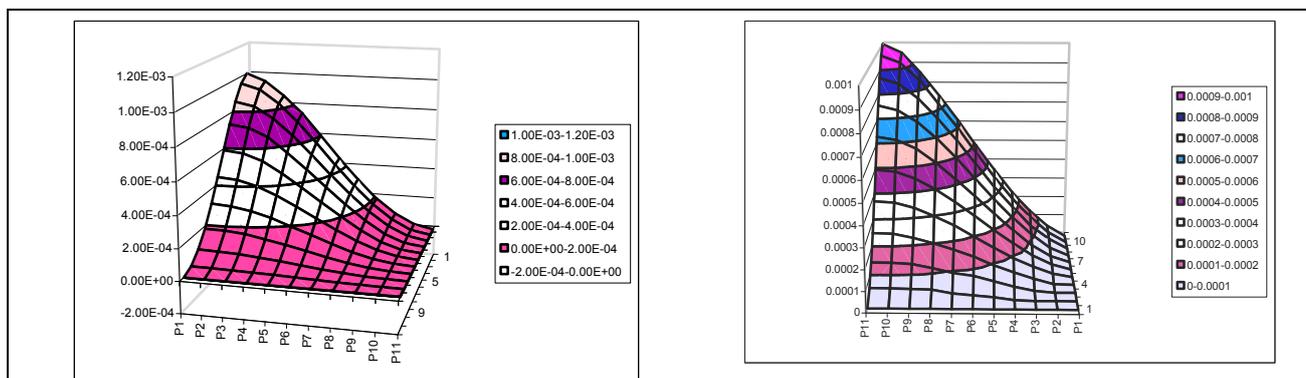


Рис. 11. Конечно-элементные модели тест-пластин.



Распределение перемещений в пластине, полученное численно и экспериментально

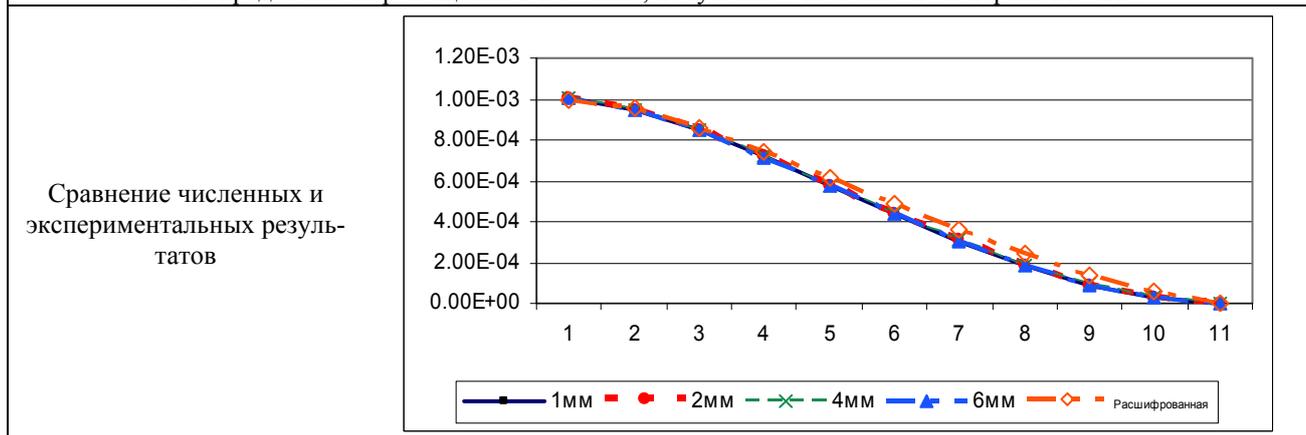


Рис. 12. Результаты численного сравнения экспериментальных и численных данных анализа напряженно-деформированного состояния тест-пластин (одна четверть).

5. Заключение. Проведенный комплекс расчетных и экспериментальных исследований подтвердил достоверность и точность работы отдельных модулей программно-аппаратного комплекса и позволяет сделать следующие выводы:

1. Предложенный подход к решению задачи синтеза численных моделей элементов сложных механических систем реализован в виде *сбалансированного* по составу, производительности, емкости аппаратного и программного обеспечения программно-аппаратного комплекса.
2. Разработанный СПАК дает возможность в автоматизированном режиме производить построение пространственных параметрических моделей и конечно-элементных сеток элементов исследуемых объектов

3. Исследователь в процессе расчетов и экспериментов имеет возможность корректировки процесса синтеза моделей на всех этапах исследований
4. Тестовые расчеты подтвердили высокую эффективность и точность разработанного ПАК.
5. Разработанный программно-аппаратный комплекс построен на базе соединения возможностей современных эффективных методов, технологий аппаратных средств и программных комплексов, что в совокупности создает качественно новую среду автоматизации расчетно-экспериментального исследования элементов сложных механических систем, в т.ч. технологической оснастки.

Таким образом, создан реальный мощный инструмент решения любых задач анализа и синтеза элементов сложных механических систем с обеспечением высокой точности и достоверности результатов. Этот программно-аппаратный комплекс развернут на базе центра «Тензор» НТУ «ХПИ» и является по сути первым в Украине специализированным программно-аппаратным комплексом с такими возможностями (Tensor.kharkiv.com, tenzor@online.kharkiv.ua).

Литература

1. Гриценко Г.Д., Малакей А.Н., Миргородский Ю.Я., Ткачук А.В., Ткачук Н.А. Интегрированные методы исследования прочностных, жесткостных и динамических характеристик элементов сложных механических систем // Механіка та машинобудування. - 2002. - №1. - С. 6-13.
2. Ткачук Н.А., Пономарев Е.П., Медведева А.В., Миргородский Ю.Я., Малакей А.Н., Гриценко Г.Д. Определение рациональных параметров элементов механических систем // Механіка та машинобудування. - 2001. - №1,2. - С.308-314.
3. Ткачук Н.А. Специализированные системы автоматизированного исследования прочностных и жесткостных характеристик элементов технологической оснастки // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Тематичний випуск: «Динаміка і міцність машин». Збірник наукових праць НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2003. – № 12. т.1. – С.166-171.
4. Ткачук Н.А. Интенсивная схема экспериментальных исследований элементов технологических систем. // Динамика и прочность машин. 1998. Вып. 56. С. 175-181.
5. Ткачук Н.А. Экспериментальное определение параметров конечно-элементных моделей // Механіка та машинобудування. - 1998. - № 1. - С.68-75.
6. Капустин А.А., Ткачук Н.А. Расчетно-экспериментальный метод исследования деформаций элементов механических систем // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – Харьков: ХГПУ – 1999. – вып.53. – С.148-155.
7. Ткачук Н.А. Элементы технологических систем: компьютерные модели, экспериментальные исследования, численный анализ прочности и жесткости // Вісник Інженерної Академії України. – Київ. – 2001. – № 3 (част.2). – С.297-302.
8. Ткачук Н.А. Расчетно-экспериментальное исследование элементов сложных механических систем // Труды Одесского политехнического университета: Научный и производственно-практический сборник по техническим и естественным наукам. – Одесса. – 2001. – Вып.5. – С.198-201.

УДК 539.3

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СКРЕБКОВ КОНВЕЙЕРОВ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Ковальчук А.Н., Кохановский В.И., канд. техн. наук, Липовецкий Л.С., Федоренко Г.Л.
(г. Харьков, Украина)

In the paper 3D simulation of intense-deformed state of conveyor scrapers was investigated during the process of their service.

В процессе функционирования конвейера наибольшему износу подвергаются скребки. Кроме того, избыточные нагрузки нередко приводят к поломке скребков. Выход из строя только одного скребка влечет за собой остановку конвейера и, как следствие, срыв нормы добычи угля. Таким образом, очевидна необходимость повышения прочностных характеристик скребка.

В зависимости от длины конвейера в него входят от 400 до 700 скребков. В различных конвейерах вес скребка колеблется от 8 до 45 кг. Уменьшение веса скребка позволяет улучшить условия его эксплуатации (монтаж, ремонт). При этом нужно сохранить прочностные характеристики скребков. Таким образом, уменьшение веса скребка с сохранением его прочностных характеристик является актуальной задачей.

В данной статье изложены результаты решения задачи оптимизации прочностных и весовых характеристик скребка конвейера. Результаты приведены на примере скребка конвейера СПЦ230. В тоже время полученная методика решения применима к скребкам любого конвейера.

Разобьем задачу определения параметров напряженно-деформированного состояния скребка в процессе проведения его испытания на прочность на две подзадачи:

- определение величины пробных нагрузок для скребка;
- оптимизация геометрических параметров скребка для снижения его массы с сохранением заданных характеристик прочности.

Исходными данными для задачи являются:

1. Геометрическая модель скребка, созданная в системе трехмерного моделирования «Pro/ENGINEER».
2. Программа и методика испытаний скребка.
3. Характеристики материала скребка: сталь 35ХГСЛ ГОСТ 977-88 литые, группа прочности КТ60 с последующей термообработкой (предел текучести $\sigma_m = 87,9$ кгс/мм²; временное сопротивление $\sigma_e = 98,7$ кгс/мм²; модуль упругости $E = 215$ ГПа; модуль сдвига $G = 84$ ГПа; коэффициент Пуассона $\mu = 0,5 * E / G - 1 = 0,28$. [1]).

Условия проведения расчетов были следующие:

1. Расчеты выполнялись методом конечных элементов в упругой постановке с помощью интегрированного с системой «Pro/ENGINEER» расчетного пакета «Pro/MECHANICA».
2. Расчеты выполнялись для трех схем нагружения. Учитывая симметрию скребка, в расчетной модели использовалась его половина. Расчетные модели скребка, созданные в Pro/MECHANICA согласно заданным схемам нагружения, представлены на рис. 1, 2, 3. В расчете по схеме нагружения скребка в составе тягового органа скоба, удерживающая звенья цепи, не моделировалась. Диаметральный зазор между ее резьбовыми концами и отверстиями в скребке составляет 2 мм, а в процессе моделирования в Pro/MECHANICA было установлено, что данный зазор под нагрузкой не выбирается и, следовательно, можно считать, что скоба в восприятии нагрузки участия не принимает.
3. Материал скребка принимался упругим с изотропными свойствами.
4. Для определения величины испытательной нагрузки было принято условие: в процессе проведения испытаний скребок не должен разрушаться или получать нежелательные дефекты (трещины), которые могут привести к его разрушению в процессе эксплуатации. Данное условие математически было сформулировано как отсутствие пластических деформаций в опасной зоне (ось симметрии паза под звено цепи на растянутых волокнах) и записано в виде формулы:

$$\sigma_{исп} = k * \sigma_m,$$

где $\sigma_{исп}$ - напряжения в опасной зоне при испытательной нагрузке; $k = 0,93$ – коэффициент запаса, принятый по результатам анализа механических свойств подобных материалов и представляющий собой отношение предела пропорциональности к пределу текучести.

Результаты расчетов получены следующие:

1. Характеристики напряженно-деформированного состояния скребка при заданных схемах нагружения и различных величинах пробной нагрузки. Результаты расчетов получены в виде цветных изображений полей эквивалентных напряжений по IV теории прочности.
2. Изучение скребков, разрушенных в процессе проводящихся в цехе программы натуральных испытаний, подтвердило достоверность результатов, получаемых на основании расчетов в Pro/MECHANICA.

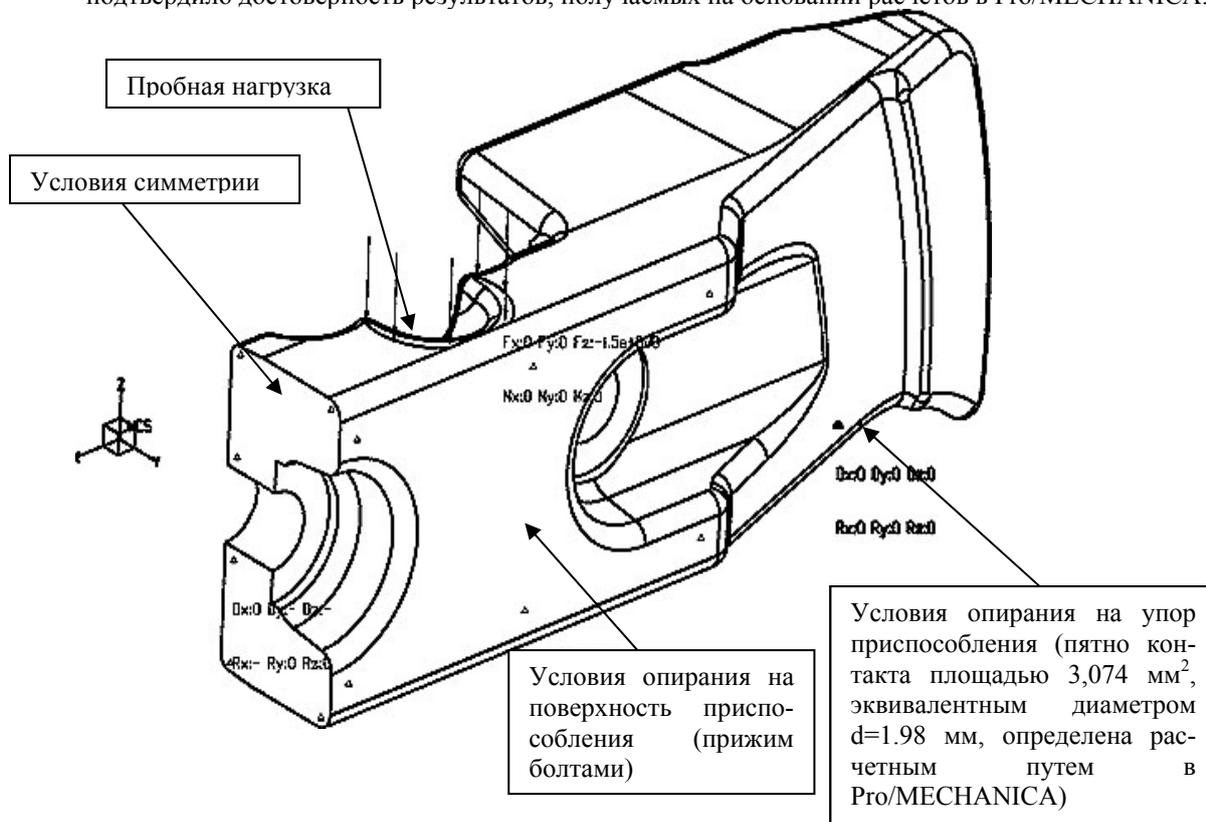


Рис. 1.

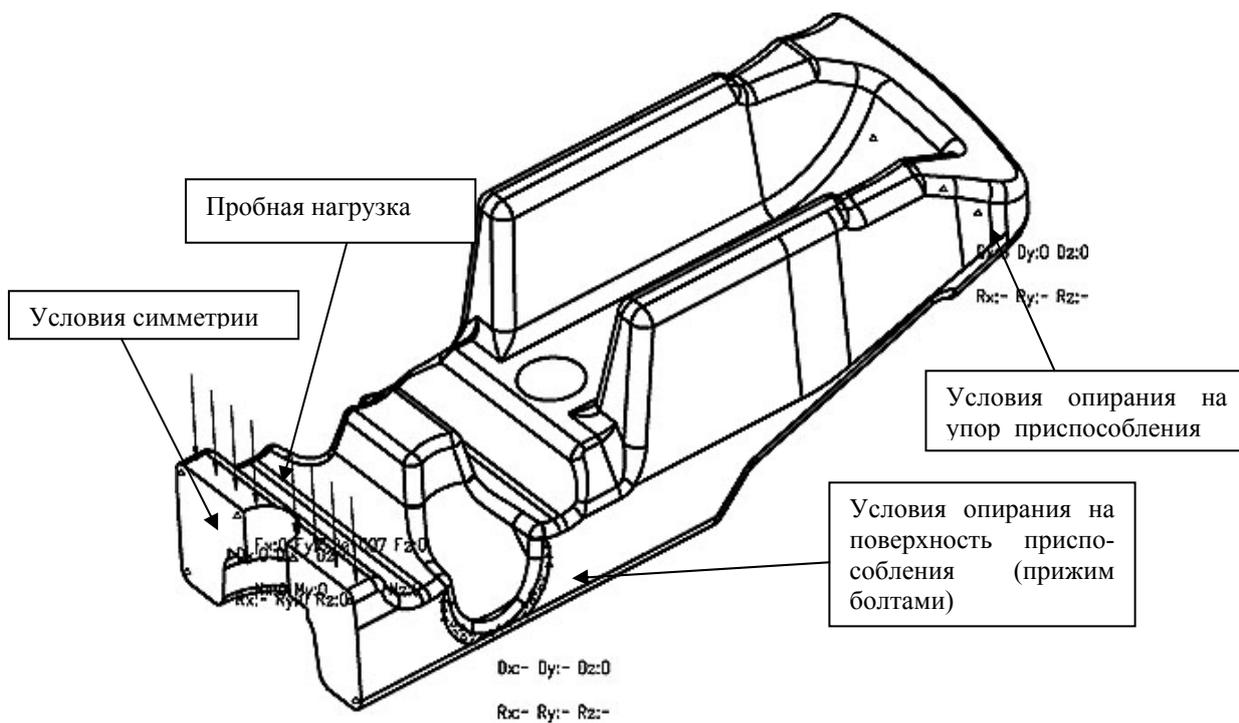


Рис. 2.

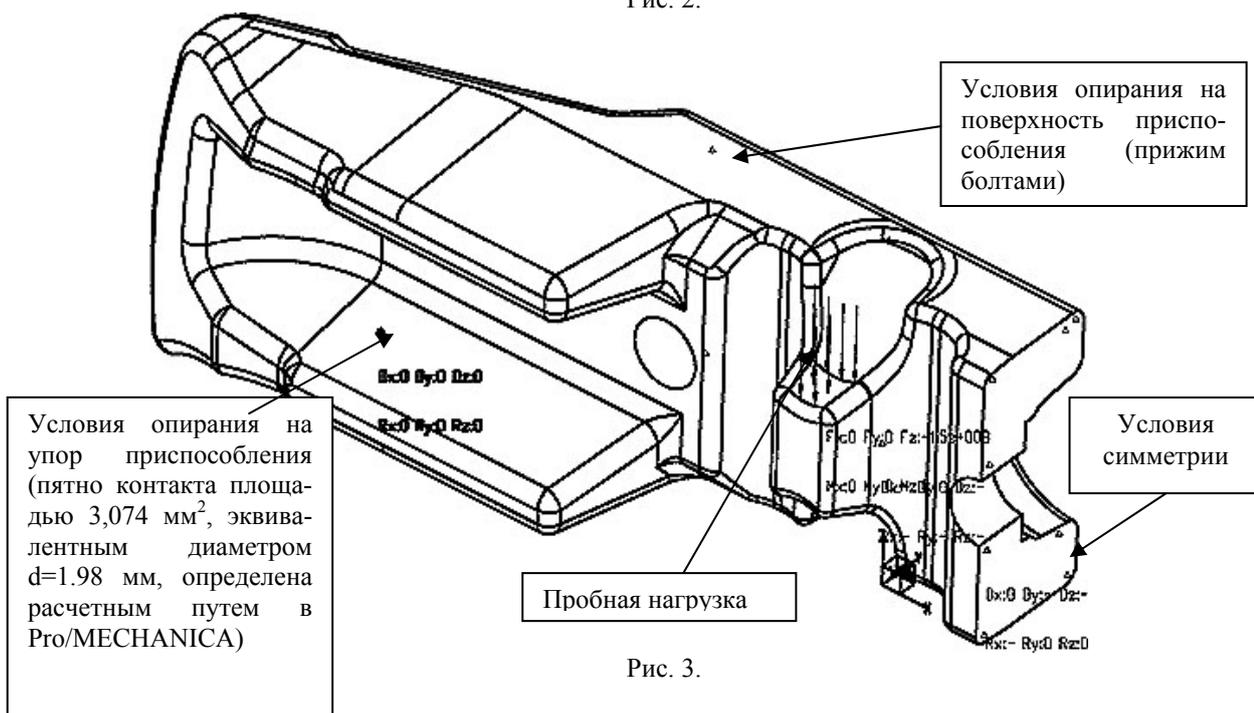


Рис. 3.

3. Определены максимальные величины перемещений и напряжений для скребка:

№	Схема нагружения	Нагрузка, кН	Максимальные перемещения, мм	Максимальные напряжения, кПа
1.	На прессе гидравлическом в приспособлении	300	0,9	8,88e ⁺⁰⁵
2.	На прессе гидравлическом в приспособлении	400	1,3	9,00e ⁺⁰⁵
3.	На прессе гидравлическом в приспособлении	500	1,6	1,00e ⁺⁰⁶
4.	Скребок собирается с отрезком цепи и закрепляется в приспособлении на разрывной машине	550	1,8	2,00e ⁺⁰⁶

4. Определены величины пробных нагрузок для скребка, соответствующие условию не появления пластических деформаций в опасной зоне:
- для схемы нагружения [2], рис. 1 - 300 кН;
 - для схемы нагружения [2], рис. 2 - 124 кН;
 - для схемы нагружения [2], рис. 3 - 300 кН.

Создан вариант облегченной модели скребка, не уступающий по прочности исходной модели. Масса облегченного скребка составляет 18,7 кг, что на 22% (5,2 кг) ниже по сравнению с исходным скребком (23,9 кг). Результаты расчетов облегченного скребка получены в виде цветных изображений полей эквивалентных напряжений по IV теории прочности и перемещений в направлении действия нагрузки.

Литература

1. Марочник сталей и сплавов. Под ред. В.Г. Сорокина. М.: Машиностроение, 1989 г.
2. Г.С. Писаренко, А.П. Яковлев, В.В. Матвеев. Справочник по сопротивлению материалов. –Киев: Наукова Думка, 1988 г. -736 с.

УДК 539.3

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СКВОЗНОГО ЦИКЛА НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Ковальчук А.Н., Кохановский В.И., канд. техн. наук, Липовецкий Л.С., Федоренко Г.Л.
(г. Харьков, Украина)

In the paper experience of computer technologies introduction of a through cycle at the machine-building enterprise.

Условия современного рынка вынуждают машиностроительные предприятия повышать качество выпускаемой продукции, значительно сокращать сроки ее изготовления, разрабатывать новые, более совершенные модели продукции.

Без применения современных компьютерных технологий решение этих задач не представляется возможным. Среди этих технологий наиболее эффективными являются автоматизированные системы сквозного цикла: проектирование изделия (CAD) -> прочностной анализ (CAE) -> проектирование технологической оснастки -> изготовление оснастки (CAM) -> измерение. Все эти этапы объединяют системы управления проектами (PDM).

На ОАО «ХМЗ «Свет шахтера» и ХГСЦ «СТЭМ» уже более 4 лет используются компьютерные технологии сквозного цикла (рис. 1).

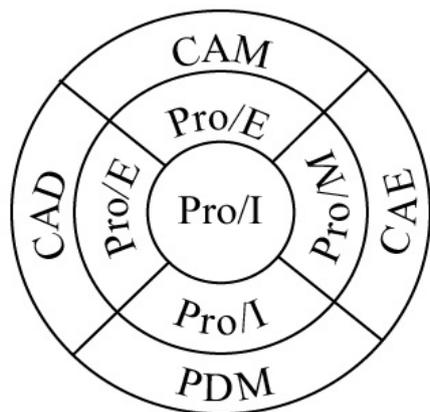


Рис.1



Рис. 2

В качестве базовой системы проектирования на предприятиях применяется система «Pro/ENGINEER» (Pro/E) [1]. Прочностные расчеты выполняются в интегрированном с Pro/E расчетном пакете «Pro/MECHANICA» (Pro/M). Технологическая оснастка проектируется в модуле пресс-форм системы Pro/E. Механообработка на токарных и фрезерных станках с ЧПУ осуществляется с использованием модуля NC-обработки системы Pro/E. Информационные потоки между компьютерами специалистов из перечисленных областей регулируются системой управления проектами «Pro/INTRALINK» (Pro/I).

Рассмотрим применение перечисленных технологий сквозного цикла на примере разработки нового головного взрывобезопасного шахтного светильника СВГ5 (рис. 2).

В нижеследующей таблице представлены этапы создания светильника и программное обеспечение, которое использовалось для решения задач на каждом этапе.

№	Этапы разработки	Программное обеспечение
1	3D-модель светильника	Базовый модуль Pro/E
2	Прототипирование светильника	NC модуль Pro/E
3	Расчет НДС светильника	Pro/M
4	Проектирование технологической оснастки	Модуль ПФ Pro/E
5	Проверка реологических свойств отливок	Модуль «Анализ проливаемости» Pro/E
6	Проверка на технологичность изготовления оснастки	NC модуль Pro/E
7	Изготовление технологической оснастки	NC модуль Pro/E
8	Измерения деталей светильника	Модуль КИМ в Pro/E

На первом этапе разработки светильника конструктором была создана его трехмерная электронная модель. Моделирование выполнялось в базовом модуле системы Pro/E. Конструкция шахтного светильника имеет свои особенности. Прежде всего, это относится к требованиям взрывобезопасности светильника, изложенным в соответствующих государственных стандартах. Эти требования заключаются в соблюдении заданных значений зазоров между всеми сопрягаемыми поверхностями деталей светильника и в ограничениях на объем пустого пространства внутри светильника. Система Pro/E позволяет достаточно просто контролировать указанные величины, используя вычисления объемов деталей, значения зазоров между деталями сборки. На основе созданных моделей деталей и сборки светильника в Pro/E был сформирован полный комплект чертежей на светильник, включая чертеж безопасности и спецификацию. Отличительной особенностью системы является ее двусторонняя ассоциативность, которая обеспечивает автоматическое изменение чертежей, если изменилась соответствующая модель, и наоборот, изменение геометрических параметров в чертежах влечет за собой автоматические изменения электронных моделей. Это свойство системы существенно ускоряет процесс создания нового изделия.

Существуют также требования к прочностным характеристикам светильника:

- светильник должен выдержать падение на бетонный пол с высоты 1,5 м;
- корпус светильника в сборе с крышкой должен выдержать внутреннее давление в 6 атмосфер.

Перечисленные нагрузки были промоделированы в системе прочностных расчетов Pro/M. Проведенные расчеты дали удовлетворительный результат.

Несмотря на реалистичное изображение всего светильника (включая разводку проводов) на экране компьютера, все же только реальный образец нового изделия позволяет в полной мере оценить такие его качества, как дизайн, удобство для шахтеров при креплении светильника на поясе, технологичность сборки светильника и др. Поэтому следующим важным этапом в создании нового изделия является прототипирование. Из всех рассмотренных вариантов прототипирования (различные вариации стереолитографии) наиболее приемлемым (прежде всего – с финансовой точки зрения) для наших предприятий является фрезеровка на станке с ЧПУ деталей светильника (корпус, крышка, пластина) из оргстекла. Моделирование обработки прототипов выполнялось модулем механообработки системы Pro/E. После полировки и покраски светильник приобретает изысканный вид, который сложно отличить от формовки в пресс-форме. Прототипы светильника демонстрировались всем заинтересованным лицам, включая шахтеров. После их замечаний и рекомендаций в модель светильника были внесены изменения и вновь были повторены этапы разработки: формирование чертежей, прочностные расчеты, прототипирование. Эти этапы выполняются достаточно быстро благодаря сквозной параметризации в системе Pro/E, которая является краеугольным камнем фундамента системы.

Следующий этап в создании светильника – проектирование технологической оснастки:

- 3 пресс-формы (ПФ) для литья под давлением пластмассы, для формовки корпуса, крышки и пластины (которая прижимает аккумуляторы в корпусе и обеспечивает монтаж блока искрозащиты);
- 2 ПФ для формовки резиновых деталей: втулки и прокладки;

Перечисленная оснастка была спроектирована в модуле ПФ системы Pro/E. Исходными данными модуля являются электронные модели деталей светильника, свойства пластмассы, из которой выполняется их отливка, а также различные технологические требования (количество гнезд, производительность формы и др.). Моделирование ПФ обеспечивает их качественное изготовление. Создание электронной модели ПФ в системе Pro/E позволяет избежать наличия несовместимостей деталей при их сборке, а также обеспечивает идеальные условия для обработки формообразующих деталей (матриц и пуансонов) на станках с ЧПУ.

Прежде чем передать ПФ на изготовление, конструктор ПФ проверяет качество отливки созданной ПФ в модуле «Анализ проливаемости» системы Pro/E. Этот модуль позволяет получить:

- временные поля заполнения полости формы пластмассой;
- температурные поля остывания отливки в ПФ;
- поля давления пластмассы в ПФ;
- поля напряжения в матрицах, которые возникают в процессе заливки пластмассой формирующей полости под давлением;
- линии смятия, возникающие при формовке;
- скопление воздуха в процессе заливки;
- оптимальное значение литья: температура ПФ, усилие смыкания ПФ, давления впрыска, температура пластмассы;

- модель отливки (вместе с литниковой системой).

На основании полученной информации о процессе литья конструктор ПФ изменяет: точку впрыска, литниковую систему, добавляет воздухоотводящие каналы и др. Затем конструктор повторно запускает модуль для анализа реологических свойств отливки. Процесс этот повторяется, пока не будут достигнуты показатели качественной отливки. Анализ литья выполняется еще до изготовления ПФ – на этапе электронной модели ПФ. Безусловно, это позволяет существенно экономить как материальные, так и временные ресурсы предприятия при разработке нового изделия.

Следующим этапом создания светильника является проверка на технологичность изготовления разработанной оснастки. Программист ЧПУ через систему Pro/I получает модель ПФ и осуществляет ее анализ на технологичность изготовления. Результаты анализа и свои предложения он пересылает через систему Pro/I конструктору ПФ и конструктору светильника. Конструкторы, по согласованию с программистом ЧПУ, вносят соответствующие изменения в модель светильника и ПФ. Например, на корпусе светильника были исключены уклоны на ребрах жесткости. Это позволило использовать при обработке пазов под эти ребра стандартную дисковую фрезу. Иначе нужно было бы изготовить специальную фрезу с соответствующими углами уклона.

И, наконец, последний этап создания светильника – это изготовление спроектированной оснастки на станке с ЧПУ. На основании полученной электронной модели ПФ программист ЧПУ сформировал управляющие программы (УП) для обработки формообразующих поверхностей матриц и пуансонов на станке с ЧПУ. Фрезерная обработка выполнялась на трехкоординатном фрезерном станке 2С150ПМФ4 со стойкой ЧПУ, изготовленной фирмой «ВестЛаб». Остальные детали ПФ были обработаны на универсальном оборудовании. Формирование УП осуществлялось в модуле механообработки системы Pro/E. Кроме прочих достоинств, этот модуль позволяет: избежать зарезов заготовки инструментом; в реальном масштабе времени промоделировать механообработку; оптимизировать обработку формообразующих поверхностей разными фрезами. Перечисленные возможности модуля исключают возникновение брака по причине ошибок в УП.

Первое испытание изготовленных ПФ позволило поучить удовлетворительные отливки. Было сделано несколько замечаний по доработке ПФ. После доработки ПФ проводилось повторное испытание, которое завершилось получением качественных отливок: корпусов, крышек и пластин.

Поскольку к шахтным светильникам предъявляются повышенные требования с точки зрения их взрывобезопасности, то для отлитых деталей были выполнены измерения на контрольно-измерительной машине (КИМ). Эта машина позволяет получить веер точек на измеряемой детали. Полученные точки были переданы в систему Pro/E, в которой есть модуль, позволяющий выполнить сравнение точек измерения и соответствующих точек на электронной модели деталей. Вычисленные величины расхождений оказались в пределах заданных допусков на участках сопрягаемых поверхностей деталей светильника.

Применение современных компьютерных технологий сквозного цикла при разработке и изготовлении нового светильника позволило выполнить весь проект в течении 5 месяцев. Образцы нового светильника СВГ5 демонстрировались на Международной выставке «Уголь/Майнинг-2004», которая проходила в г. Донецк с 6 по 9 сентября 2004 г. Светильник вызвал большой интерес как со стороны шахтеров, так и со стороны руководства министерства угольной промышленности.

Литература

1. Бирбраер Р., Гаршин О. И др. Обеспечение всех процессов сквозного параллельного проектирования средствами Pro/ENGINEER на примере совместного проекта компании СОЛБЕР и ФГУП «Ижевский механический завод». - САПР и графика, 2003, №3, с. 80-88.

УДК 62-82

ОПТИМИЗАЦИЯ СИНТЕЗА ОБЪЕМНОЙ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

Горбатюк Н.В., канд. техн. наук

(г. Харьков, Украина)

The mathematical model of volumetric hydromechanical transmission including the equations of kinematic, power, geometrical, hydraulic parameters, restrictions and criteria of the optimization, allowing in multicriterion setting of a problem to realize optimum synthesis of transmission is considered.

Объемные гидромеханические передачи (ОГМП), представляющие собой комбинацию трехзвенного планетарного механизма (ТПМ) и гидрообъемной передачи (ГОП), нашли широкое распространение в машиностроении. Вопросы кинематического синтеза и анализа ОГМП систематизированы в работе [1]. Однако, проблема оптимального проектирования с учетом соотношения действительной, относительной и циркулирующей мощностей, от которого зависит КПД и долговечность ОГМП [2], практически не решена. Из общих требований, предъявляемых к ОГМП, требование надежности является основным. Поэтому в настоящей работе ставится задача проведения кинематического и силового анализа параметров транспортной ОГМП [3] (рис. 1) для выбора оптимального варианта с учетом соотношений мощностей в элементах ТПМ с ведущим водилом.

На характеристики рассматриваемой ОГМП влияет большое количество параметров, поэтому выбор лучшего решения возможно при постановке и решении оптимизационной задачи на основе метода исследования пространства параметров [4 – 7]. В этом случае задача оптимального синтеза ОГМП формулируется следующим

образом.

Имеется n – мерное пространство, состоящее из точек

$$X(x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (1)$$

К ним, например, относятся кинематические, геометрические характеристики ТПМ, параметры ГОП и др.

Заданы: параметрические

$$x_j^* \leq x_j \leq x_j^{**} \text{ при } j=1, 2, \dots, k; \quad (2)$$

функциональные

$$c_l^* \leq f_l(X) \leq c_l^{**} \text{ при } l=1, 2, \dots, m \quad (3)$$

ограничения.

Сформулированы на базе соответствующих исследований и опыта критерии качества

$$F_v(X), \text{ при } v = 1, 2, \dots, t. \quad (4)$$

Зависимости (1) – (4) составляют математическую модель многокритериальной задачи. Модель исследуемой ОГМП в общем случае включает в себя: уравнения, позволяющие выполнить кинематический синтез ТПМ, определить геометрические размеры зубчатых колес, зависимости для кинематических и силовых связей в ТПМ, уравнения для определения гидромеханических и объемных потерь в ГОП, вращающих моментов на валах гидромашин и их подач, неравенства, отображающие необходимость выполнения ограничений на кинематические, геометрические, регулировочные и другие параметры и обеспечивающие поиск оптимальных параметров.

В качестве *варируемых параметров* ТПМ использовались: числа зубьев колеса z_1 , сателлита z_2 , долбяка z_0 , угол профиля α , коэффициент радиального зазора s^* , коэффициент высоты головки h^* , коэффициент смещения

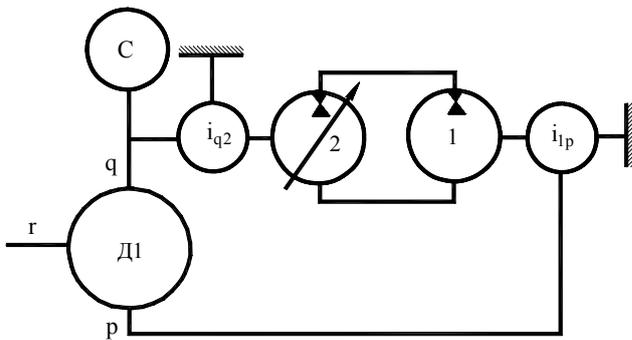


Рис. 1. Структурная схема ОГМП: q – эпицикл; r – водило; p – центральное колесо; c – нагрузка; $D1$ – ТПМ; i_{q2} , i_{1p} – согласующие передачи.

коefficient смещения колеса x_1 , сателлита x_2 , долбяка x_0 , точность расчета и др. (всего 18 параметров). Для гидромашин переменными параметрами служили: частота вращения вала ω , угол установки наклонного диска γ и перепад давления на предохранительном клапане Δp . Пределы изменения этих параметров составляют *параметрические ограничения* [4, 5]. Уравнения для кинематического синтеза ТПМ и определения геометрических характеристик зубчатых колес заимствованы с работ [8, 9]. Математическая модель ГОП приведена в работе [3].

Функциональные ограничения ТПМ подразделяются на кинематические и геометрические. Для выполнения кинематических ограничений должны выполняться три условия [8]: соосности, сборки и соседства. Геометрические ограничения представлены 13 уравнениями [9], совокупности линий построенных с их использованием определяют область существования зубчатой пары, называемой блокирующим контуром. По условию компоновки ОГМП в качестве функционального ограничения для ГОП принят рабочий объем аксиально-поршневых гидромашин (АПМ).

Критерии качества ОГМП – это ряд показателей, которые отражают различные характеристики ее функционирования. Повышение такой характеристики как надежность достигается при проектировании ОГМП за счет применения схем без циркуляции мощности. При наличии циркуляции мощности крутящий момент на звене q необходим для преодоления момента сопротивления M_c и момента M_2 регулируемой гидромашин (рис. 1), т.е.

$$|M_q|_R = |M_c| + |M_2|. \quad (5)$$

В случае отсутствия циркуляции мощности

$$|M_q|_r = |M_c| - |M_1|, \quad (6)$$

где M_1 – момент на валу нерегулируемой гидромашин.

Из сравнения уравнений (5) и (6) следует, что $|M_q|_R > |M_q|_r$, т.е. реализация безциркуляционной схемы ОГМП увеличивает прочность зубьев ТПМ, особенно самого нагруженного центрального колеса. Индексами r , q , p отмечаются параметры, которые относятся соответственно к водилу, эпициклу и центральному колесу.

Степень циркуляции мощности оценивается отношением циркулирующей в замкнутом контуре мощности N_u к подводимой мощности N_r , поэтому примем эту характеристику за критерий

$$F_1 = K_R = N_u / N_r,$$

который желательно минимизировать.

Степень разветвления мощности, когда поток подводимой со стороны вала мощности разделяется в ТПМ и через ГОП проходит часть потока мощности N_n оценивается критерием

$$F_2 = K_r = N_n / N_r,$$

который для снижения потерь в ГОП необходимо уменьшать.

Износостойкость зубчатой пары определяется величиной удельного скольжения в нижней точке активного профиля колес и характеризуется критериями:

$$F_b = \lambda_b, \quad b = 3 - 6,$$

где λ_3, λ_4 – коэффициенты скольжения в нижней точке активного профиля центрального колеса и сателлита во внешнем зацеплении; λ_5, λ_6 – коэффициенты скольжения в нижней точке активного профиля сателлита и венца эпицикла во внешнем зацеплении. Значения рассматриваемых критериев желательно иметь меньшими в выбираемом варианте.

Работоспособность ТПМ зависит от реализуемых удельных давлений в нижней точке профиля. Тогда аналогично критериям $F_3 - F_6$, рассматривая удельное давление в нижней точке профиля в виде критериев:

$$F_d = \psi_d, \quad d = 7 - 10,$$

следует отдавать предпочтение варианту решения с меньшими значениями удельных давлений.

Повышение контактной прочности и прочность зубьев на изгиб достигается увеличением коэффициентов смещения, но это приводит к уменьшению толщины зубьев на окружности вершин. Это обстоятельство учитывается критериями:

$$F_t = 1 / s_t, \quad t = 11 - 13,$$

где s_{11-13} – толщины зубьев соответственно центрального колеса, сателлита и венца эпицикла. В выбранном варианте решения эти параметры следует иметь с меньшими значениями.

Одним из важных параметров, характеризующих качество зубчатого зацепления, является коэффициент перекрытия. Эту характеристику примем за критерии, которые необходимо минимизировать:

$$F_{14} = 1 / \varepsilon_{pr}, \quad F_{15} = 1 / \varepsilon_{rq},$$

где $\varepsilon_{pr}, \varepsilon_{rq}$ – коэффициенты перекрытия соответственно внешнего и внутреннего зацеплений.

Потери на трение в ТПМ оцениваются по уравнениям, приведенным в работе [2], при едином значении коэффициента трения по критерию

$$F_{16} = 1 - \eta_{mp},$$

который целесообразно минимизировать.

Объемные потери рабочей жидкости ΔQ и гидромеханические потери момента ΔM в гидромашине вычисляются по зависимостям, приведенным в работе [8], и принимаются за критерии:

$$F_{17} = \Delta Q / Q_T, \quad F_{18} = \Delta M / M_T,$$

где Q_T, M_T – установочные значения подачи и развиваемого момента.

Долговечность ТПМ зависит от величин контактных напряжений σ_k и напряжений при изгибе σ_u , действующих в зацеплении центрального колеса и сателлита. Для выбора лучшего решения по запасам прочности приняты такие критерии:

$$F_{19} = \sigma_k / |\sigma_k|, \quad F_{20} = \sigma_u / |\sigma_u|,$$

где $|\sigma_k|, |\sigma_u|$ – допустимые значения контактных напряжений и напряжений при изгибе, определяются по стандартизованным методикам.

Представленные 20 критериев, которые введены в математическую модель синтеза ОГМП, охватывают качественные показатели ее функционирования. Многокритериальная задача определения оптимальных параметров ОГМП с использованием рассматриваемой модели решается на примере транспортной передачи [4], выполненной на базе \overline{AI} – механизма. Работа выполняется в два этапа. На первом этапе с использованием программ “Reductor” и “Gomp” выполняется кинематический и силовой анализ функционирования ОГМП в рабочем пространстве параметров с целью оценки ее работоспособности. С позиции учета степени разветвления и циркуляции мощности в элементах ТПМ определяются оптимальные кинематические параметры передачи. На втором этапе с использованием программы “Geometr” проводится оптимизация геометрических характеристик ТПМ, согласуясь с параметрами ОГМП, полученными на первом этапе. Далее выбранный вариант передачи подвергается прочностным расчетам. Если выходные характеристики (соответствующая совокупность значений критериев) не будут отвечать требованиям технического задания, то необходимо вернуться к первому этапу и уточнить постановку задачи.

Выполненный кинематический и силовой анализ ОГМП в рабочем поле характеристик (табл. 1) показал возникновение циркулирующей мощности большой величины практически на половине режимов работы передачи, а также наличие динамически неустойчивого режима работы при значении параметра регулирования $U_n = \omega_p / \omega_q \approx 0$, который ухудшает работоспособность ГОП. Очевидными направлениями повышения работоспособности ОГМП является исключение неустойчивого режима работы в районе $U_n \approx 0$ и применения схем

без циркуляции мощности. Для упрощения анализа возможностей совершенствования рассматриваемой передачи на первом этапе предполагается, что потери в ТПМ и ГОП отсутствуют.

Таблица 1

Характеристики ОГМП на стационарных режимах работы

Точки	p , МПа	Угловая скорость, рад/с			Момент, Н·м		U_n	Критерии			
		ω_r	ω_q	ω_p	M_p	M_q		F_1	F_2	F_{17}	F_{18}
Полная нагрузка											
1	13	167	309	-195	80	195	-0,63	0,33	-	0,11	0,045
2	15,5	188	324	-157	99	241	-0,47	0,24	-	0,12	0,049
3	17,7	214	3447	-13	113	274	-0,35	0,17	-	0,115	0,049
4	20	229	348	69	135	330	-0,20	0,09	-	0,11	0,047
5	20,4	249	352	11	139	339	-0,003	0,01	-	0,10	0,046
6	18,1	273	361	46	141	344	0,13	-	0,05	0,095	0,044
7	16,5	292	357	130	129	315	0,36	-	0,07	0,085	0,043
Холостой ход											
8	10,6	167	218	43	83	202	0,20	-	0,13	0,085	0,037
9	12,2	210	251	109	98	237	0,43	-	0,15	0,092	0,033
10	13	243	271	189	107	260	0,70	-	0,22	0,10	0,042
11	14,2	271	295	212	119	290	0,72	-	0,23	0,11	0,048
12	16,2	292	314	243	132	323	0,77	-	0,23	0,125	0,052

С учетом этого допущения соотношение мощностей в элементах ТПМ имеет вид

$$\frac{N_p}{N_q} = -\frac{U_n}{K_D},$$

где $K_D = -z_q / z_p$ – конструктивный параметр ТПМ; z_q и z_p – количество зубьев соответственно эпицикла и центрального колеса.

При отсутствии циркуляции мощности отношение $(N_p / N_q) > 0$, т.е. $(-U_n / K_D) > 0$. Здесь возможны два варианта: $U_n > 0$ при $K_D < 0$ и $U_n < 0$ при $K_D > 0$. Введем для рассмотрения обоих вариантов дополнительный параметр

$$K_{r_{min}} = -\frac{N_{p_{min}}}{N_r} = \frac{\omega_{p_{min}}}{\omega_{r_{min}} \cdot (1 - K_D)}, \quad (7)$$

который определяется по допустимым минимальным угловым скоростям ($\omega_{p_{min}}$) звена р при устойчивой работе нерегулируемой гидромашины. Тогда установочная мощность ГОП равна

$$K_{r_{max}} = -\frac{N_{max}}{N_r} = \frac{D - K_{r_{min}} - 1}{D}, \quad (8)$$

где $D = \omega_{r_{max}} / \omega_{r_{min}}$ – коэффициент диапазона регулирования.

Максимальные $U_{n_{max}}$ и минимальные $U_{n_{min}}$ значения параметра регулирования при этом определяются по зависимостям

$$U_{n_{max}} = \frac{\omega_{p_{max}}}{\omega_q} = D \cdot (U_{n_{min}} - K_D) + K_D; \quad (9)$$

$$U_{n_{min}} = \frac{\omega_{p_{min}} \cdot K_D}{\omega_{p_{min}} - (1 - K_D) \cdot \omega_{r_{min}}}. \quad (10)$$

На рис. 2 представлены характеристики ОГМП, полученные решением зависимостей (7) – (10) при $\omega_{p_{min}} = 13,5$ рад/с [10] и $D = 1,75$. Левая часть графика (при $K_D < 0$) возможна для дифференциалов [2] на базе $AI, \overline{AI}, 2A-AA, 2A-II, 2A-\overline{AA}, 2A-\overline{II}$ – механизмов (и других при $K_D < 0$), правая часть – для дифференциалов на базе $AA, II, 2A-AI, 2A-\overline{AI}$ и им подобным при $K_D > 1$. В случае работы ОГМП в 1 – м и 3 – м квадрате координат $[\omega, K_D]$ (заштрихованные области) возникают циркулирующая мощность и неустойчивые режимы.

Анализ протекания функций $\omega_q, U_n, \omega_p, K_r$ (рис. 2) приводит к следующим результатам. Зона $0 < K_D < 1$ не реальна, т.к. дает большие загрузки АПМ как по мощности, так и по моменту регулирования (давлению рабочей жидкости в силовой гидромагистрале ГОП). Зона $K_D > 1$ имеет приемлемые по мощности и диапазону

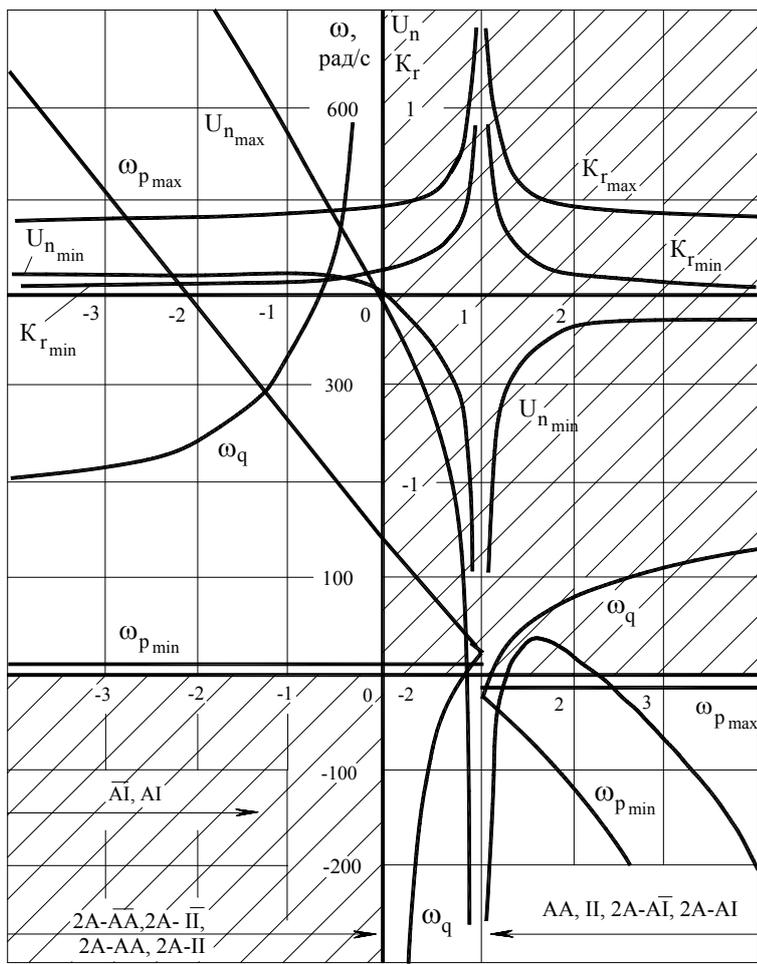


Рис.2. Характеристика дифференциальных передач ОГМП (при ведущем водиле r).

колес 2,5 мм. ГОП выполняется на базе штатных АПМ с рабочим объемом 33 см³, максимальной частотой вращения 400 рад/с, максимальным давлением рабочей жидкости 35 МПа.

На втором этапе определяются характеристики геометрии зубчатых колес ТПМ: коэффициенты смещения, диаметры окружностей вершин и впадин, коэффициенты высоты зуба центрального колеса, сателлита, венца эпицикла, коэффициенты радиального зазора у основания зуба центрального колеса, сателлита во внешнем и во внутреннем зацеплениях, межосевое расстояние, а также критерии $F_3 - F_{18}$ и F_{19}, F_{20} .

Исследовано более 250 пробных точек. Фрагмент результатов расчетов приведен в табл. 2. В качестве лучшего решения по методу взвешенной суммы [11] принят вариант геометрии ТПМ за №201. Его реализация позволит по отношению к штатному исполнению ОГМП повысить ее долговечность за счет снижения критериев качества F_{19} и F_{20} соответственно с 0,89 и 0,76 до 0,65 и 0,51.

Таблица 2

№ варианта	Значения критериев															
	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃	F ₁₄	F ₁₅	F ₁₆	F ₁₉	F ₂₀
49	2,27	2,53	1,78	3,95	0,47	0,68	0,60	0,09	1,21	1,88	1,15	0,67	0,62	0,06	-	-
111	1,88	1,95	1,28	3,27	0,41	0,58	0,45	0,09	1,28	2,20	1,23	0,69	0,65	0,06	-	-
137	1,78	1,93	1,25	3,09	0,40	0,56	0,43	0,10	1,30	2,27	1,25	0,70	0,65	0,06	-	-
161	1,81	3,51	1,61	3,15	0,43	0,76	0,55	0,10	1,36	1,76	1,07	0,66	0,66	0,06	-	-
173	1,78	2,45	1,07	3,10	0,41	0,62	0,41	0,10	1,39	2,07	1,12	0,68	0,69	0,06	-	-
184	1,75	2,33	1,38	3,04	0,42	0,63	0,48	0,10	1,34	1,64	1,21	0,70	0,67	0,06	-	-
192	1,50	2,17	1,25	2,61	0,38	0,58	0,43	0,10	1,04	1,75	1,28	0,71	0,68	0,06	-	-
201	1,90	2,98	2,68	3,30	0,44	0,72	0,80	0,10	1,18	1,71	1,14	0,68	0,61	0,06	0,65	0,51
213	1,94	2,56	1,54	3,38	0,43	0,65	0,52	0,10	1,34	2,00	1,20	0,67	0,64	0,06	-	-
Исход.	1,93	1,81	1,06	2,54	0,48	0,56	0,43	0,09	1,30	1,74	1,18	0,68	0,62	0,06	0,89	0,76

регулирования участка при $K_D > 2$, но дает низкие скорости вращения выходного звена $\omega_q = 115$ рад/с, что вызывает перегрузки элементов ТПМ. Оптимальным и удовлетворяющим исходному условию $\omega_q = const = 357$ рад/с является ТПМ $|K_D| \approx 1$. Однако, этот \overline{AI} -механизм невозможен. Возможна схема с парными сателлитами типа $2A - \overline{AA}$ и $2A - \overline{II}$. В качестве рационального решения для простого планетарного \overline{AI} -механизма можно принять $K_D = -2.152$, $\omega_p = 13,5$ рад/с, $U_{nmax} = 1.991$, $\omega_{qmax} = 229$ рад/с, $\omega_{pmax} = 455$ рад/с, $K_{rmax} = 0.441$, $K_{rmin} = 0,0217$. Сохраняя величину сопротивления на выходном валу и считая приближенно $N_r = -N_c$, определим моменты на солнечной шестерне при работе ОГМП на полной нагрузке: $M_{pmin} = 76$ Н·м, $M_{pmax} = 125$ Н·м. Полученная нагрузка на зуб ТПМ меньше, чем в исходном варианте (табл. 1). В итоге решение поставленной задачи и на первом этапе принимает следующий вид: $z_p = 33$, $z_r = 19$, $z_q = 71$, количество сателлитов 4, модуль зубчатых

Таким образом, весь комплекс исследований был проведен с помощью системы диалогового типа, когда разработчик вводит в ПЭВМ информацию, получает ответ и в ходе таких итераций определяет наилучшее решение.

Выводы

1. Решена задача синтеза объемной гидромеханической передачи с помощью математического моделирования, выполненного в профиле многокритериальной оптимизации.
2. Математическая модель, которая включает уравнения кинематических, силовых, геометрических и гидравлических параметров, ограничений и критериев оптимизации представлена в виде, удобном для поэтапного решения задачи оптимального конструирования гидрофицированной передачи.
3. Показано, что введение в модель соотношения действительной, относительной и циркулирующей мощностей позволило получить такие критерии, которые на стадии проектирования гарантируют повышение долговечности ОГМП.

Литература

1. Объемные гидромеханические передачи. Расчет и конструирование / О.М. Бабаев, Л.Н.Игнатов, Е.С.Кисточкин и др. Под общ. Ред. Е.С.Кисточкина. – Л.: Машиностроение, 1987. -256 с.
2. Ткаченко В.А. Планетарные механизмы (оптимальное проектирование) / Харьков: Нац. Аэрокосм. Ун-т «ХАИ», 2003. – 446 с.
3. Горбатюк Н.В. Исследование функционирования транспортной объемной гидромеханической передачи. ВИМИ, №ДО 8080. – М., 1989. – 28 с.
4. Соболев И.М., Статников Р.Б. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями. – М.: Наука, 1981. – 107 с.
5. Статников Р.Б., Матусов И.Б. Многокритериальное проектирование машин. – М.: Знание. – 1989. – 48 с.
6. Лурье З.Я., Жерняк И.Б. Многокритериальная оптимизация основных параметров качающих узлов шестеренных насосов внутреннего эвольвентного зацепления / Вестник машиностроения. – 1995. - №8. –С. 3 – 8.
7. Лурье З.Я., Жерняк А.И., Саенко В.П. Многокритериальное проектирование шестеренных насосов с внутренним зацеплением / Вестник машиностроения. – 1996. - №3. – С. 3 – 8.
8. Красненьков В.И., Вашец А.Д. Проектирование планетарных механизмов транспортных машин. – М.: Машиностроение, 1986. – 272 с.
9. Справочник по геометрическому расчету эвольвентных зубчатых и червячных передач / Под ред. И.А.Болотовского. – М.: Машиностроение, 1986. – 448 с.
10. Горбатюк Н.В., Овчаров А.В. Увеличение диапазона регулирования аксиально-поршневых гидромоторов // Вестник ХГПУ. Харьков: Изд-во ХГПУ, 2000. – С. 68-71.
11. Ларичев О.И. Наука и искусство принятия решений. – М.: Наука, 1979. – 200 с.

УДК 539.219.2

МЕТОД УСКОРЕННЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ВЕНТИЛЯТОРОВ НА НАДЕЖНОСТЬ

Федоров А. И., канд. техн. наук

(г. Харьков, Украина)

The method of the speeded up dynamic trials of ventilators on a reliability is offered in view of restricted limits of endurance of a material.

Ускоренные испытания на надежность могут проводиться тогда, когда в условиях нормальной эксплуатации и при ускоренных испытаниях сохраняется характер накопления повреждений, а отказы идентичны.

Избранный метод ускоренных испытаний должен быть предназначен для одного вида разрушения (усталость, износ, коррозия и т.д.). Ускорение процесса разрушения деталей машин можно осуществить путем увеличения нагрузок либо частоты их приложения. Однако при этом нельзя переходить критическую зону, за которой изменяется качественная сторона процесса разрушения.

Оценку надежности вентиляторов ускоренным методом можно осуществить либо на основании комплексного исследования корпуса, рабочего колеса, привода, либо по наиболее “слабому” элементу (например, лопаткам рабочего колеса).

Первый способ более информативен и совершенен, второй – быстрее и дешевле осуществим.

В данной работе был принят второй способ, при котором определялась циклическая прочность лопаток рабочего колеса при повышенных амплитудах динамических напряжений. При проведении испытаний использовалась установка с аэродинамическим возбуждением резонансных колебаний лопаток. Она включает в себя вентилятор в штатном исполнении и встроенный аэродинамический возбудитель колебаний [1].

Целью испытаний являлось получение ускоренным методом ограниченного предела выносливости рабочих лопаток с учетом реальных условий нагружения и коэффициентов концентрации напряжений и, как следствие, – коэффициента запаса динамической прочности испытываемых лопаток.

Предварительными испытаниями выявлялись сечения лопатки с максимальными амплитудами напряжений. Вблизи этих сечений наклеивались тензодатчики на каждой лопатке.

При ускоренных испытаниях в испытуемых лопатках создавались резонансные колебания, при которых амплитуды динамических напряжений в местах наклейки тензодатчиков составляли 7÷62 МПа. Эти значения не учитывают влияния концентраторов напряжений в виде гiba в 90°, фасонного перехода или заклепочного соединения. Указанные концентраторы повышают напряжения до значений, превышающих номинальные при проведении усталостных испытаний.

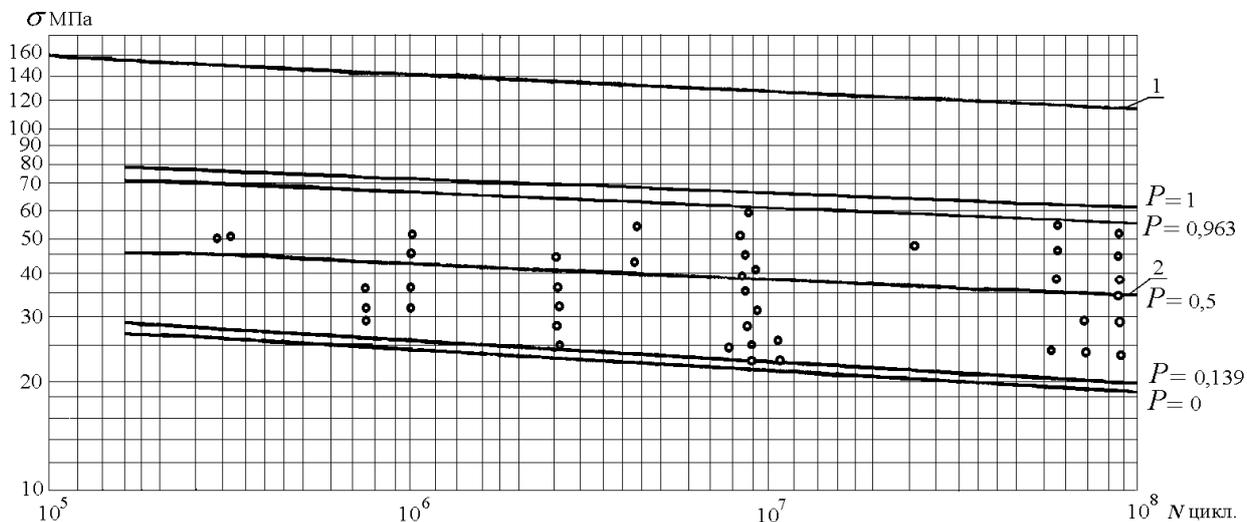


Рис.1. Результаты усталостных испытаний лопаток вентилятора 45ЦС-24: 1 – кривая усталости алюминиевых сплавов с $\sigma_g=280$ МПа (по Р.Б. Хэйвуду); 2 – кривая усталости лопаток вентилятора 45ЦС-24 с вероятностью разрушения $P=0,5$.

В результате испытаний на 52 лопатках вентилятора 45ЦС-24 клепаной конструкции получены повреждения в виде усталостных трещин или отрыва головок заклепок. Напряжения в неповрежденных лопатках после наработки $N=10^8$ циклов составляли 7÷18 МПа. Материал лопаток – листовый алюминиевый сплав Амг5М с пределом прочности $\sigma_g=280$ МПа.

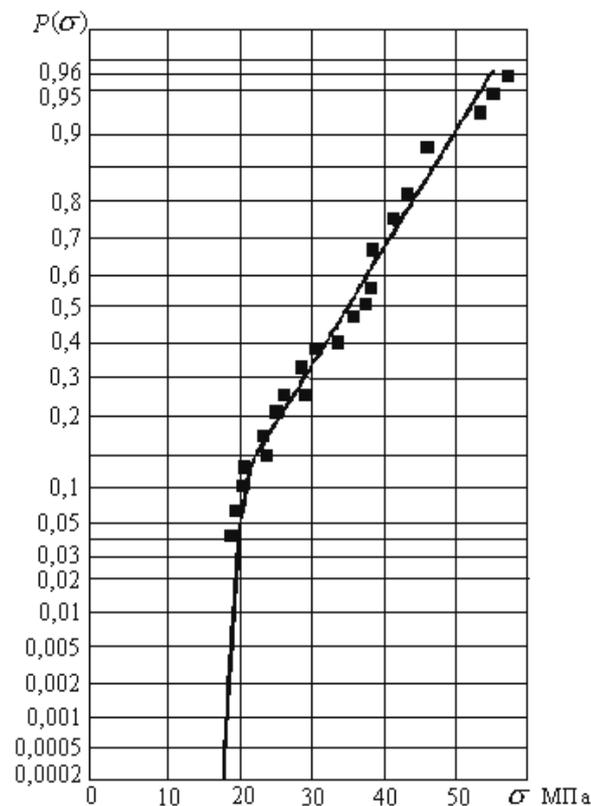


Рис. 2. Вероятность разрушения лопаток в зависимости от напряжений, определенная на базе $N=10^8$ циклов.

По результатам испытаний в логарифмических координатах построена зависимость усталостной долговечности лопаток N от напряжений σ в диапазоне наработок от 10^5 до 10^8 циклов (рис. 1).

В указанной области наработок кривая усталости алюминиевых сплавов с пределом прочности $\sigma_g=280$ МПа при отсутствии концентрации напряжений, взятая по Р.Б. Хэйвуду [2], в логарифмических координатах имеет вид прямой с малым углом наклона относительно оси N . Можно полагать, что в области наработок от 10^8 до 10^{12} циклов этот угол не увеличится.

Выборка отказов, представленная на рис.1, приведена к наработке $N=10^8$ циклов. Построен вариационный ряд, вычислены вероятности разрушения лопаток. По расчетным данным получена зависимость вероятности разрушения лопаток от напряжений на базе $N=10^8$ циклов (рис.2).

Функция распределения вероятности разрушения в диапазоне вероятностей от 0,1 до 0,9 вполне удовлетворительно соответствует нормальному закону. При вероятностях, меньших 0,1, функция распределения стремится к вертикальной прямой. Предельным напряжением является ограниченный предел выносливости лопаток с учетом всех факторов, влияющих на снижение сопротивления усталости (концентраторы напряжений, неоднородность структуры металла, нестабильность механических свойств металла, вызванная различием видов технологических операций и т.д.).

Металлы, в том числе алюминиевые сплавы, имеют определенную область рассеяния ограниченных пределов

выносливости с нижним σ_0 и верхним σ_k предельными значениями, обладающими вероятностью разрушения, соответственно $P=0$ и $P=1$ [3]. Используя метод, изложенный в работе [3], ограниченные пределы выносливости σ_0 и σ_k определяем следующим образом.

Вводим параметр

$$x = \lg \frac{\sigma_{max} - \sigma_0}{\sigma_k - \sigma_{max}}. \quad (1)$$

Значения σ_0 и σ_k определяем по экспериментальным данным способом наименьших квадратов. Для этого в координатах $P - x$ (рис.3) на вероятностной шкале нормального закона определяем характер зависимости $P=f(x)$. Получение прямой дает основание утверждать, что кривая подчиняется нормальному закону распределения,

а σ_0 и σ_k являются ограниченными пределами выносливости с нулевой и 100-процентной вероятностью разрушения.

В результате обработки экспериментальных данных получена зависимость $P=f(x)$ для лопаток вентилятора 45ЦС-24 с $\sigma_0=18,35$ МПа и $\sigma_k=58$ МПа (рис.3).

Уравнение кривой усталости лопаток (2) (см. рис.1) с вероятностью разрушения $P=0,5$ имеет вид:

$$\sigma_1^m N_1 = \sigma^m N, \quad (2)$$

где $m=21,25$ – тангенс угла наклона кривой к оси N ; $\sigma_1=34,5$ МПа – разрушающее напряжение на базе $N_1=10^8$ циклов.

Задавая $N=10^{11}$ циклов, нетрудно вычислить разрушающее напряжение с вероятностью $P=0,5$. Оно равно $\sigma=25$ МПа.

Полагая, что кривая предельных напряжений, приводящих к разрушению лопаток с вероятностью $P=0$, также соответствует закону (2), по аналогии с предыдущим для $N=10^{11}$ циклов находим $\sigma_0=13,3$ МПа. Запас циклической прочности (с вероятностью разрушения $P=0$), соответствующий отношению предельного к фактическому амплитудному напряжению в лопатках, для вентилятора 45ЦС-24 составляет $n \geq 5,1$.

Определение ресурса вентилятора до предельного состояния основано на использовании уравнения (2) с вероятностью разрушения $P=0$, без учета влияния коррозии. Подставляя ограниченный предел выносливости σ_0 на базе N_0 , соответствующий $P=0$, в уравнение (2) с учетом частоты колебаний лопатки f при работе венти-

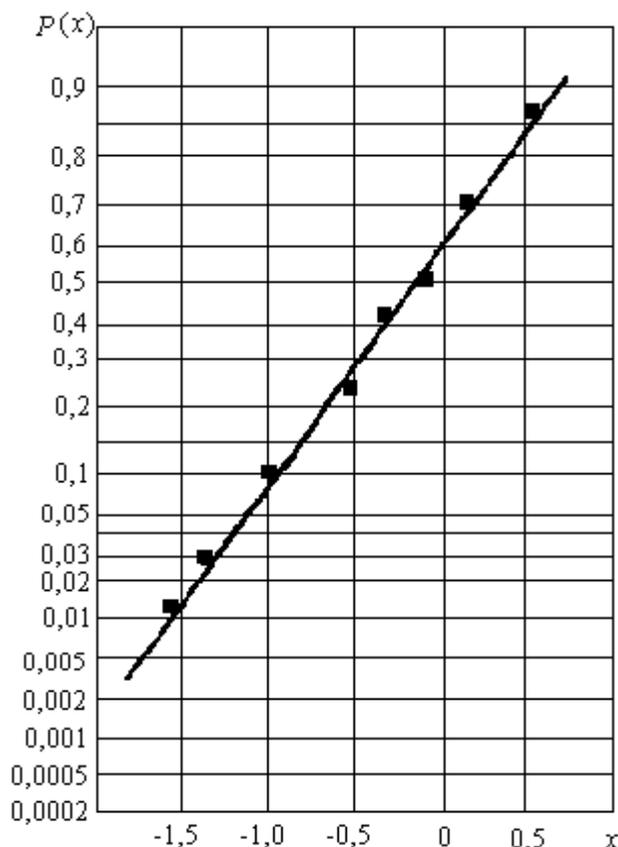


Рис 3. Распределение ограниченных пределов выносливости лопаток при $\sigma_0=18,35$ МПа, $\sigma_k=58$ МПа на базе $N=10^8$ цикл.

лятора, ресурс T вычисляем по формуле

$$T = \frac{\sigma_0^m N_0}{3600 f \sigma^m} \text{ [час]}. \quad (3)$$

Подсчитанный по формуле (3) ресурс для исследуемого вентилятора превосходит 100 тыс. час. В результате обследования 8 вентиляторов 45ЦС-24, наработавших в условиях эксплуатации до 30 тыс. час, отказов и неисправностей по причине усталостных поломок в них не обнаружено.

Литература

1. Устройство для испытания лопаток рабочих колес центробежного вентилятора: А.с. 1060817 СССР, МКИ F 04 D 29/28 / А.Е. Божко, А.И. Федоров, В.М. Васильев, Е.Д. Наумов. (СССР). – N3425527/25–06; Заявлено 16.04.82; Опубл. 15.12.83. Бюл. N46.
2. Хэйвуд Р.Б. Проектирование с учетом усталости. /Под ред. И.Ф. Образцова. – М.: Машиностроение, 1969. – 504 с.
3. Степнов М.Н., Гиацинтов Е.В. Усталость легких конструкционных сплавов. – М.: Машиностроение, 1973. – 317 с.

УДК 539.389, 537.226, 536.241

РЕЛАКСАЦІЯ ГАВРИЛ'ЯКА - НЕГАМІ**Комкова О.А., аспірантка***(м. Одеса, Україна)*

The fractal-differential operator by means of whom dependence of complex susceptibility Havriliak - Negami has been received is used. The analysis of physical sense of a derivative is lead.

Вступ. Математичної моделі, що могла б пояснити залежність, що спостерігається, Гаврил'яка - Негамі, у даний час не запропоновано[1], і все частіше стверджують, що такої теорії не може бути створено[2]. Це зв'язано з тим, що просторова неоднорідність, зв'язана, наприклад, з випадковим місцезнаходженням примусних молекул у матриці, або з місцезнаходженням атомів в аморфних напівпровідниках, і визначальний розподіл міжатомих відстаней, приводить до того, що діапазон мікроскопічних швидкостей переходів виявляється досить широким. Таке просторове безладдя приведе до тимчасовому, а іноді і до енергетичного безладдя.

У ряді робіт для опису релаксації Гаврил'яка - Негамі були запропоновані різні моделі, в основі яких лежать фрактальні представлення про природу процесів, що породжують аномальну релаксацію[3].

Для опису і вивчення релаксаційних процесів, що породжуються фрактальною структурою, використовувалася математична мова дробової похідної, що базується на уявленні оператора дробового диференціювання Римана - Лиувіля[4]

$$D^\alpha [f(t)] = \frac{1}{\Gamma(1-\alpha)} \cdot \frac{d}{dt} \cdot \int_c^t (t-\tau)^{-\alpha} \cdot f(\tau) d\tau, \quad (1.1)$$

який має більш ніж, двохсотлітню історію.

Проведені дослідження в цьому напрямленні принесли плідні результати[3]. Однак, у представленні дробової похідної у вигляді (1.1) утруднене трактування проведених операцій диференціювання і зв'язки їх із фрактальною множиною. Наприклад, дробова похідна від постійної величини відмінна від нуля. При цьому, використання дробової похідної носили феноменологічний і формальний характер, а рівняння з дробовою похідною не виводилися, а конструювалися із залученням різних аналогій[3].

Обґрунтування зв'язку дробової похідної з фрактальною множиною, що породжує аномальну поведінку діелектричної релаксації Гаврил'яка - Негамі було проведено [5], де було запропоновано використовувати дробовий оператор локального диференціювання D^α у вигляді:

$$D^\alpha f(x) = \frac{d^\alpha f(x)}{[d(x-a)]^\alpha} = \lim_{x \rightarrow a} \frac{f(x) - f(a)}{[x-a]^\alpha}, \quad 0 < \alpha \leq 1, \quad (1.2)$$

Оператор дробового локального інтегрування I^α визначимо у виді

$$I^\alpha f(x) = \int_a^x f(x)[dx]^\alpha = \Phi_\alpha(x), \quad (1.3)$$

де функція $\Phi_\alpha(x)$ – функція області, що була визначена у вигляді

$$\Phi_\alpha(x, a) = C \cdot \int_a^x \frac{[f(t) - f(a)]}{(x-t)^\alpha} dt. \quad (1.4)$$

Було показано, що виконується

$$D_{x-a}^\alpha f(x) = \frac{d}{d(x-a)} C \int_a^x \frac{[f(t) - f(a)]}{(x-t)^\alpha} dt, \quad C = \frac{\Gamma(2-\alpha)}{\Gamma(1-\alpha)},$$

тобто функція $\Phi_\alpha(x, a)$ являється аналогом первісної для $f(x)$.

Перетворення Лапласа функції $D_{x-a}^\alpha f(x)$ дорівнює

$$L[D_{x-a}^\alpha f(x)] = \Gamma(2-\alpha)p^\alpha L[f(x)] - \Gamma(2-\alpha)p^{\alpha-1} f(a).$$

Перетворення Фур'є функції $D_{x-a}^\alpha f(x)$ дорівнює

$$F[D_{x-a}^\alpha f(x)] = \Gamma(2-\alpha)(i\omega)^\alpha F[f(x)] - \Gamma(2-\alpha)(i\omega)^{\alpha-1} f(a).$$

Проаналізуємо нерівновагий стан середовища, що визначається фрактальною природою, тобто будемо вважати, що нерівновагий стан визначається множиною часів подій, у якій наступна подія трапляється через час τ_j після того, як скінчилася попередня подія. У такому випадку в процесі еволюції з неперервних станів системи виключаються деякі відрізки відповідно до визначеного закону. Такий процес можна характеризувати як процес, породжений фрактальним станом, з визначеною фрактальною розмірністю d_f .

Розглянемо оператор:

$$(\tau^{-\alpha} + D^\alpha)^v = \sum_{n=0}^{\infty} (\tau^{-\alpha})^n \binom{v}{n} D^{\alpha(v-n)} \quad (1.5)$$

де $\binom{\nu}{n} = \frac{\nu!}{n!(\nu-n)!}$ - біноміальний коефіцієнт і D^α - оператор дробового диференціювання

$$D^{\alpha}_{0+} [f(t)] = C \frac{d}{dx} \int_{0+}^x \frac{f(t)}{(x-t)^\alpha} dt \quad (1.6)$$

$$\text{Тоді } (\tau^{-\alpha} + D^\alpha)^\nu [P(t)] = \frac{\chi_0 E_0}{\tau^{\alpha\nu}} \quad (1.7)$$

Початкова умова рівняння (1.7) має вигляд: $P(0)=0$. Згідно з (1.7) Лаплас-образ функції $P(t)$ можна визначити у вигляді:

$$\bar{P}(p) = \frac{\chi_0 E}{p} \frac{1}{(1+(\tau p)^\alpha)^\nu} \quad (1.8)$$

Рівняння, що описує релаксацію Гаврил'яка – Негамі з (1.8) можна одержати шляхом заміни $p \rightarrow i\omega$ і тоді комплексну сприйнятливість (Гаврил'яка - Негамі) можна визначити у вигляді

$$\chi(i\omega) = \frac{\chi_0}{(1+(i\omega\tau)^\alpha)^\nu} \quad (1.9)$$

Залежність (1.9) збігається з експериментальним законом Гаврил'яка - Негамі[1].

Звідси випливає, що комплексна діелектрична проникність

$$\varepsilon^*(i\omega) = \varepsilon_\infty + \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_\infty}{[1+(i\omega\tau)^\alpha]^\nu},$$

де

$$\varepsilon'(\omega) = \text{Re}[\varepsilon^*(i\omega)] = \varepsilon_\infty + (\varepsilon_0 - \varepsilon_\infty) \frac{\cos \left[\gamma \arctg \left(-\frac{\sin \frac{\alpha\pi}{2} (\omega\tau)^\alpha}{1 + \cos \frac{\alpha\pi}{2} (\omega\tau)^\alpha} \right) \right]}{(1 + (\omega\tau)^{2\alpha} + 2(\omega\tau)^\alpha \cos \frac{\alpha\pi}{2})^{\frac{\gamma}{2}}}$$

$$\varepsilon''(\omega) = \text{Im}[\varepsilon^*(i\omega)] = (\varepsilon_0 - \varepsilon_\infty) \frac{\sin \left[\gamma \arctg \left(-\frac{\sin \frac{\alpha\pi}{2} (\omega\tau)^\alpha}{1 + \cos \frac{\alpha\pi}{2} (\omega\tau)^\alpha} \right) \right]}{(1 + (\omega\tau)^{2\alpha} + 2(\omega\tau)^\alpha \cos \frac{\alpha\pi}{2})^{\frac{\gamma}{2}}}$$

Розрахунки (рис.1-3) проводилися при $\eta = \frac{\varepsilon_\infty}{\varepsilon_0} = 10$.

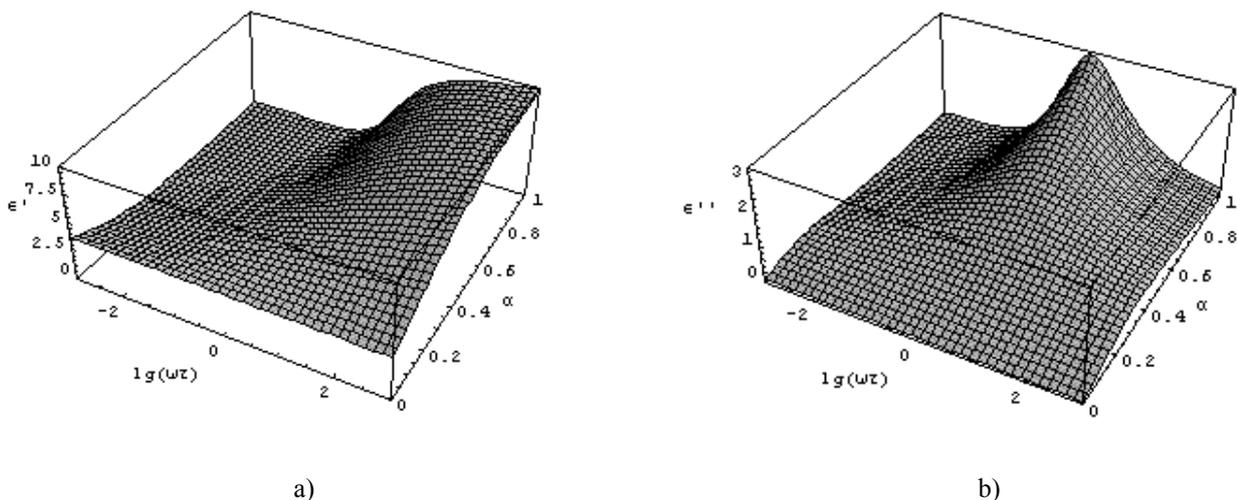


Рис.1.

Рис.1. Комплексна діелектрична проникність закону Гаврил'яка – Негамі при $\gamma = 0.5$.

а) дійсна частина комплексної діелектричної проникності закону Гаврил'яка - Негамі при $\gamma = 0.5$.

б) мнма частина комплексної діелектричної проникності закону Гаврил'яка – Негамі при $\gamma = 0.5$.

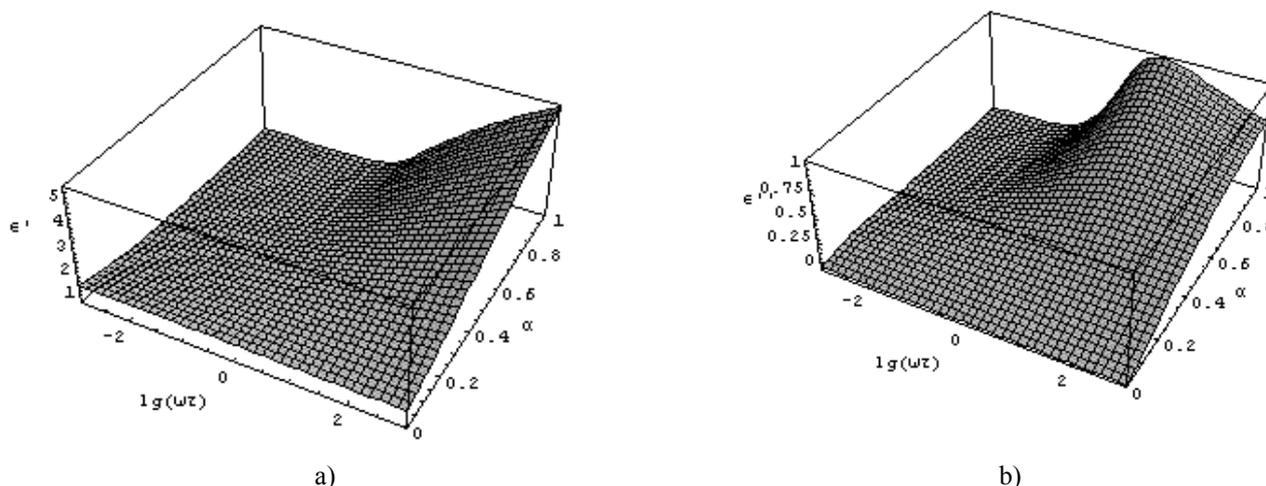


Рис.2.

Рис.2. Комплексна діелектрична проникність закону Гаврил'яка – Негамі при $\gamma = 0.1$.

- a) дійсна частина комплексної діелектричної проникності закону Гаврил'яка – Негамі при $\gamma = 0.1$.
- b) мнма частина комплексної діелектричної проникності закону Гаврил'яка – Негамі при $\gamma = 0.1$.

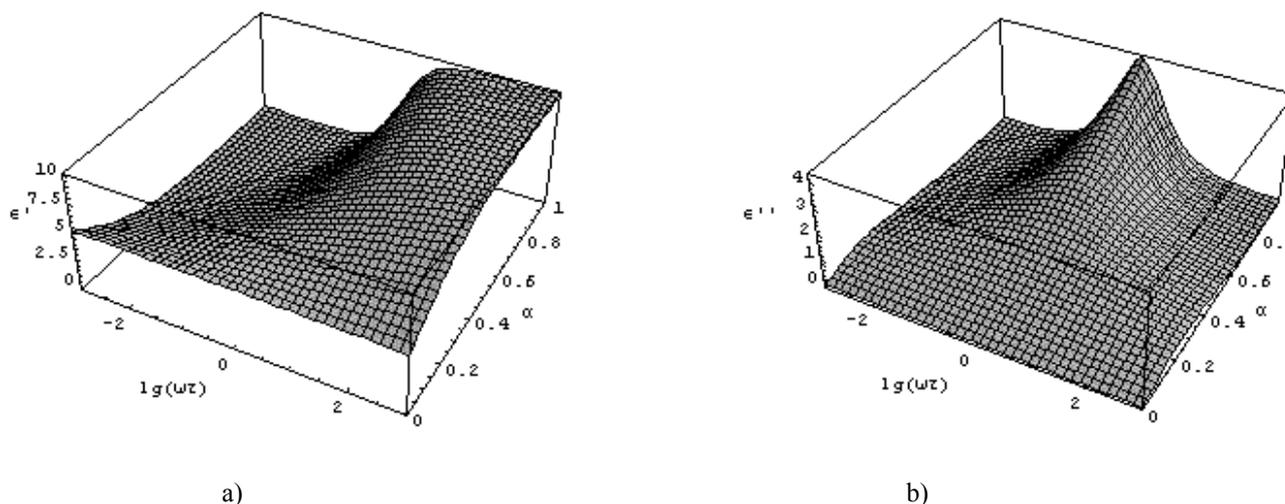


Рис.3.

Рис.3. Комплексна діелектрична проникність закону Гаврил'яка – Негамі при $\gamma = 0.9$.

- a) дійсна частина комплексної діелектричної проникності закону Гаврил'яка – Млостями при $\gamma = 0.9$.
- b) мнма частина комплексної діелектричної проникності закону Гаврил'яка – Млостями при $\gamma = 0.9$.

Рішення (1.7) можна записати у вигляді:

$$P(t) = -\frac{1}{\Gamma(\gamma)} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k \Gamma(k+\gamma)}{\Gamma(\alpha k + \alpha\gamma) \Gamma(k+1)} \left(\frac{t}{\tau}\right)^{\alpha(k+\gamma)} = 1 - \frac{1}{\Gamma(\gamma)} H_{12}^{\prime\prime} \left[\left[\frac{t}{\tau} \right]^{\alpha} \middle| \begin{matrix} (0,1) \\ (\gamma,1), (0,\alpha) \end{matrix} \right] \quad (1.8)$$

У рішенні рівнянь із дробовими похідними зручно використовувати функції Фокса (узагальнений інтеграл Милін – Барнеса), тому що перетворення Лапласа і Фур'є для функцій Фокса виражається через функції Фокса з іншими параметрами. Зв'язок функцій Мітаг – Лефера з функціями Фокса має вигляд:

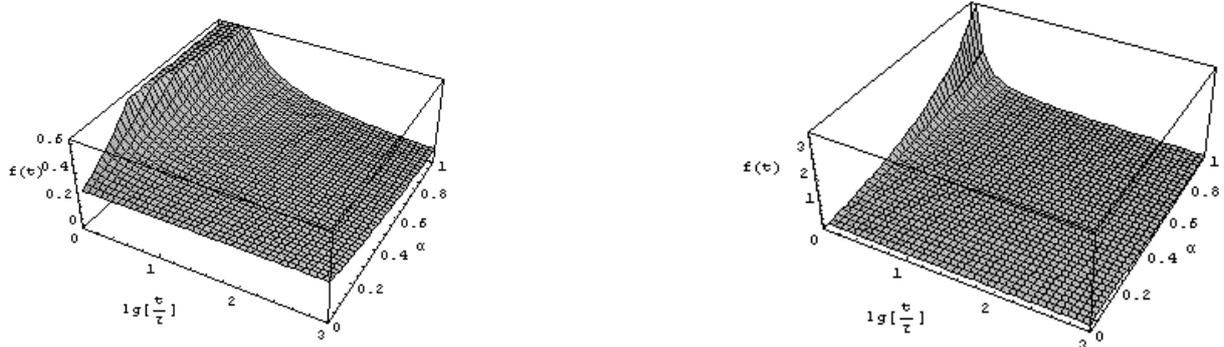
$$E_{\alpha,\gamma}(-z) = H_{1,2}^{1,1} \left[z \middle| \begin{matrix} (0,1) \\ (0,1), (1-\gamma,\alpha) \end{matrix} \right] \quad (1.9)$$

Для закону Гаврил'яка – Негамі маємо:

$$0 < \alpha < 1, 0 < \gamma < 1$$

$$f(t) = -\frac{1}{\Gamma(\gamma)} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k \Gamma(k+\gamma)}{\Gamma(\alpha k + \alpha\gamma) \Gamma(k+1)} \left(\frac{t}{\tau}\right)^{\alpha(k+\gamma)}$$

Функція Фокса $1 - \frac{1}{\Gamma(\gamma)} H_{12} \left[\left[\frac{t}{\tau} \right]^\alpha \left| \begin{matrix} (0,1) \\ (\gamma,1), (0,\alpha) \end{matrix} \right. \right]$ якщо $\frac{t}{\tau} \rightarrow \infty$ $f(t) \approx \frac{1}{\Gamma(\gamma)} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^{k+1} \Gamma(k+\gamma)}{\Gamma(1-\alpha k) \Gamma(k+1)} \left(\frac{t}{\tau} \right)^{-\alpha k}$



Графік закону Гаврил'яка – Негамі при фіксованому $\gamma = 0.5$.

При $\gamma=1$ залежність (1.9) переходить у закон Коул - Коула, а при $\alpha=1$ - у закон Коул - Девідсона, виходячи з цього можна зробити висновок, що оператор (1.9) є узагальнюючий оператор.

По вигляду залежності комплексної діелектричної проникності (або сприйнятливості) $\epsilon^*(i\omega)$ від частоти ω можна визначити Лаплас- образ функції релаксації, і навпаки: по вигляду $L[f(t)]$ можна визначити $\epsilon^*(i\omega)$.

Перехід від строго експонентної до аномальної залежності, здійснюється при переході від неперервного розподілу ($\alpha = 1$) до фрактального розподілу часу релаксації ($0 < \alpha = d_f < 1$).

У роботах [7] були проведені експериментальні дослідження діелектричної релаксації полімерів, що є типовими представниками перколяційних систем . Результати представлені в табл. 2.

Таблиця 2.

Результати експериментальних досліджень діелектричної проникності двухфазного полімерного матеріалу.

концентрація фаз	$\omega = 10^5$ (Hz)		$\omega = 10^4$ (Hz)		$\omega = 10^3$ (Hz)		$\omega = 10^2$ (Hz)		$\omega = 10^1$ (Hz)		$\omega = 10^0$ (Hz)		$\omega = 10^{-1}$ (Hz)	
	ϵ''	$\Delta\epsilon'$	ϵ''	$\Delta\epsilon'$										
100/0			4,1	1,8	4,8	1,8	4,1	1,7	4,4	1,6	3,4	1,7	3,1	1,9
75/25			4,7	4,0	7,6	4,2	7,8	4,0	8,8	4,1	8,7	4,0	8,0	4,7
60/40	5,0	5,8	7,4	6,2	8,6	6,1	9,9	6,5	8,8	7,0	9,0	6,6	8,6	6,5
43/57	8,6	6,8	12,1	7,4	13,6	8,0	12,7	9,7	12,7	11,2	13,7	11,4	14,5	12,6
0/100	33,8	27,8	37,8	32,7	42,2	33,4	35,2	35,2	36,5	36,5	36,5	35,1	29,1	34,7

де комплексна діелектрична проникність $\epsilon^* = \epsilon' - i\epsilon''$ (ϵ'' - мнима частина діелектричної проникності, $\Delta\epsilon'$ - акумульований фактор) була обмірювана в частотному діапазоні $10^{-1} < \omega < 10^5$ Hz .

Експериментальні дані , були оброблені за допомогою формули Гаврил'яка - Негамі[7]

$$\epsilon(\omega) - \epsilon_\infty = \frac{(\epsilon_0 - \epsilon_\infty)}{[1 + (i\omega\tau)^b]^c}$$

і показують досить гарну згоду теоретичних досліджень і експериментальних досліджень.

Література

1. Jonsher A.K. Dielectric Relaxation in Solids. Chelsea Dielectric Press. - London.: 1983.
2. Nigmatullin R.R., Phys. Status Solidi **B**, 124, 389, (1984).
3. Нигматулин Р.Р., Рябов Я.Р. // Физика твердого тела,- 1997.- 39, №1. -С. 101 - 105.
4. Самко С.Г.,Килбас А.А.,Маричев О.И. Интегралы и производные дробного порядка и некоторые приложения.Минск,1987,688с.
5. Комкова О.А., Новіков В.В. До визначення дробової похідної фрактальних функцій// Вісник Одеськ. держ. ун-ту.- 2003. – т.8, вип.2. Фіз.-мат. науки. – С 129-133.
6. Потапов А.А. Фракталы в радиофизике и радиолокации.- М.: Логос, 2002.-664с.(с.91)
7. V. Yu. Kramarenko, T.A. Ezquerra,V.P. Privalko. Probing the subglass relaxation behavior in model heterocyclic polimer networks by dielectric spectroscopy. Physical Review E, Volume 64, (2001)

УДК 539.3:534.1:62

МИНИМИЗАЦИЯ МАССЫ МНОГОСЛОЙНЫХ КОМПОЗИТНЫХ ПЛАСТИН ПРИ ИМПУЛЬСНОМ НАГРУЖЕНИИ**Сметанкина Н.В., канд. техн. наук***(г. Харьков, Украина)*

The problem of optimal synthesis of multilayered cross-ply plates with a minimal mass at impulse loading is stated and solved. The solving method is based on the hybrid search optimization method with adaptive control of computing process.

Задача оптимального проектирования многослойных композитных конструкций является существенно многокритериальной. Она близка к реальной проектной ситуации, в которой необходимо удовлетворить одновременно нескольким противоречивым показателям качества (жесткость, прочность, масса). Многослойные композиты позволяют за счет изменения количества армирующих волокон, направлений армирования и порядка укладки слоев создавать конструкции, обладающие рядом преимуществ по сравнению с многослойными конструкциями, составленными из однородных слоев. Это обстоятельство обуславливает широкое применение композитных пластин элементов в транспортном машиностроении, авиационном и космическом машиностроении.

Анализ публикаций [1, 2] показывает, что чаще всего рассматриваются задачи оптимизации конструкций в условиях статического нагружения или свободных колебаний. Вопросы оптимального проектирования многослойных композитных пластин и оболочек при нестационарных динамических воздействиях освещены в литературе недостаточно [3]. Это объясняется прежде всего тем, что в подобного рода задачах необходимо оценивать влияние параметров проектирования конструкции на некотором временном интервале ее функционирования, так как заранее неизвестны моменты времени, в которые достигаются экстремальные значения перемещений или напряжений.

В настоящей работе предлагается процедура минимизации массы многослойных ортогонально армированных пластин при импульсном воздействии. Задача формулируется в терминах нелинейного программирования. Варьируемыми параметрами задачи минимизации массы являются толщины слоев $X = \{h_i\}$, $i = \overline{1, I}$ (I – количество слоев). Ограничиваются минимальное значение толщины каждого слоя h_i^- и максимальное значение толщины пакета H^+ . Для оценки прочности слоев используется критерий Хоффмана. Компоненты напряжений в главных осях материала $(\sigma_1^i, \sigma_2^i, \tau_{12}^i, \tau_{13}^i, \tau_{23}^i)$, входящие в критерий прочности, оцениваются на некотором отрезке времени $[0, T]$. Отрезок выбирается так, чтобы на его протяжении проявились все основные факторы, характеризующие процесс нестационарного деформирования. Выбор критерия Хоффмана обусловлен тем, что наиболее часто применяемые критерии максимальных напряжений или деформаций не учитывают взаимодействия компонентов напряжения или деформации, а также тем, что выбранный критерий обобщает критерий Хилла [4] на случай различной прочности материала при растяжении и сжатии.

Таким образом, необходимо отыскать значения независимых параметров $X^* = \{h_i^*\}$, при которых масса слоистой пластины $F_M(X)$ принимает минимальное значение, то есть

$$F_M^* = \min F_M(X), \quad F_M = S \sum_{i=1}^I \rho_i h_i, \quad h_i - h_i^- \geq 0, \quad i = \overline{1, I}, \quad (1)$$

$$H^+ - \sum_{i=1}^I h_i \geq 0. \quad (2)$$

$$\max_{[0, T]} \max_{x, y \in \Omega} \left[C_1^i (\sigma_2^i)^2 + C_2^i (\sigma_1^i)^2 + C_3^i (\sigma_1^i - \sigma_2^i)^2 + C_4^i \sigma_1^i + C_5^i \sigma_2^i + C_6^i (\tau_{23}^i)^2 + C_7^i (\tau_{13}^i)^2 + C_8^i (\tau_{12}^i)^2 \right] \leq 1, \quad (3)$$

где ρ_i – плотность i -го слоя;

$$C_1^i = 0,5(-1/(X_T^i X_C^i) + 1/(Y_T^i Y_C^i)), \quad C_2^i = 0,5(1/(X_T^i X_C^i) - 1/(Y_T^i Y_C^i)), \quad C_3^i = 0,5(1/(X_T^i X_C^i) + 1/(Y_T^i Y_C^i)), \\ C_4^i = 1/X_T^i - 1/X_C^i, \quad C_5^i = 1/Y_T^i - 1/Y_C^i, \quad C_6^i = 1/(R^i)^2, \quad C_7^i = C_8^i = 1/(S^i)^2.$$

Здесь X_T^i, Y_T^i – пределы прочности материала i -го слоя при растяжении, X_C^i, Y_C^i – сжатии, R^i, S^i – сдвиге.

Для решения задачи оптимального проектирования используется эффективный гибридный поисковый метод оптимизации с адаптивным управлением вычислительным процессом. Подробное описание метода дано в работе [5].

Динамическое поведение пластины рассматривается в рамках теории, учитывающей в пределах каждого слоя деформации поперечного сдвига и инерции вращения нормального элемента [6]. Для пакета слоев в целом выполняется гипотеза ломаной линии. Также предполагается несжимаемость материала слоев в поперечном направлении. Перемещения согласно принятым гипотезам представляются в виде

$$u^i = u + \sum_{j=1}^{i-1} h_j \psi_x^j + (z - \delta_{i-1}) \psi_x^i, \quad v^i = v + \sum_{j=1}^{i-1} h_j \psi_y^j + (z - \delta_{i-1}) \psi_y^i, \quad w^i = w, \quad \delta_i = \sum_{j=1}^i h_j, \quad \delta_{i-1} \leq z \leq \delta_i, \quad i = \overline{1, I},$$

где $u = u(x, y, t)$, $v = v(x, y, t)$, $w = w(x, y, t)$ – перемещения точки координатной плоскости в направлении координатных осей Ox , Oy и Oz ; $\psi_x^i = \psi_x^i(x, y, t)$, $\psi_y^i = \psi_y^i(x, y, t)$ – углы поворота нормального элемента в i -м слое вокруг осей Ox и Oy ; t – время. Граничные условия на контуре и уравнения движения пластины под действием импульсной нагрузки приведены в работе [6].

В качестве иллюстрации рассматривается задача о минимизации квадратной шарнирно опертой двухслойной пластины, нестационарные колебания которой были исследованы в статье [7]. Слои пластины выполнены из эпоксидного углепластика со следующими упругими и предельными характеристиками: $E_2^i = 21$ ГПа, $E_1^i = 25E_2^i$ (модули упругости); $G_{12}^i = G_{13}^i = G_{23}^i = 0,5E_2^i$ (модули сдвига); $\nu_1^i = 0,25$ (коэффициент Пуассона); $X_T^i = 1515$ МПа, $X_C^i = 1697$ МПа, $Y_T^i = Y_C^i = 43,8$ МПа, $R^i = 67,6$ МПа, $S^i = 86,9$ МПа; $i = 1, 2$. Плотность материала – $\rho_i = 800$ кг/м³; $i = 1, 2$; углы армирования – $\theta_1 = 0^\circ$, $\theta_2 = 90^\circ$. Длина стороны пластины равна 0,25 м, минимальная толщина слоя $h_i^- = 0,5$ мм, максимальная толщина пакета $H^+ = 3,5$ мм. Пластина находится под действием поперечной импульсной нагрузки $P = P_0 H(t)$, равномерно распределенной по всей области пластины ($H(t)$ – функция Хевисайда, $P_0 = 0,1$ МПа). Длительность характерного отрезка времени выбрана равной 2,5 мс.

Толщины слоев до оптимизации – $h_i^0 = 25$ мм, значение функции цели в стартовой точке составляет $F_M^0 = 2,5$ кг. В результате минимизации массы найдено две экстремальных точки – a и b , что является следствием невыпуклости границы области допустимых значений (ОДЗ), определяемой требованиями к прочности слоев (3). В точке a варьируемые параметры и функция цели принимают значения $h_1^* = 0,5$ мм, $h_2^* = 1,81$ мм, $F_M^* = 0,115$ кг, в точке b – $h_1^* = 2,5$ мм, $h_2^* = 0,5$ мм, $F_M^* = 0,15$ кг. Лучшему проекту отвечают параметры в точке a .

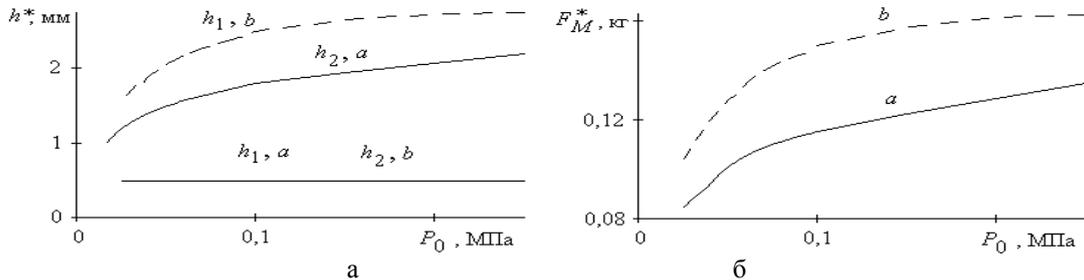


Рис. 1. Зависимость оптимальных параметров от интенсивности нагрузки/

Также исследовано влияние интенсивности нагрузки P_0 на оптимальный проект при ее изменении в пределах $0,025 \text{ МПа} \leq P_0 \leq 0,25 \text{ МПа}$. При любом фиксированном значении интенсивности нагрузки также найдено две экстремальных точки. На рис. 1 приведена зависимость величин h_1^* , h_2^* и F_M^* от значения интенсивности нагрузки P_0 в точках экстремума. Лучший проект определяется графическими зависимостями в точке a при любом значении P_0 .

На рис. 2 построена ОДЗ варьируемых параметров при различных значениях P_0 (a – $P_0 = 0,04$ МПа, b – $P_0 = 0,1$ МПа). Прямые 1 и 2 отвечают ограничениям (1). Кривые 3 и 4 являются геометрическими образами ограничений (3), налагаемых на напряжения в первом и втором (штриховая линия) слоях. Прямая 5 соответствует ограничению (2). ОДЗ варьируемых параметров G заштрихована. Искомым оптимальным проектам отвечают значения параметров в точках a и b на границе области.

Таким образом, разработана методика оптимального проектирования многослойных композитных пластин минимальной массы при импульсном нагружении, учитывающая геометрические и прочностные ограничения. На практике

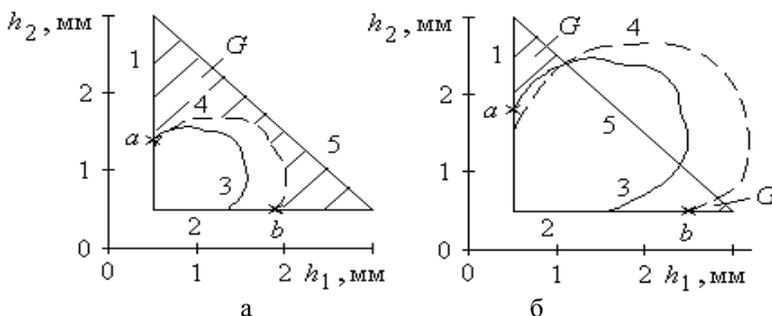


Рис. 2. Область допустимых значений варьируемых параметров.

характеристики материалов слоев в многослойных конструкциях ограничены наборами стандартных значений. Однако, результаты решения оптимизационных задач позволяют оценить резервы реальных конструкций и то, как близко они находятся к оптимальным конструкциям.

Литература

1. Olhoff N. On optimum design of structures and materials // *Meccanica*.– 1996.– V. 31, N. 2.– P. 143-161.
2. Kalamkarov A.L., Kolpakov A.G. Analysis, design and optimization of composite structures. – Chichester: John Wiley&Sons, 1997.– 478 p.
3. Абросимов Н.А., Баженов В.Г., Столов В.П. Оптимальное проектирование многослойных композитных оболочек вращения нерегулярной структуры при импульсных и ударных воздействиях // *Механика композитных материалов*. – 1980. – № 6. – С. 1087 – 1093.
4. Композиционные материалы: в 8-ми т.– Т. 7. Анализ и проектирование конструкций. Ч. 1 / Под. ред. К. Чамиса.– М.: Машиностроение, 1978.– 300 с.
5. Шелудько Г.А., Шупіков О.М., Сметанкіна Н.В., Угрімов С.В. Прикладний адаптивний пошук. – Харків: Око, 2001. – 192 с.
6. Сметанкіна Н.В. Исследование динамического отклика многослойных композитных пластин сложной формы в плане // *Вестник НТУ «ХПИ»*.– Динамика и прочность машин.– Харьков: НТУ «ХПИ», 2004.– № 20.– С. 91-98.
7. Reddy J.N. Dynamic (transient) analysis of layered anisotropic composite-material plates // *Int. J. Num. Meth. Engng*.– 1983.– V. 19.– P. 237-255.

УДК 621.318.3.001.2

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ТРЕХКООРДИНАТНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ВИБРОСТЕНДА

Божко А.Е., член-корр. НАН Украины, Белых В.И., канд. техн. наук, Мягкохлеб К.Б.
(г. Харьков, Украина)

In the report the features of construction of mathematical model of movement(traffic) of a platform of the three-coordinate electromagnetic vibrating stand (EMVS) are shown. On the basis of the developed mathematical model the block diagram EMVS is made. The ways of indemnification of angular fluctuations are shown.

В современной испытательной технике многокоординатные вибростенды играют важную роль в решении задач сокращения времени испытаний и повышения достоверности получаемых оценок, поскольку формируемые на них вибрации наиболее полно соответствуют эксплуатационным нагрузкам [1]. Зная математические модели ЭМВС и представляя себе структуры этих ЭМВС, можно более четко ориентироваться в существе преобразований задающих воздействий при получении необходимых перемещений платформы стенда [2, 3].

Рассмотрим трехкоординатный ЭМВС, приведенный на рис. 1. Принцип возбуждения колебаний платформы, связанной с тремя якорями определенным образом, основано на воздействии на якоря переменным магнитным полем, действующим одновременно по трем направлениям.

Уравнения динамики трехкоординатного ЭМВС, полученные на основании уравнений Лагранжа-Максвелла [4], имеют вид

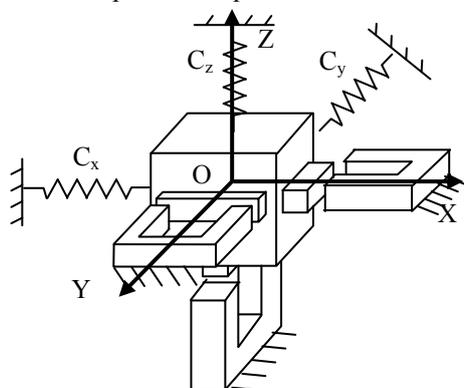


Рис.1. Общий вид ЭМВС.

$$m\ddot{x} + b_x\dot{x} + c_x x = DI_x^{*2} \left[a + \frac{1}{2} \delta(\Psi + \theta) \right]$$

$$m\ddot{y} + b_y\dot{y} + c_y y = -c_y \Psi a + DI_y^{*2} \left[a + \frac{1}{2} \delta(\varphi + \Psi) \right]$$

$$m\ddot{z} + b_z\dot{z} + c_z z = DI_z^{*2} \left[a + \frac{1}{2} \delta(\varphi + \theta) \right]$$

$$J_z \ddot{\varphi} = -J_z \ddot{\Psi} + \frac{1}{2} D \delta \left[I_y^{*2} (\delta - y) + I_z^{*2} (\delta - z) \right]$$

$$J_z \ddot{\Psi} + c_y \varphi a^2 + b_y \dot{\Psi} a^2 = -J_z \ddot{\varphi} - c_y y a - b_y \dot{y} a + \frac{1}{2} D \delta \left[I_x^{*2} (\delta - x) + I_y^{*2} (\delta - y) \right]$$

$$J_x \ddot{\theta} = \frac{1}{2} D \delta \left[I_x^{*2} (\delta - x) + I_z^{*2} (\delta - z) \right]$$

$$\begin{aligned} \dot{I}_x^* \left[a + \delta - x + \frac{1}{2} \delta (\Psi + \theta) \right] + I_x^* \left[\frac{R_x (\delta - x)}{2D} - \left(\dot{x} - \frac{1}{2} \delta (\dot{\Psi} + \dot{\theta}) \right) \right] &= \frac{U_x}{2D} \\ \dot{I}_y^* \left[a + \delta - y + \frac{1}{2} \delta (\varphi + \Psi) \right] + I_y^* \left[\frac{R_y (\delta - y)}{2D} - \left(\dot{y} - \frac{1}{2} \delta (\dot{\varphi} + \dot{\Psi}) \right) \right] &= \frac{U_y}{2D} \\ \dot{I}_z^* \left[a + \delta - z + \frac{1}{2} \delta (\varphi + \theta) \right] + I_z^* \left[\frac{R_z (\delta - z)}{2D} - \left(\dot{z} - \frac{1}{2} \delta (\dot{\varphi} + \dot{\theta}) \right) \right] &= \frac{U_z}{2D} \end{aligned}$$

где $I_q^* = \frac{I_q}{\delta - q}$; $D = \frac{w^2 \mu \mu_0 (a + \delta)}{2}$, q – линейные обобщенные координаты.

Здесь введены следующие обозначения: m – масса платформы; C_x, C_y, C_z – коэффициенты жесткости упругих элементов, установленных соответственно по координатам X, Y, Z ; $x, y, z, \varphi, \psi, \theta$ – перемещения массы m ; b_x, b_y, b_z – коэффициенты диссипации; J_x, J_y, J_z – моменты инерции платформы. I_x, I_y, I_z – токи в катушках, δ – величина воздушных зазоров, $(a + \delta)(a + \delta - x + \frac{1}{2} \delta \Psi + \frac{1}{2} \delta \theta)$, $(a + \delta)(a + \delta - y + \frac{1}{2} \delta \varphi + \frac{1}{2} \delta \Psi)$, $(a + \delta)(a + \delta - z + \frac{1}{2} \delta \varphi + \frac{1}{2} \delta \theta)$ – площади воздушных зазоров по координатам X, Y, Z соответственно, a – сторона сечения магнитопровода, w – число витков, R – активное сопротивление катушек, μ, μ_0 – магнитные проницаемости.

Для составления структурной схемы трехкоординатного ЭМВ воспользуемся преобразованием Лапласа

$$\begin{aligned} x(mp^2 + b_x p + c_x) &= DI_x^{*2} \left[a + \frac{1}{2} \delta (\Psi + \theta) \right] \\ y(mp^2 + b_y p + c_y) &= -c_y \Psi_a + DI_x^{*2} \left[a + \frac{1}{2} \delta (\varphi + \Psi) \right] \\ z(mp^2 + b_z p + c_z) &= DI_z^{*2} \left[a + \frac{1}{2} \delta (\varphi + \theta) \right] \end{aligned}$$

$$\varphi I_z p^2 = -\Psi I_z p^2 + \frac{1}{2} D \delta [I_y^{*2} (\delta - y) + I_z^{*2} (\delta - z)]$$

$$\Psi (J_z p^2 + b_y a^2 p + c_y a^2) = -\varphi J_z p^2 - y (p b_y a + c_y a) + \frac{1}{2} D \delta [I_x^{*2} (\delta - x) + I_y^{*2} (\delta - y)]$$

$$\theta J_x p^2 = \frac{1}{2} D \delta [I_x^{*2} (\delta - x) + I_z^{*2} (\delta - z)]$$

$$I_x^* = \frac{U_x}{2D(a + \delta)p + R\delta} + I_x^* x \frac{(4Dp + R)}{2D(a + \delta)p + R\delta} - I_x^* \frac{2D\delta}{2D(a + \delta)p + R\delta(\Psi + \theta)}$$

$$I_y^* = \frac{U_y}{2D(a + \delta)p + R\delta} + I_y^* y \frac{(4Dp + R)}{2D(a + \delta)p + R\delta} - I_y^* \frac{2D\delta(\varphi + \Psi)}{2D(a + \delta)p + R\delta}$$

$$I_z^* = \frac{U_z}{2D(a + \delta)p + R\delta} + I_z^* z \frac{(4Dp + R)}{2D(a + \delta)p + R\delta} - I_z^* \frac{2D\delta(\varphi + \theta)}{2D(a + \delta)p + R\delta}$$

Введем следующие обозначения

$$\frac{1}{2D(a + \delta)p + R\delta} = W_1$$

$$\frac{1}{mp^2 + b_x p + c_x} = W_2$$

$$\frac{1}{mp^2 + b_y p + c_y} = W_3$$

$$\frac{1}{mp^2 + b_z p + c_z} = W_4$$

$$4Dp + R = W_5$$

$$\begin{aligned}
 4D &= W_6 & pb_y a + c_y a &= W_{13} \\
 D &= W_7 & \frac{1}{2} \delta D & \\
 a &= W_8 & \frac{2}{J_z p^2} &= W_{15} \\
 \frac{1}{2} \delta &= W_9 & \frac{1}{2} \delta D & \\
 \delta &= W_{10} & \frac{2}{J_x p^2} &= W_{16} \\
 \frac{1}{2} \delta D &= W_{11} & \frac{c_y a}{m p^2 + b_y p + c_y} &= W_{17} \\
 J_z p^2 &= W_{12} & &
 \end{aligned}$$

Структурная схема трехкоординатного ЭМВ представлена на рис.2. Как видно из структурной схемы в системе имеются угловые колебания, которые не поддаются компенсации при принятой начальной конструкции трехкоординатного ЭМВ. Для компенсации угловых колебаний необходимо увеличение числа электромагнитных вибраторов по каждой координате.

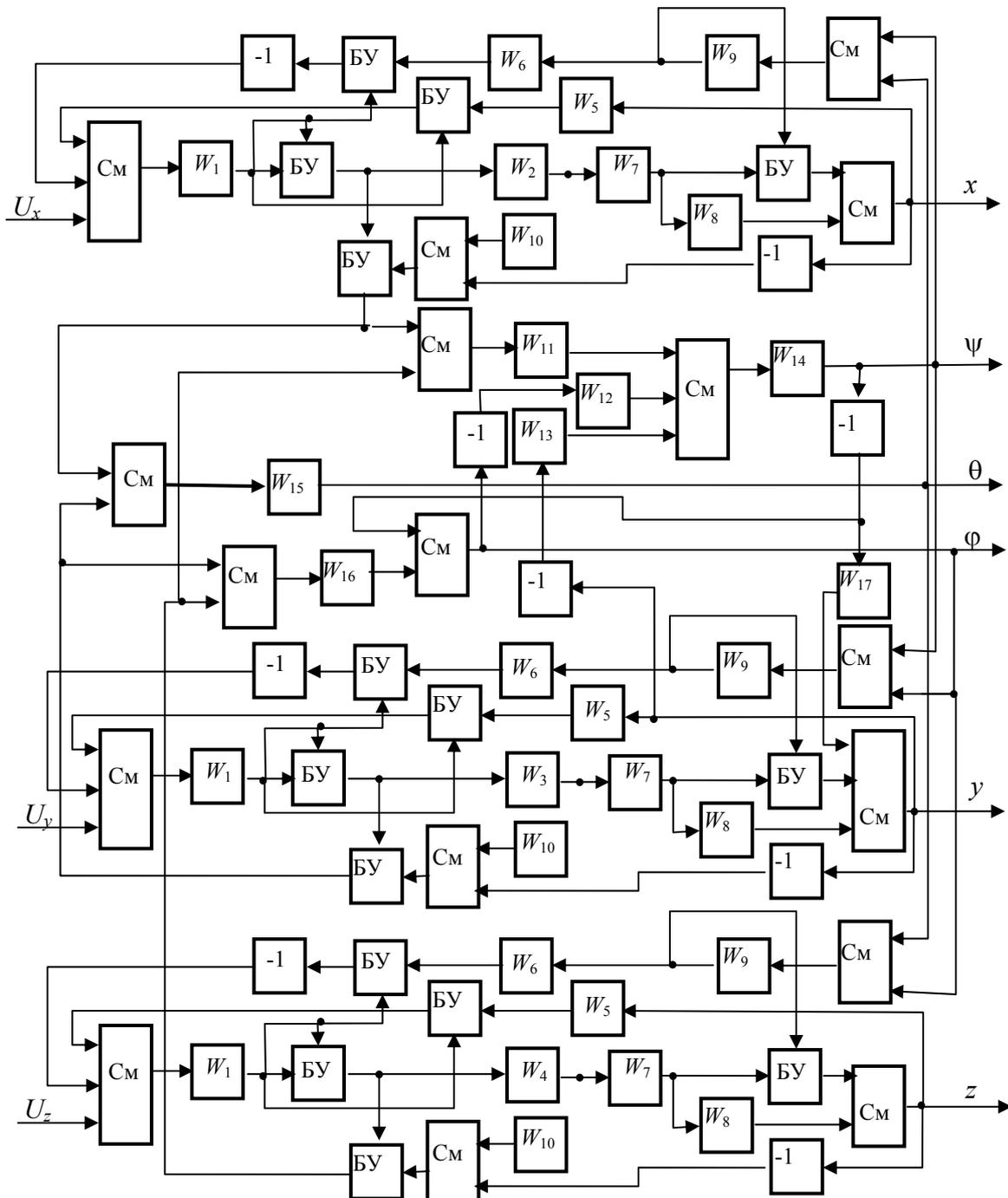


Рис.2. Структурная схема трехкоординатного вібростенда.

Литература

1. Божко А.Е., Гноевой А.В., Шпачук В.П. Пространственное вибровозбуждение. Наук. думка, 1987.- 192с.
2. Клименко Б.В. Форсированные электромагнитные системы. М.: Энергоатомиздат, 1989.- 160 с.
3. Теория автоматического управления / Под ред д.т.н., проф. А.В. Нетушила. М.: Высш. шк., 1976.- 400 с.
4. Божко А.Е. Оптимальное управление в системах воспроизведения вибраций. Киев: Наук. думка, 1977.- 219 с.

УДК 623.921

НЕКОТОРЫЕ ВЗГЛЯДЫ НА МЕХАНИКУ РАЗРУШЕНИЯ**Дудин А.Т.***(г. Евпатория, Украина)**In work some sights at mechanics of destruction are stated.*

Для обеспечения прочности конструкции необходимо знать причины и характер ее возможного разрушения. Что же такое разрушение? Почему в мире происходит все больше и больше аварий и катастроф по причине “внезапного” образования и роста трещин? Что не учитывается в существующих расчетах? Какая природа и какие явления являются образующими факторами трещин? Что нового необходимо ввести в расчеты на прочность, чтобы спасти тысячи жизней?

Проблема предотвращения разрушения приобрела первостепенное значение. Практически – это стратегия экономики страны.

Для предотвращения образования и роста трещин, необходимо четко знать причины и характер разрушений. Для этого необходимо знать начало разрушения материала, от чего зависит скорость разрушения, меры, уменьшающие скорость разрушения и их эффективность, до какой степени они допустимы.

В металлах под действием переменных нагрузок и температур непрерывно идет процесс разрушения по всему объему материала. На границах зерен накапливаются окиси, закиси, окиси-закиси, из зерен выделяется растворимый в металле газ, что ведет к увеличению нагрузок между зернами и образованию микротрещин. При изменении температуры на границе зерен находящиеся окиси (закиси) имеют коэффициент линейного расширения, отличный от коэффициента линейного расширения кристаллов и зерен. Это приводит к разрушению связей по границе зерен.

Разрушение вещества от нагрузки, от температурных воздействий, от времени, от магнитных и электрических полей, блуждающих токов, от изменения структурных превращений, влияния примесей, свободного контакта с другими материалами, от изменения среды, от вибрационных нагрузок и ультразвука, изменения массы, толщины и поперечного сечения – эти и другие виды разрушений частично рассмотрим при производстве некоторых материалов, изготовлении деталей и их эксплуатации, а также возможные методы изменения скорости и объемов разрушения на каждой стадии.

Новые взгляды на процессы разрушения позволят более точно построить математическую модель разрушения, продлить срок службы конструкции, ликвидировать аварии и катастрофы, спасти жизнь людей.

Зная законы механики разрушения, с целью уменьшения аварий и катастроф, расширим возможности методов и способов обработки материалов.

В современных расчетах на прочность ведется расчет по допустимым напряжениям и деформациям по предельному сечению конструкции (изделия). Однако, при этом не учитывается процесс механики разрушения как на стадии изготовления материала конструкции (однородности структуры), так и во время эксплуатации конструкции в зависимости от характера действующих нагрузок, среды эксплуатации, воздействия температур, вибраций, статических напряжений, т.е. воздействия комплекса отрицательных факторов.

Отсутствует расчет срока службы конструкций при минимальных, средних, максимальных и переменных импульсных нагрузках, что не позволяет прогнозировать срок службы конструкции.

Вначале рассмотрим причины образования трещин при производстве металла. Атомарные газы: кислород, азот, водород, находясь в химическом соединении с элементами расплавленной стали, образуют после остывания хрупкий металл. Нитриды, сульфиды, фосфиды, растворяясь в железе, при охлаждении образуют перенасыщенный твердый раствор, обладающий весьма большой хрупкостью. С течением времени из твердого раствора выпадают отдельные компоненты. Они образуют новую структуру, отличную от структуры основного металла, т.е. идет процесс химического старения, сопровождающийся снижением вязкости, пластичности и в этом отношении является вредным процессом.

Растворители стали и вещества, переводящие растворимые в железе вещества в нерастворимые и при малой скорости охлаждения выводящие их вверх, оставаясь в металле, также способствуют образованию трещин.

При остывании образуются усадочные трещины.

Трещины возникают в металле под влиянием мартенситного превращения. Мартенсит обладает меньшей удельной плотностью ($7,5 \text{ г/см}^3$) по сравнению с удельной плотностью перлита ($7,8 \text{ г/см}^3$). Это ведет к созданию дополнительных внутренних напряжений между частицами металла, что вызывает появление трещин.

Как отмечалось выше, разрушение происходит в результате заложенных дефектов в материале; дефектов и напряжений, образованных во время изготовления конструкции и в результате превышения допустимых нагрузок во время эксплуатации. Поэтому расчет на разрушение надо начинать с момента изготовления материала,

определяя количество возможных заложенных дефектов. Необходимо учитывать форму конструкции детали, площадь отверстий, методы обработки, количество сварочных швов, их объем и длину в соизмерении с размерами детали, термическую обработку, наличие ударных нагрузок, среду и условия эксплуатации, периодичность эксплуатации.

Что известно из теории механики разрушений?

По А.А. Гриффитсу, с учетом закона сохранения энергии, зависимость для определения длины трещины l от приложенной нагрузки P имеет вид: $P \cdot \sqrt{l} = C$.

Для хрупкого разрушения C есть постоянная величина, она выражается через физико-математические характеристики материала. Эта зависимость показывает, что если в теле имеется трещина некоторой начальной длины, то при увеличении нагрузки она не будет расти до тех пор, пока нагрузка не достигнет критического значения для данной трещины. При достижении критического значения нагрузки произойдет спонтанный рост трещины и тело разрушится.

При испытаниях образцов с предварительно созданной трещиной из одного и того же материала, было обнаружено, что для каждого материала величина нагрузки изменяется в зависимости от длины трещины по определенному закону, который выражается предельным коэффициентом интенсивности напряжений. Так же экспериментально было установлено, что величина предельного коэффициента зависит от толщины образца. С увеличением толщины образца до некоторого значения, величина предельного коэффициента убывает, а при переходе этого значения – увеличивается.

Существует еще одна характеристика – это чувствительность материала к трещине. С физической точки зрения она определяет критическое раскрытие вершины трещины, при котором происходит развитие трещины. Приведенные характеристики используются в материаловедении для получения новых сплавов с повышенным сопротивлением к росту трещин.

С учетом сказанного и основываясь на справочных данных, ниже предлагается подход к выводу формулы времени возникновения трещины в деталях из стали под воздействием различных факторов.

Здесь не ставится цель вывести всеобъемлющую формулу, учитывающую влияние всех факторов. Здесь ставится цель дать направление расчета времени службы детали с момента получения материала до момента образования опасных для эксплуатации трещин. Учитывая, что в данном направлении работы не проводились, то некоторые приведенные коэффициенты могут быть спорными, требующими экспериментальных исследований и уточнений. Некоторые коэффициенты в формулу не будут вводиться умышленно, чтобы активизировать поиск основной проблемы в данном направлении и не делать концентрации внимания на частных случаях. В данной формуле будет мало внимания уделяться и факторам, продлевающим время существования детали без появления опасных трещин.

Все эти вопросы в работе раскрыты. Поэтому в формуле будут учитываться те или иные факторы применительно к конкретным условиям изготовления материала и детали, термической или химико-термической обработке детали, условиям и среде эксплуатации. Этим данная работа расширяет возможности расчета на прочность, устойчивость к трещинообразованию, в том числе за счет ввода новых коэффициентов, учитывающих точность изготовления, особенности обработки впадин, сварных соединений и т.д. Данная работа также расширяет наши представления о причинах образования трещин в материале под влиянием различных факторов и сроке службы детали от начала изготовления материала для детали (учитывая структуру материала, шероховатость поверхности детали).

Известно, что чем меньше содержание углерода в стали и больше температура нагрева, тем больше способность растворения химических элементов в железе.

При температуре плавления железа 1539°C , закись железа FeO растворяется в железе до концентрации 0,21% кислорода, нитриды железа Fe_3N и Fe_2N – до 0,065% азота, водорода – 0,0008%, сульфида железа – до 0,7% серы. Много растворяется в железе фосфора, образуя Fe_3P , Fe_2P , FeP .

Для определения показателей свариваемости легированных сталей, каждый легирующий элемент, находящийся в стали, по своему эффекту на показатель качества свариваемости приравнивается к углероду. Эквивалентное количество углерода определяется по формуле:

$$C_3 = C + \frac{M_n}{6} + \frac{C_r + M_o + V}{5} + \frac{N_i + C_r}{15},$$

где содержание углерода и легирующих элементов дается в процентах.

Плохо свариваются стали с содержанием углерода $C_3 > 0,45\%$. Они склонны к появлению закалочных структур и образованию трещин. Стали с содержанием углерода более 0,45% требуют специальных технологических приемов: предварительного, сопутствующего подогрева, медленного охлаждения, термообработки.

Легирующие добавки определяют свойства стали. Благодаря им повышаются: жаростойкость, коррозионная стойкость, твердость, прочность, износостойкость, упругость, свариваемость, механические свойства, режущие свойства, сопротивление ударным нагрузкам, кислотостойкость. Они способствуют измельчению структуры. Например, молибден и никель улучшают механические свойства и свариваемость, ванадий улучшает пластические свойства и измельчает структуру, хром и никель улучшают механические свойства и повышают коррозионную стойкость и жаростойкость, кобальт увеличивает ударную вязкость и жаропрочность. Как видим, каждый элемент вносит свои определенные свойства в характеристику стали.

Используя вышеприведенные данные, получим формулу для расчета времени возникновения опасных тре-

щин в деталях из стали в зависимости от различных факторов с момента производства стали. В расчетах принимаем линейную зависимость свойств материала от количества присутствия тех или иных элементов. При более точном расчете необходимо вводить поправочные коэффициенты.

Для углеродистой стали:

$$B = 10 \cdot K_S \cdot K_P \cdot K_H \cdot K_O \cdot K_N \cdot K_C \cdot K_{C-э\kappa\beta} \cdot K_{ш\text{ер.пов}} \cdot K_{HB} \cdot K_T \cdot K_{\text{скор.закалки}}$$

Для легированной стали:

$$B = 10 \cdot K_S \cdot K_P \cdot K_H \cdot K_O \cdot K_N \cdot K_C \cdot K_{C-э\kappa\beta} \cdot K_{ш\text{ер.пов}} \cdot K_{HB} \cdot K_T \cdot K_{\text{скор.закалки}} \times \\ \times K_{\text{лег.эл.}\text{Ni}} \cdot K_{\text{лег.эл.}\text{Cr}} \cdot K_{\text{лег.эл.}\text{W}} \cdot K_{\text{лег.эл.}\text{Mn}} \cdot K_{\text{лег.эл.}\text{Si}} \cdot K_{\text{лег.эл.}\text{Mo}} \cdot K_{\text{лег.эл.}\text{V}} \dots$$

где 10 – срок службы детали без влияния отрицательных факторов при температуре 20°C (в годах); K_S – коэффициент, учитывающий наличие серы в стали ($K_S=1$ при наличии серы в стали 0%). Известно, что при температуре 1539°C в стали растворяется серы 0,7% (принимаем $K_S=0,01$ при количестве серы в стали 0,7%); K_P – коэффициент, учитывающий наличие фосфора в стали ($K_P=1$ при наличии фосфора в стали 0%). При наличии фосфора в стали 0,6% принимаем $K_P=0,01$; K_H – коэффициент, учитывающий растворимость в стали атомарного водорода. При температуре 1539°C водорода растворяется 0,0008%. Следовательно, $K_H=1$ при 0% растворенного водорода и $K_H=0,01$ при 0,0008%; K_O – коэффициент, учитывающий растворимость в стали кислорода. При 1539°C кислорода растворяется 0,21%. Следовательно, $K_O=1$ при 0% растворенного кислорода и $K_O=0,01$ при 0,21%; K_N – коэффициент, учитывающий содержание азота в стали. При 1539°C азота растворяется 0,065%. Следовательно, $K_N=1$ при 0% растворенного азота и $K_N=0,01$ при 0,065%; K_C – коэффициент, учитывающий содержание углерода в стали. $K_C=1$ при 0% растворенного углерода и $K_C=0,01$ при 2,14%; $K_{C-э\kappa\beta}$ – коэффициент, учитывающий в углеродистой и легированной стали содержание углерода только при наличии сварочных швов; $K_{C-э\kappa\beta}=1$ при 0% растворенного углерода и $K_{C-э\kappa\beta}=0,01$ при 0,45% и более; $K_{ш\text{ер.пов}}$ – коэффициент, учитывающий шероховатость поверхности при среднем арифметическом отклонении R_a профиля, мкм.

При $R_a=0,008$ мкм $K_{ш\text{ер.пов}}$ $R_a P_a=1$.

При $P_a=100$ мкм $K_{ш\text{ер.пов}}$ $P_a=0,01$.

P_z – высота неровностей профиля по десяти точкам и наибольшая высота неровностей P_{max} профиля, мкм.

При $P_z=0,025$ $K_{ш\text{ер.пов}}$ $P_z=1$.

При $P_z=1600$ $K_{ш\text{ер.пов}}$ $P_z=0,01$.

K_{HB} – коэффициент, учитывающий твердость стали по Бриннелю. Для углеродистой стали: при $HB=80$, $K_{HB}=1$; при $HB=1000$, $K_{HB}=0,01$. Для легированной стали: при $HB=2000$, $K_{HB}=0,01$; при $HB=100$, $K_{HB}=1$;

K_T – температурный коэффициент при эксплуатации детали. При температуре 20°C $K_T=1$; при температуре -60°C и +100°C $K_T=0,01$.

$K_{\text{скор.закалки}}$ – коэффициент скорости закалки детали. При скорости закалки 50 град/сек и ниже $K_{\text{скор.закалки}}=1$. При скорости закалки 250 град/сек $K_{\text{скор.закалки}}=1$.

Коэффициенты легирующих элементов в основном увеличивают продолжительность службы детали, поэтому они будут больше единицы. В каждом коэффициенте данного легирующего элемента учитывается его комплексное влияние на сплав: это и возможное повышение температуры эксплуатации, и улучшение структуры сплава, и увеличение сопротивления ударным нагрузкам, и увеличение износостойкости, и повышение упругих свойств и т.д.

Рассчитать сечение детали по допустимым предельным нагрузкам с учетом запаса прочности, найти величину коэффициента интенсивности напряжений – все это еще не давало гарантии от разрушений, так как в расчетах не учитывалось время существования детали с момента изготовления материала до момента появления опасных трещин, а механика разрушения закладывается в материал при его производстве. Эта форма расчета позволяет определить срок службы детали, учитывая срок хранения материала и процессы его старения от различных факторов. Зная эти причины, необходимо рассмотреть вопросы, продлевающие жизнь сплавам и срокам службы деталей на стадиях производства сплава, изготовления детали и ее эксплуатации, восстановления детали после определенного срока эксплуатации, а также рассмотреть с новой точки зрения механику разрушения, так как некоторые вопросы в ней рассматриваются на уровне следствия, а не причин, их вызывающих. Механика разрушения закладывается в структуру самого металла, сплава, вещества во время его перехода из жидкого состояния в твердое и определяется наличием в этом веществе количества разрушающих субстанций, скоростью охлаждения и дальнейшей их эксплуатацией при частоте смены температур, проходящих через критические точки перехода компонентов (веществ), образующих сплав. В сплавах находятся разные вещества, кото-

рые имеют разный температурный коэффициент линейного расширения: C, P, S, Bi и т.д. Многие из них увеличивают твердость, пластичность, но они все имеют разную температуру плавления и кроме того в их чистом виде при разных температурах происходят фазовые переходы с изменением объемов и свойств.

Кристаллы в сплаве не все однородные: одни имеют атомы внедрения, другие – атомы замещения, а третьи остаются чистыми. Поэтому при изменении температуры коэффициент их линейного расширения будет разный и два кристалла, находящихся рядом и имея разный коэффициент линейного расширения, работают как биметаллические пластинки, т.е. возникает внутреннее межкристаллическое напряжение. Кроме того, кристаллы располагаются между собой не всегда строго ориентированно, а поэтому в разных сечениях кристалла проявляются совершенно другие свойства, что при изменении температуры также вызывает внутренние напряжения.

Поэтому механику разрушения надо изучать, рассматривая сплавы при изменении температуры без внешних нагрузок и с внешними нагрузками. Для этого лучше строить временные графики, которые от разных факторов при сложении дают критические точки по времени эксплуатации, например:

- вероятность воздействия температурных переходов;
- вероятность воздействия нагрузок.

Складывая две линии колебаний, получим пиковые значения от совместного воздействия температурных переходов и нагрузок. А поэтому появляется возможность избежать критических значений этих неблагоприятных факторов, изменяя нагрузку или температурные режимы, т.е. продлевая срок службы конструкции.

В статье “Механика разрушения” (автор Патон В.), опубликованной в журнале “Наука и жизнь” №12 за 1974 год, учитываются силы образования трещин только разрывного, отрывного характера, поперечного сдвига, продольного сдвига, но не учитываются силы сжатия, изгиба, кручения, которые влияют на процесс разрушения не менее, чем вышеуказанные. Атомы между собой притягиваются. Но если их сблизить, они начинают отталкиваться. Что происходит при изготовлении деталей: ковке, штамповке, волочении и т.д.

При волочении растяжение и уплотнение одновременно – одно компенсируется другим. Здесь также закладывается образование трещин. Влияние температурной зависимости и напряжений сжатия, изгиба, кручения на образование трещин в данном сплаве изучены не достаточно, например, циклические изменения температуры при кручении: сколько циклов выдержит данный материал, или количество упругих скручиваний на одно и то же количество градусов при определенной температуре, или количество циклов изменений температуры и количество циклов скручиваний при их совпадении и т.д.

При наличии таких данных возможно нахождение резонансной кривой разрушений по графику за определенный промежуток времени. По таким графикам возможно вероятностное прогнозирование эксплуатации детали, так и во время эксплуатации при работе самописцев аварийное отключение с целью предупреждения аварий и катастроф.

До сих пор нет описания причин возникновения напряжений на вершине трещины, а это позволяет объяснить явление роста трещины без приложенного напряжения. В этой работе рассмотрим несколько причин роста трещин без приложенного напряжения и возможные методы борьбы с этим явлением.

Одна из причин роста трещин в металле (сплаве) – это мгновенное окисление поверхности металла в вершине трещины. Окисляемая (ржавая) поверхность увеличивается в объеме и действует как клин, разрушая металл (сплав). Вот почему трещины в агрессивной среде растут быстрее. Вывод – для уменьшения роста трещины самопроизвольно без нагрузки, надо вершину трещины изолировать от окисляемой и агрессивной среды.

Другая причина самопроизвольного роста трещин – это во время образования поверхностей трещин делится электрический потенциал и обе поверхности имеют одинаковый потенциал, например, два минуса или два плюса, которые отталкивают поверхности трещин друг от друга. Кроме того эти потенциалы другие, чем потенциалы основного вещества, поэтому трещина стремительно растет в сторону этого потенциала. При образовании трещины возле ее вершины, по причине образования окисной пленки и образования одинаковых потенциалов,

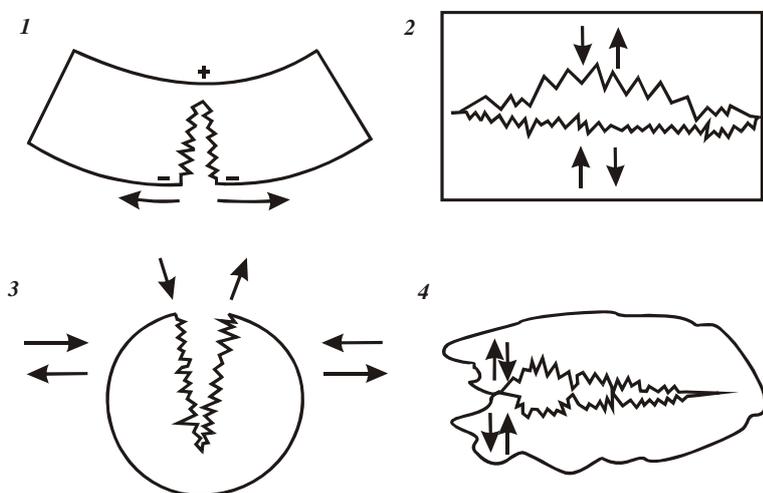


Рис. 1. Характер образования трещин.

на поверхности трещины появляется усилие, а вследствие того, что материал имеет упругость от трещины, деформация передается через материал, который впереди трещины сжимается, что способствует образованию разных потенциалов на вершине трещины и впереди ее. Кроме того, после импульса сжатия наступает импульс растяжения (отдачи, отталкивания атомов в межкристаллических решетках), что снижает прочность материала перед вершиной трещины и трещина легко проходит по этому участку. Такие импульсы могут многократно повторяться и входить в резонанс с образованием электрических потенциалов, скоростью окисления поверхности, упругостью материала и колебаниями атомов

кристаллических решеток. В этих случаях трещина будет распространяться с огромной скоростью без внешних нагрузок.

Образование таких трещин резко снижается на изделиях, имеющих разную толщину профиля и ребра жесткости. Но вдоль ребер жесткости, ввиду разности амплитуд вибраций от внешних нагрузок, появляются свои трещины. Поэтому поверхности из материалов, способных саморазрушаться под воздействием трещин, желательно делать с плавно меняющимся профилем по толщине с двух сторон независимо друг от друга и не повторяя рисунка.

Образование электрических потенциалов при разрушении некоторых материалов с возникновением саморастущих трещин показано на рис. 1, поз. 1.

В настоящее время интенсивность напряжений на вершине трещины рассматривается не в полном объеме и не правильно, что вносит существенную ошибку в механику разрушений и не дает возможности учитывать реакцию материала на внутренние напряжения в момент образования трещины, а следовательно, и на понимание роста трещины в целом.

При образовании трещины не учитывается поперечный сдвиг поверхностей трещины, когда выступы одной поверхности, выходя из впадин другой, переходят на выступы, при этом образуется рычаг Архимеда, а упругость материала заставляет его работать без приложения внешних сил.

На рис. 1, поз 2 показана внутренняя трещина с поперечным сдвигом поверхностей. Вибрация поверхностей от упругости материала продолжается, что способствует росту трещин в двух направлениях. Если возникают внешние нагрузки в резонанс с внутренними, рост трещины может быть непредсказуем.

На рис. 1, поз. 3 показано смещение поверхностей при образовании трещины и деформация изделия.

Во время образования трещины поверхности смещаются одна относительно другой, происходит сдвиг слоев материала, выступы и впадины на микроуровне никогда совместиться больше не могут, т.к. произошло их смещение в результате деформации, перед вершиной трещины от упругости материала создается интенсивное напряжение.

От поперечных сдвигов поверхностей начинает работать закон Архимедова рычага приложения сил. Трещина растет с огромной скоростью. Получается, что с помощью упругой деформации металл рвет сам себя. Рост трещины происходит и после прекращения действия упругих деформаций от разрывов. Он продолжается от воздействия изменения температуры окружающей среды.

На рис. 1, поз 4 показана открытая трещина с поперечным сдвигом, где поверхности выступов поверхностей касаются по длине трещины многократно, а следовательно, при росте трещины влияние рычага Архимеда становится другим, что изменяет влияние упругости материала на рост трещины и на рост трещины в этом случае при внешней нагрузке на ее концы в сторону их сближения, существенного влияния может не оказывать. При внешней нагрузке, разделяющей ее концы, рост трещины может быть меньше ожидаемого результата в виду прогиба материала и опоры вершин выступов на пути к вершине трещины, а также за счет вдавливания и сцепления выступов.

Поэтому на рост трещины существенное влияние оказывают следующие факторы: упругость материала, скорость окисления поверхности материала, образование электрических потенциалов на материале, форма, поверхность и толщина изделия, однородность материала, устойчивость на температурную скорость изменения, т.е. устойчивость к закалочным трещинам, величина расхождения трещины.

В статьях “Механика разрушения” и “Теоретическая и техническая прочность” (автор Патон В.), опубликованных в журнале “Наука и жизнь” №12 за 1974 год, отмечается, что если кристалл погружается в горячую воду, где растворяется поверхность некоторой толщины, измеряется прочность, она в сотни раз выше, что всего в два раза меньше теоретического значения.

Делая выводы из всего вышесказанного, перейдем к теории упрочнения поверхностей. Для металлов и сплавов нужно создать активную противотрещиновую жидкость. Эта жидкость, содержащая кислоту и смазывающую защитную составляющую, в момент образования трещины “тупит” вершину трещины и острые углы на поверхности, смазывая их и покрывая защитной пленкой от дальнейшего окисления.

Для уменьшения трещинообразования предлагается принимать следующие меры:

1. Применение композиционных материалов, послойных “пирогов”.
2. Активных смазывающих покрытий, которые не разрушают краску, но находятся на ее поверхности и при разрушении ее слоя, попадая в трещину металла, ликвидируют выступы, неровности трещины, чем уменьшают ее рост в начальной стадии и предотвратят от последующего окисления. Возможна заливка трещины клеем.
3. Производство металла с равномерным распределением пор, которые при росте трещины служат ловушкой ее вершины.
4. Производство металлов (сплавов), где наполнителем является специальная пыль – шарики, равномерно распределяемые в поверхностных слоях металла, которые в зависимости от металла (сплава) и условий его эксплуатации имеют коэффициенты линейного расширения для каждого конкретного случая больше основного металла, равный основному металлу и меньше основного металла, и будут служить ловушкой для микротрещин, избавят от роста трещин, увеличат срок службы металла (сплава).
5. Магнитная обработка, обеспечивающая дополнительную силу сцепления поверхностных доменов, что противостоит образованию трещин на поверхности металла.
6. Покрытие поверхности основного металла более пластичным металлическим слоем.
7. Образование наплавленных (сплавленных) поверхностей лазером и световым лучом на глубину до 0,001 мм.

8. Образование на поверхности металла лазерным лучом рифленого мозаичного рисунка – микроканавок.
9. Упрочнение поверхностных слоев магнитными и электрическими полями.
10. Изменением направленности микроструктуры в поверхностном слое с помощью создания различных давлений.
11. Создание давлений в шахматном порядке на металлических изделиях при формировании структур металлов (сплавов). Например, при нагревании сталей на 30-50°C выше критической температуры 727°C и выдержке нагрузок на поверхности изделия до полного остывания сплава.
12. Точечного равномерного нагрева всей поверхности металла в шахматном порядке.
13. Точечной равномерной обработке электромагнитными полями.
14. Точечного равномерного покрытия поверхности металла другим более пластичным металлом в шахматном порядке. Микроточки - зависит прочность от расстояния их друг от друга.
15. Точечное сплавление лазерным лучом.
16. Точечное сплавление дуговой сваркой.
17. Точечный наклеп.
18. Внедрение в материал различных пустотелых шариков.
19. Покрытие поверхности смазкой, т.к. смазка разрушает рычаги на поверхности трещины и не дает ей окислиться.
20. Образование пористых структур с заполнением их смазывающими составами.

Особое место занимает механика разрушения, направленная на облегчение обработки металлов резанием, шлифованием и другими способами, при которой трещинообразование на поверхности материала обеспечивает качественное и экономное изготовление деталей. Трещинообразование может быть использовано в новых полупроводниковых приборах. На этих вопросах в данной работе останавливаться не будем.

От механики разрушений происходит в течении определенного времени изменение структуры материала: рост зерна, появление микротрещин, образование пор.

За некоторыми ответственными конструкциями осуществляется контроль физическими и химическими методами, делаются микро- и макротрещины, во многих случаях это приносит положительный результат. Сложность такого контроля заключается в том, что нельзя всю конструкцию испытать этими методами. В тоже время, практически не используется открытие, что во время образования микротрещин и росте трещин образуется ультразвук. А это значит, что на поверхность деталей и внутрь деталей надо устанавливать пьезодатчики, которые во время эксплуатации конструкции будут информировать соответствующее ЭВМ о появлении дефектов и их росте.

При изменении структуры металла изменяется удельное сопротивление прохождению тока, скорость прохождения ультразвука, скорость намагничивания и перемагничивания, изменяется теплопроводность и теплоемкость и т.д.

Поэтому одни и те же датчики могут снимать различные параметры между собой, что дает более полную картину состояния конструкции и характера разрушения.

Даже датчики температур с поверхности конструкции, работающей при переменных нагрузках, показывая разницу температур в конструкциях и скорость ее изменения, количество таких изменений, при регистрации их на ЭВМ, могут предотвратить катастрофу.

Только комплексный подход к механике разрушения с теорией определения предельных нагрузок на определенное сечение, научного подхода к расчету времени образования трещин и мер по предотвращению образования их, а также применения методов современного контроля за образованием трещин при эксплуатации, учета влияния различных факторов в резонансных случаях позволит значительно снизить количество аварий и катастроф.

УДК 629.051:004.932.72

АДЕКВАТНОСТЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ НАВИГАЦИОННЫХ ПОДСИСТЕМ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ СЕТЯМИ ПЕТРИ

Невлюдов И.Ш., докт. техн. наук, Бондаренко А.С.

(г. Харьков, Украина)

There is considered the synthesis problem for mobile robots informational and navigational maintenance on Petri-nets base. The explanation of basic definitions in field of interpreting navigation is given in terms of Petri-nets theory. There is proved the adequacy of mobile robots knowledge representation by expanded Petri-nets.

Современные автономные мобильные системы, в частности, мобильные роботы (МР) разрабатываются для функционирования в априорно неопределенных, – проблемных средах (ПС). В этой связи, на первое место выходит задача синтеза адекватной условиям конкретной ПС навигационной подсистемы (НП) в непосредственной связи со структурой системы знаний МР, в рамках представления которой осуществляется формирование целей его функционирования в данной естественной среде.

Наряду с существованием общей задачи синтеза НП на основе некоторого множества допустимых информационно-двигательных действий и описаний районов информационной эквивалентности, существует задача оптимизации конфигурации вспомогательных средств и, в частности, снижения себестоимости эксплуатации той или иной НП, основным дорогостоящими компонентами которой являются устройства очувствления. В соответствии этому, работой предложено использовать в качестве обратной связи с ПС визуальное сенсорное устройство, характеризваемое, в отличие от лазерных, ультразвуковых или гибридных устройств локации, высо-

кой информационной мощностью наряду с высокой мобильностью и сравнительно низкой себестоимостью эксплуатации. Сложность синтеза визуальных НП при этом заключается в необходимости построения системы знаний (СЗ), включающей в себя многоуровневую иерархическую структуру виртуального представления ПС, на основе которой возможен формирование навигационного множества, – в отличие от получаемого представления той же среды, например, при использовании лазерных устройств.

В рамках рассматриваемой задачи предлагается проект синтеза модели НП на базе расширенных сетей Петри, в рамках концепции качественной навигации [2] и хорошо зарекомендовавших себя методах анализа визуальной информации [3]. Проведя обзор литературных источников, не было найдено ни адекватных моделей описания НП при использовании визуальной информации, ни существующей интерпретации СП, на основе которой можно было бы решать, возникающие в процессе навигации автономных систем, задачи. Поэтому предлагаемая интерпретация СП, основанная на Управляющих СП [1] и Раскрашенных СП [4], объединена под общим названием – Навигационные СП, а ее основные положения освещены в работе [5].

В условиях невозможности априорного определения навигационного множества N функционирования мобильного робота \mathcal{R} , обладающего, как активная система, некоторым множеством информационно-двигательных действий (ИДД) $\mathcal{Z}(A)$ с запасом ресурсов Λ и определенных в терминах описания некоторой недетерминированной ВС A_0 , эффективно использовать качественные методы навигации [2], в частности, методы интерпретирующей навигации. При этом основой синтеза элементов множества N служит отношение видимости \mathcal{N} , введенное на местности, описываемой некоторым террайном Tr с пространственно-временным континуумом карты визуальных признаков M такой, что текущая пространственная конфигурация МР определяется состоянием причинно-следственной модели [5], описывающей активное взаимодействие между системами \mathcal{R} и A_0 :

$$NPN = \{P, T, K, V, \Sigma, G, E, M, I\}, \quad (1)$$

где P – множество позиций; T – множество переходов; K – множество дуг ($P \cap T = P \cap K = T \cap K = \emptyset$); V – множество, отображающее связи элементов сети: $P \times T \cup T \times P$; Σ – множество цветов разметки; G – множество функций, определяющих срабатывание переходов; E – множество функциональных правил прохода дуги; M – разметочное множество; I – множество инициализирующих состояний.

Траектория передвижения δ через некоторую, определяемую набором террайнов Tr , местность к цели Z формируется на основе конечного разметочного множества M

$$\delta(Tr(Z)) = \overline{m}_m \rightarrow \overline{m}_u, \overline{m}_m, \overline{m}_u \subseteq M. \quad (2)$$

Существование достижимой разметки (2) NPN обеспечивает необходимое условие сходимости заданного пути δ к целевому состоянию. Оно требует более строгого определения, поскольку существует возможность достижения ложных целей.

Кортеж (1) представляет ни что иное, как представление СЗ МР. В этом случае множества P и M определяют распределение различных типов данных Σ , множества E и G – формирование новых знаний, а множества K , V – структуру СЗ. Здесь остановимся на рассмотрении лишь навигационного и связанного с ним дескрипторного множеств.

Дескрипторы, синтезированные посредством ряда алгоритмов $\alpha_0, \dots, \alpha_j \in A_0$, во введенном математическом описании, представляют изоморфное вложение подсети (дескрипторной карты) $NPN(M)$, в общем случае, ориентиров местности, в сеть NPN СЗ. Таким образом, синтез требуемой траектории формируется исходя из образованной множеством алгоритмов A_d заранее смоделированной подсети. Разнообразие признаков колеблется от алгоритма к алгоритму – от нахождения элементарных точек до более сложных элементов, таких как, например, линии, углы и др. Ограничений на это разнообразие моделью не предусматривается, а лишь дается формализация их интеграции в структуру СЗ. Для этого каждый алгоритм α_j извлечения j -го признака характеризуется степенью реализации W на подмножестве позиций (элементарных признаков) $p \in P$, являющегося результатом отображения этого алгоритма во множество V таким образом, что

$$\alpha_j = \mu_W(V), W = \sum_{l=0}^N m_l^{(j)}(p), \quad (3)$$

где μ – характеристическая функция принадлежности, определяющая вид распределения алгоритма в СЗ; N – количество активных элементов вектора маркирования.

На основе определения для каждой ведомой цели параметров α и W , как абсолютных описаний, в модели достигается соответствие алгоритмов обработки сенсомоторной информации представлению целей функционирования. При этом ложность некоторой цели характеризуется наличием нескольких динамически изоморфных подсетей на одной дескрипторной карте. Это происходит, если существует полносвязная группа ориентиров местности, поскольку в этом случае возникает конфликт при сопоставлении текущих ориентиров с эталонным описанием их последовательности, т.е. нарушается непрерывность абсолютной идентификации.

Условия достаточности конечного множества, определяемых переходом либо их группой, действий является необходимым и достаточным для формирования пути на ориентированном бихроматическом графе СП, определяющего прохождение информационно-управляющего процесса достижения целевого состояния модели $m_{ц}^{-N}$. Учитывая множество G функций срабатывания $g_1(\ell, \lambda, \omega) \in G$, где $\ell \in \mathcal{Z}$, $\lambda \in \Lambda$, $\omega \in \Omega$ сопоставленных каждому переходу t_1 сети, то формирование определенной на некотором промежутке времени ω текущей карты визуальных признаков оптимально в силу того, что формируется локально сконцентрированное разметочное подмножество $\{m \in M\} \subseteq M$ в соответствии с конкурирующей схемой.

Точность синтеза фактической траектории связана непосредственно с точностью актуализации формального описания пилотом шаблонной стратегии поиска рабочего пути движения МР к цели. Обычно синтез навигационного множества строят как последовательный алгоритм поиска пути на графе, например, магистральном графе, который характеризуется, при увеличении числа ориентиров и вариации условий среды, как минимум логарифмической зависимостью времени. В отличие от этого, в предлагаемой схеме время для формирования траектории не превышает времени извлечения множеством алгоритмов выбранного ряда признаков, плюс время на связывание логической структуры объектного представления пути передвижения МР в естественной среде. Процесс формирования стратегии поиска цели также может быть задан априорно на основе известного набора описаний, либо же построенным автоматически на основе положений самоорганизации сети по множеству Σ [5].

Существенное значение имеет возможность варьирования описания пилотом целей. На начальном этапе достаточно сформировать некоторую выборку признаков и их контекстную интерпретацию для некоторого района местности, чтобы затем формировать сложные логические образования описания целей. Это обеспечивается свойствами Раскрашенных СП, которые представляют эффективный интерфейс моделирования высокоуровневых иерархических структур представления знаний. Адекватность модели не требует ограниченности (что характерно для Управляющих СП), поскольку на каждом этапе ее функционирования происходит актуализация знаний системы посредством формирования виртуального представления, исследованной в процессе перемещения, естественной среды.

Динамическое наращивание структуры СЗ обладает свойством живости [1,4] если не содержит сильно связанных динамически изоморфных подсетей, описывающих на навигационном уровне иерархии СЗ алгоритмы, имеющие хотя бы один одинаковый абсолютный признак. Это является следствием определения структурных элементов посредством параметров (3).

Информационная непрерывность описания среды в некотором террайне эквивалентна непрерывности описания подмножества возможных переходов из текущей позиции в следующую посредством ее отображения во множество E . В соответствие с этим любая незначительная модификация цели требует в общем случае проведения соответствующего анализа информационной непрерывности описания. Вызвано это характером визуального информационного поля, которое зачастую основывается, в случае монокулярной схемы визуального сенсорного устройства, на формировании схемы слежения, активируемой в случае отсутствия визуальных признаков либо невозможности их логической связи для формирования траектории передвижения. В этом случае описание включает в себя дополнительные параметры. Они определяются некоторым алфавитом $L = \{X, Y\} \subseteq E$, где X – множество входных, а Y – множество выходных связей от управляемого объекта, определяемых для визуальных признаков управляемыми характеристиками визуального сенсорного устройства.

Характерной чертой практически всех известных интерпретаций СП, и предложенная интерпретация не исключение, является возможность моделирования на «нагруженном» уровне представления, т.е. в виде блоков, определяющих подобные по функциональному назначению участки сети. Причем для каждого подобия определены формализованные правила совместимости представления. Таким образом, объединяются два процесса – описание алгоритмов анализа сенсорной информации и задания целей.

Особое значение имеет простота реализации информационно-управляющей структуры НП на некотором цифровом вычислительном устройстве. Фактически, формируемое представление представимо как в рамках машинного кода процессору [1], так и в рамках синтаксических конструкций высокоуровневых языков описания аппаратуры [4].

Литература

1. Васильев В.В., Кузьмук В.В. Сети Петри, параллельные алгоритмы и модели мультипроцессорных систем. – Киев: Наук. думка, 1990. – 216 с.
2. Sgouros N.M., Papakonstatinou G., Tsanakas P. Localized qualitative navigation for indoor environments. // Proc. 1996 IEEE Conf. on Robotics and Automation, v.1, pp.921-926.
3. Jiang X., Bunke H.: Dreidimensionales Computersehen. Springer, 1995.
4. Jensen K. Coloured Petri Nets: Basic Concepts, Analysis Methods and Practical Use. vol. 1. – 2-nd edition. – Berlin: “Springer”, 1996.
5. Невлюдов И.Ш. Синтез модели навигационной подсистемы мобильного робота на основе расширений сетей Петри. // Вісті академії інженерних наук України, №4(24), 2004, ст. 101 – 107.

УДК 658.5

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАСЧЕТА НАУЧНО-ОБОСНОВАННЫХ НОРМ ТРУДА И ТРУДОЕМКОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОДУКЦИИ

Невлюдов И.Ш., Литвинова Е.И., Евсеев В.В., Невлюдова В.В.

(г. Харьков, Украина)

The some stages of the designing the automatic calculation system of scientifically grounded rates of labour and labour-intensiveness of production with using of structural handling are described. Analysis of subject field is performed, method of norm-fixing is described, using functions of system are specified, and the functional model of developing system is built.

В настоящее время человечество переживает период бурного развития новых информационных технологий, которые стремительно изменяют мир, оказывают непосредственное влияние на производственные технологии, методы организации и развития общества, проникают в социальные, политические, культурные и другие сферы жизни человека.

Особое значение имеет появление гибких производственных систем и компьютеризированных интегрированных производств. Принципиальной особенностью последних является наличие интегрированной автоматизированной системы управления (ИАСУ), позволяющей реализовать не только функции автоматизации процессов проектирования и производства изделий, но и решить новые задачи, связанные с обеспечением информационной интеграции разнородных процессов.

Составной частью организации производства является нормирование труда, под которым понимают процесс установления научно-обоснованных норм затрат труда на выполнение работ. Научно-обоснованные нормы предполагают учет технических и технологических возможностей производства, учет особенностей применяемых предметов труда, его физиологически оправданную интенсивность, нормальные условия труда.

Поэтому разработка информационных приложений, предназначенных для определения, хранения и обработки нормировочной информации, является **актуальной** задачей.

Автоматизированная система расчета научно-обоснованных норм труда и трудоемкости изготовления продукции должна обеспечивать:

- ввод информации об обрабатываемой детали и технологической обстановке на производственном участке;
- ввод и надежное хранение нормативных и вспомогательных данных;
- выполнение расчетов по определению нормы времени;
- учет научно-обоснованных норм труда и трудоемкости изготовления продукции;
- обработку полученных результатов.

Основной задачей нормирования труда является установление меры затрат труда, конкретным выражением которой могут быть:

- нормы времени;
- нормы выработки;
- нормы обслуживания;
- нормы численности.

Норма времени (H_{ep}) – величина затрат рабочего времени, устанавливаемая для выполнения единицы работы работником или группой работников (бригадой) соответствующей квалификации в определенных организационно-технических условиях.

Расчетная формула нормы времени в общем виде может быть выражена функцией:

$$H_{ep} = f(T_o, T_e, T_{обс}, T_{прт}, T_{отл}, T_{нз}).$$

На практике в качестве нормы времени выступают штучное время, штучно-калькуляционное (полное штучное) время, неполное штучное время.

Норма выработки (H_B) – установленный объем работы (количество единиц продукции), который работник или группа работников (в частности, бригада) соответствующей квалификации обязаны выполнить (изготовить, перевезти и др.) в единицу рабочего времени в определенных организационно-технических условиях. В практике промышленного производства используются два способа расчета сменной нормы выработки ($H_г^{см}$):

$$1. H_г^{см} = \frac{T_{см} - T_{нз}^{см}}{T_{ш}} = \frac{T_{см} - T_{нз}^{см}}{T_{оп} - T_{обс} - T_{отл} - T_{прт}}; H_г^{см} = \frac{T_{см}}{T_{шк}};$$

$$2. H_г^{см} = \frac{T_{см} - T_{обс}^{см} - T_{отл}^{см} - T_{прт}^{см} - T_{нз}^{см}}{T_{оп}},$$

где $T_{см}$ – время продолжительности смены; $T_{оп}$, $T_{нз}^{см}$, $T_{обс}^{см}$, $T_{отл}^{см}$, $T_{прт}^{см}$ – время соответственно оперативное, подготовительно-заключительное, обслуживания рабочего места, на отдых и личные надобности, перерывов, обусловленных технологией и организацией производственного процесса; $T_{ш}$ и $T_{шк}$ – время штучное и штучно-калькуляционное.

Второй способ применяется в крупносерийном и массовом производствах.

Норма обслуживания (H_o) – количество производственных объектов (единиц оборудования, рабочих мест и др.), которые работник или группа работников (например, бригада) соответствующей квалификации обязаны обслужить в течение единицы рабочего времени в определенных организационно-технических условиях.

Норма численности (H_u) – установленная численность работников определенного профессионально-квалификационного состава, необходимая для выполнения конкретных производственных функций или объема работ в определенных организационно-технических условиях.

Нормы затрат труда могут устанавливаться на операцию, изделие, работу, комплекс работ. Они различаются по периоду и сфере действия, по методу установления, степени укрупнения, по способу построения и т.д.

Техническое нормирование труда позволяет установить нормы затрат рабочего времени в конкретных организационно-технических условиях.

Автоматизированная система расчета научно-обоснованных норм труда и трудоемкости изготовления продукции на машиностроительном предприятии должна включать несколько подсистем, реализующих:

- автоматизированный учет научно-обоснованных норм труда и трудоемкости выполнения токарных работ;
- автоматизированный учет научно-обоснованных норм труда и трудоемкости выполнения фрезерных работ;
- автоматизированный учет научно-обоснованных норм труда и трудоемкости выполнения сверлильных работ
- формирование отчетов.

Автоматизированный расчет научно-обоснованных норм труда и трудоемкости выполнения токарных работ, разделяется на ряд задач, связанных с выполнением отдельных операций:

- обработкой отверстий;
- прорезанием канавок;
- нарезанием резьбы;
- обработкой сложных поверхностей;
- обработкой радиусов;
- подрезкой заготовки;
- притуплением острых кромок;
- накатыванием;
- вытяжкой;
- навивкой пружин;
- зачисткой и доводкой;
- уплотнением поверхностей;
- точением;
- зачисткой торцов.

К операциям обработки отверстий на токарных станках относят: сверление, рассверливание, растачивание, развертывание, зенкерование.

При прорезании канавок возможны следующие варианты: наружная, внутренняя и торцевая.

Для нарезания резьбы может использоваться резец, метчик или флешка.

Резьба может быть метрическая или дюймовая, наружная или внутренняя, простая или модульная. При нарезании резьбы может выполняться притупление острых кромок и снятие фасок.

В заключение отметим, что разрабатываемая автоматизированная система имеет иерархическую структуру и будет реализована с помощью средства разработки приложений Delphi.

УДК 658.5

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ДОСТУПА

Новоселов С.П., канд. техн. наук., Бабий Я.И.

(г. Харьков, Украина)

Automatic access system with using stamps of fingers was created.

В наши дни различного рода преступность является распространенным явлением, из-за чего большое внимание уделяется разработкам в области информационных охранных и защитных технологий. Разработка эффективных систем распознавания объектов сейчас представляет собой задачу исключительной значимости. Основным средством обеспечения безопасности являются устройства, которые могут контролировать и защищать все возможные пути проникновения людей без разрешения на территорию с ограниченным доступом. Одним из них является биометрическая система под названием «Санкционированный доступ». Ее можно отнести к классу простых систем распознавания, так как в качестве признака в ней используется лишь изображение отпечатка пальца.

Данная система может использоваться не только как охранный инструмент, но и как пропускной автомат на проходной любого предприятия, заполняя при этом журнал посещения работниками своих рабочих мест в виде

базы данных. Это позволяет руководителю организации постоянно без особых усилий следить за рабочей дисциплиной и экономить денежные средства, которые могли бы быть потрачены на содержание дополнительных лиц охранного персонала.

Ранее была разработана система [1], сравнение рисунков в которой основывалось на наложении рисунков, где с целью повышения вероятности достоверности конечного ответа приходилось осуществлять передвижение сравниваемых изображений один относительно другого большое количество раз, что значительно снижало скорость работы системы. Главной задачей при разработке данного устройства было снижение времени обработки информации. Внедрение в систему обширного математического аппарата, который позволяет сократить до минимума количество операций над изображениями отпечатков пальцев при их сравнении, позволило решить эту проблему. Определение координат нескольких базовых точек на отпечатке с последующей цепочкой математических операций над ними, применяя при этом встроенные в язык программирования стандартные функции, позволяет найти так называемый центр изображения. То есть при использовании такой методики происходит сведение всех заносимых в компьютер рисунков к наиболее удобному для их сравнения виду. В результате для определения идентичности отпечатков достаточно одного наложения (по крайней мере, нескольких).

В состав данной охранной системы входят следующие компоненты: контроллер (в простейшем случае используется центральный процессор ПК), веб-камера для считывания изображения отпечатка пальца (сенсор), а также электромеханический замок, выступающий в качестве исполнительного устройства.

Упрощенную схему устройства можно представить в виде, изображенном на рис.1.



Рис.1. Схема взаимодействия основных блоков устройства.

Работа системы начинается с активизации сенсора – веб-камеры. Следует заметить, что веб-камера, во избежание влияния внешних источников светового излучения и увеличения качества получаемого изображения, оснащается собственным источником света. Далее сигнал (рисунок отпечатка пальца) поступает в устройство обработки информации и принятия решения – компьютер. Последний работает под управлением программы, написанной на языке высокого уровня DELPHI 7. Результатом обработки изображения в этом устройстве является принятие решения о сходстве данного изображения с одним из образцов, находящимся в базе данных, и управление исполнительным устройством (электромеханическим замком), заполняя при этом журнал посещаемости.

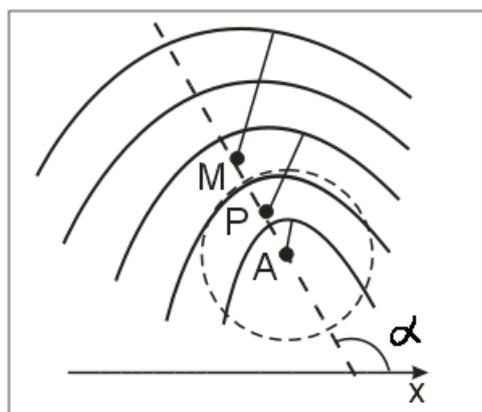


Рис.2. Схематическое изображение отпечатка пальца.

Так как положительный результат (изображения идентичны) принимается лишь при достижении установленного порогового значения вероятности, то можно сделать вывод, что система является вероятностной. В ней принцип принятия результатов построен на применении вероятностных методов распознавания, основанных на теории статистических решений [2].

Конечной целью обработки изображения является нахождение его центральной точки. Этот вопрос решается с помощью непосредственной привязки к структуре самого изображения отпечатка. Известно, что на концах пальцев находятся дугообразные выступы. Эти элементы и взяты за фундамент расчетов и позиционирования изображений. В действительности они не всегда являются правильными и непрерывными дугами. Эта проблема решается с помощью введения в систему операций коррекции и взаимопроверки.

На рис. 2 приведен схематический вид отпечатка пальца с ключевыми точками и некоторыми другими элементами, которые отображают суть работы.

Далее кратко описывается последовательность распознавания и преобразования рисунка.

- 1 Произвольно выбирается одна из дуг изображения.
- 2 При помощи тригонометрических и геометрических формул и встроенных в DELPHI 7 [3] математических функций определяется радиус и центр (например, точка M) круга, частью которого является выбранный элемент изображения.

- 3 Повторяется вторая операция для еще одной произвольно выбранной дуги (допустим, что центр круга в точке Р). Эта дополнительная операция вводится с учетом большой вероятности того, что все дуги на изображении отпечатка пальца не являются частями кругов с центрами в одной и той же точке.
- 4 Через две найденные точки М и Р проводится условная прямая и определяется угол \forall между ней и осью ОХ (возможен выбор оси ОУ).
- 5 По пропорциональной зависимости между координатами точек М и Р находятся координаты центра круга (дуги) с единичным радиусом (например, точка А).
- 6 Вычерчивается круг установленного радиуса с центром в точке А.
- 7 В выделенную структурированную область памяти (например, массив) считывается информация поочередно о каждом находящемся внутри вычерченной области пикселе (координаты, цвет).
- 8 Координаты каждого пикселя пересчитываются с поправкой на угол \forall с целью сведения последнего к нулю.
- 9 Учитывая то, что в базе данных хранятся рисунки, преобразованные по такой же методике, можно сказать, что изображения с точки зрения позиционирования находятся в абсолютно одинаковых условиях. Теперь достаточно просто произвести их наложение.

В будущем возможно введение нескольких перемещений изображений друг относительно друга с целью повышения вероятности правильности результата. Также перспективным является замена сравнения посредством метода наложения на сравнение с применением структурированных типов (массивов, множеств).

Литература

1. 8-й международный молодежный форум «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке»: Сб. материалов форума. – Харьков: ХНУРЭ. Ч. 1. 356 с.
2. Горелик А.Л., Скрипкин В.А. Методы распознавания: Учеб. Пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1984. – 208с., ил.
3. Фаранов В.В. Система программирования Delphi. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 912 с.: ил.

УДК 044.03; 681.518:061

РАЗРАБОТКА МЕТАМОДЕЛИ ТРЕБОВАНИЙ К ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ

Васильцова Н.В., канд. техн. наук, Евланов М.В., канд. техн. наук,

Панферова И.Ю., канд. техн. наук

(г. Харьков, Украина)

Main features of used in Ukraine methods of preparations and processing requirements for developing information systems are analysed. For improvement of requirement analysis quality the requirements metamodels for information systems are suggested in use.

В настоящее время проблемы создания информационных систем (ИС) различного назначения следует относить к области инженерных работ. Некоторые предприятия покупают уже готовые решения отечественных и зарубежных производителей. Некоторые предприятия занимаются самостоятельной разработкой ИС. Однако и в том, и в другом случае перед группой разработчиков ИС руководством предприятия ставится задача создания ИС как специализированного инструментария, основная задача которого – обеспечить эффективную деятельность предприятия.

Результаты изучения современных технологий проектирования ИС, рассмотренных в [1-3], показывают, что основной всего процесса проектирования является выдвижение и анализ требований заказчика к создаваемой системе. В связи с этим необходимо рассмотреть основные отличия методики формирования и анализа требований, определенной действующими на Украине ГОСТами группы 34 «Информационные технологии», от методик определения требований, определенных современными технологиями проектирования ИС.

Следует отметить тот факт, что эффективное решение задачи выявления и фиксации требований – как, впрочем, и ряда других проектных задач – в соответствии с правилами современных технологий на Украине невозможно в силу следующих обстоятельств:

- действующая на Украине технология построения ИС, определенная ГОСТами группы 34 «Информационные технологии», ориентирована на разработку ИС в соответствии с устаревшей моделью каскадного цикла проектирования ИС;
- современные информационные технологии (ИТ), используемые отечественными организациями для автоматизации работ по созданию ИС, разработаны в других странах (в США или в странах Западной Европы) по требованиям существующих в этих странах стандартов, методологий, методик и технологий проектирования ИС;
- использование современных ИТ приводит к конфликту между их возможностями и требованиями по созданию проектной и рабочей документации, которые выдвигают ГОСТы группы 34.

Из рассмотренного выше материала следует, что ни традиционные, ни современные методы сбора и анализа требований не ориентированы на аналитическую обработку, направленную на выявление общих закономерностей требований, особенностей проектируемой ИС, выявление конфликтов и перекрытий требований. Использование же частных решений (таких, как отраслевые стандарты и разработки отдельных предприятий) дает же-

лаемые результаты только в отдельных случаях. Поэтому возникает необходимость в разработке аналитических моделей, которые можно было бы использовать в подобных целях.

Одним из путей решения данной проблемы является создание специализированных описаний и формализованных представлений, которые определяют не только синтаксис, но и семантику конкретных реализаций моделей ИС и ее компонентов [4]. Такие описания и формализованные представления один из лидеров в моделировании современных программных систем, М. Фаулер, предложил называть метамоделями. Разумно предположить, что реализация метамодели открытой системы включает в себя не только определенные типы структур данных и взаимодействие этих структур, но и определенные типы и способы организации этих взаимодействий, то есть имеет характер сложно организованной, но целостной системы взаимодействий и способов организации этих взаимодействий. Основываясь на данном представлении, выделим ряд аксиоматических утверждений и следствий из них.

Аксиома 1. Каждое функциональное требование к ИС описывает только одну требующую автоматизации функцию (бизнес-процесс) предприятия. По мере необходимости это описание может быть детализировано совокупностью других функциональных требований.

Аксиома 2. Требования к границам системы описывают пределы ИС, за которые нельзя выходить при выявлении функциональных требований к ИС.

Следствие 1 из Аксиомы 2. Каждое функциональное требование к ИС будет представлять собой требование к границам системы для совокупности функциональных требований, детализирующих описание данной функции.

Аксиома 3. Требования к данным системы уточняют взаимодействие функций (бизнес-процессов), требующих автоматизации и описывают структуры данных с устанавливаемой разработчиком степенью детализации.

Следствие 1 из Аксиомы 3. Требования к данным являются звеном, согласующим описания различных функциональных требований.

Таким образом, можно утверждать, что совокупность функциональных требований определяет операционную картину (модель) ИС, совокупность требований к данным – статическую картину (модель) ИС, ограничивающую варианты поведения ИС.

Практика разработки крупных ИС показывает, что каждый конкретный Заказчик или Пользователь, описывая свои требования к проектируемой ИС, рассматривает их не в рамках какой-то структуры, а как целостные описания, не связанные с описаниями других Заказчиков или Пользователей. Поэтому решение задачи формирования и анализа совокупности требований к ИС может быть реализовано как формирование общесистемной метамодели ИС по совокупности требований, выдвинутых к системе предприятием-заказчиком и его отдельными представителями.

Схема, описывающая процесс формирования и анализа требований для данной постановки примет вид, показанный на рис. 1.

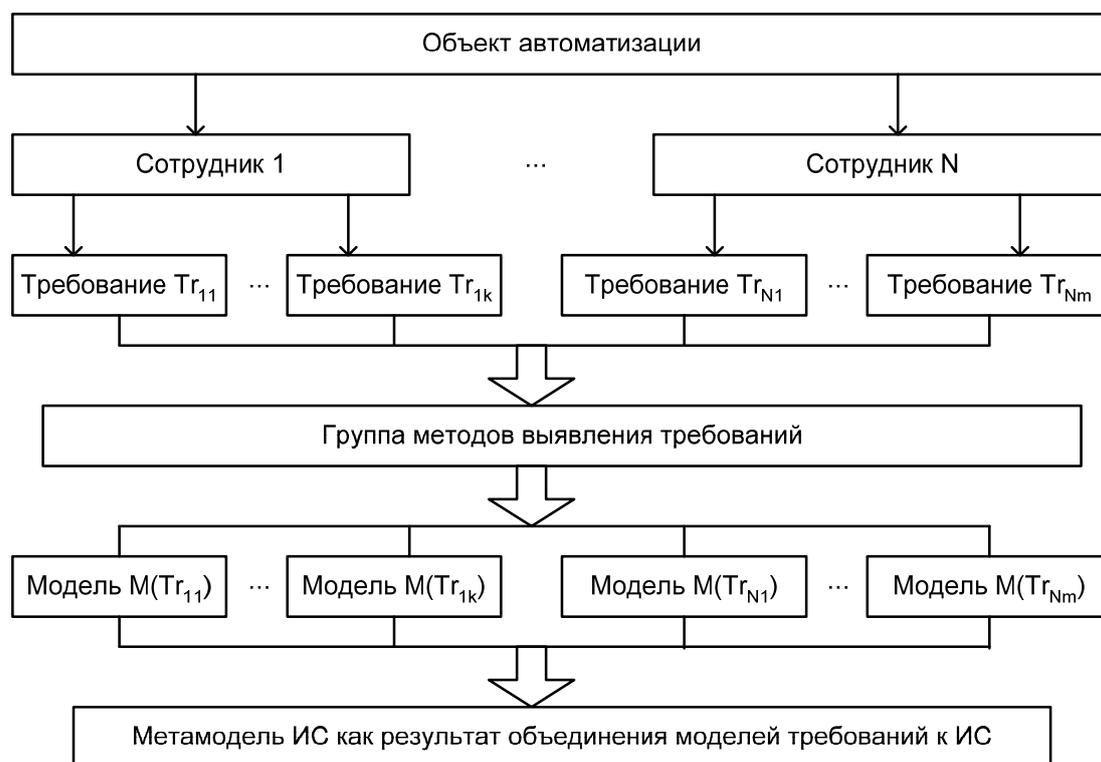


Рис. 1. Схема процесса формирования и анализа требований к информационной системе.

Тогда метамодель ИС, формируемая по совокупности выдвинутых требований к системе, в общем случае будет определяться следующими описаниями:

- описание организационной структуры предприятия и его отдельных подразделений с указанием конкретных должностей сотрудников, выдвигающих требования;
- описание методов выявления требований, используемых в ходе предпроектного обследования и проектирования ИС;
- описания функций и структур данных, которые определяют операционную и статическую модели ИС как подмножества рассматриваемой метамодели ИС;
- описания моделей требований к ИС, которые были разработаны с использованием некоторого множества методов формализации требований (в том числе – методов выявления требований);
- описания связей между отдельными требованиями и связей между отдельными элементами в рамках каждого требования, а также описания условий существования данных связей.

Предлагаемый подход к моделированию описаний требований позволяет по-новому рассматривать процессы предпроектного обследования объекта автоматизации. Так, если существующие методики формализованного описания требований предполагают построение тем или иным способом единую систему требований [5], то данный подход при условии выработки изоморфных отображений позволяет аналитикам работать на уровне моделей отдельных требований, скрывая общесистемную метамодель требований к ИС от прямого вмешательства.

Использование предложенной в данной работе метамодели требований к ИС требует дальнейших исследований, связанных с выявлением совокупности операций по проверке корректности метамодели, а также операций по интерпретации результатов синтеза метамодели требований. Из всей совокупности данных подмножеств операций наиболее полно в литературе рассмотрено подмножество операций над статическими элементами метамодели, однако и это подмножество требует дополнительной корректировки в связи с влиянием на структуру «первичных элементов» метамодели операций из других подмножеств.

Таким образом, предлагаемый подход к формализации описания и анализа требований позволит значительно упростить самую сложную стадию проектирования ИС – стадию формирования требований к ИС.

Литература

1. Кириллов В.П. Модель жизненного цикла автоматизированной системы: что выбрать? // Компьютеры + Программы. 1996. № 5. С. 17-27.
2. Евланов М.В. Проблемы автоматизации составления документации при создании автоматизированных систем // Вісник Харківського університету. 2000. № 456. Частина 2. С. 155–158.
3. Мацяшек Л.А. Анализ требований и проектирование систем. Разработка информационных систем с использованием UML. М., 2002. 432 с.
4. Фаулер М., Скотт К. UML в кратком изложении. Применение стандартного языка объектного моделирования. М.: Мир, 1999. 191 с.
5. Кириллов В.П. Технология SSADM: методика определения требований к автоматизированной системе // Компьютеры+Программы. 1994. № 3. С. 30-36.

УДК 658.5

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЕ ПОДАЧИ ТОПЛИВА

Савран А. Е., Новоселов С. П., канд. тех. наук, Зыгин С. Е., Денисов С. В., канд. тех. наук
(г. Харьков, Украина)

In given clause the principle of job of electronic system of submission of fuel in a tractor with a turning cabin is considered

В тракторах с поворачивающейся кабиной одним из проблемных узлов является система управления подачи топлива. В таких тракторах механическая система управления подачи топлива заменяется на электронную. Данная система состоит из двух основных узлов подключенных к CPU.

Структурная электрическая схема системы управления подачи топлива представлена на рис. 1

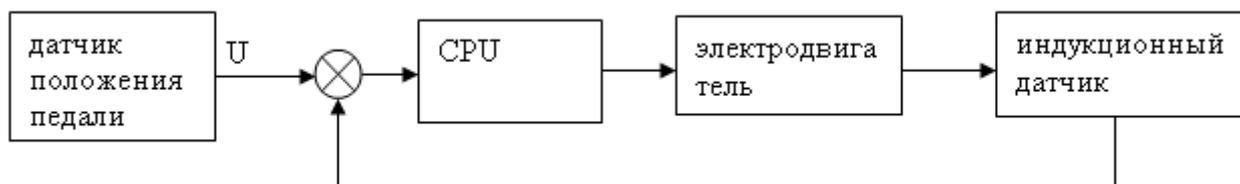


Рис. 1. Структурная электрическая схема системы управления подачи топлива.

Первый узел – это датчик положения педали (рис. 2)

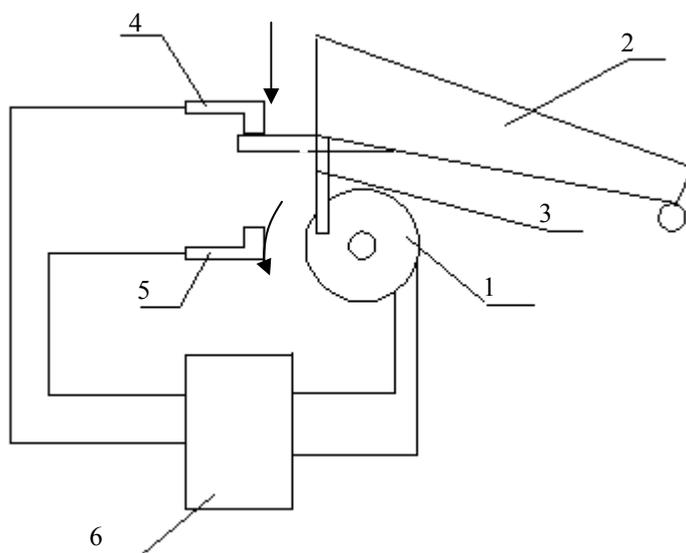


Рис. 2. Датчик положения педали: 1 – резистор, 2 – педаль газа, 3 – рычаг, меняющий сопротивление резистора, 4 – кнопка минимального нажатия газа, 5 – кнопка максимального нажатия газа, 6 – CPU

Второй узел – это механизм, открывающий заслонку подачи топлива (рис. 3)

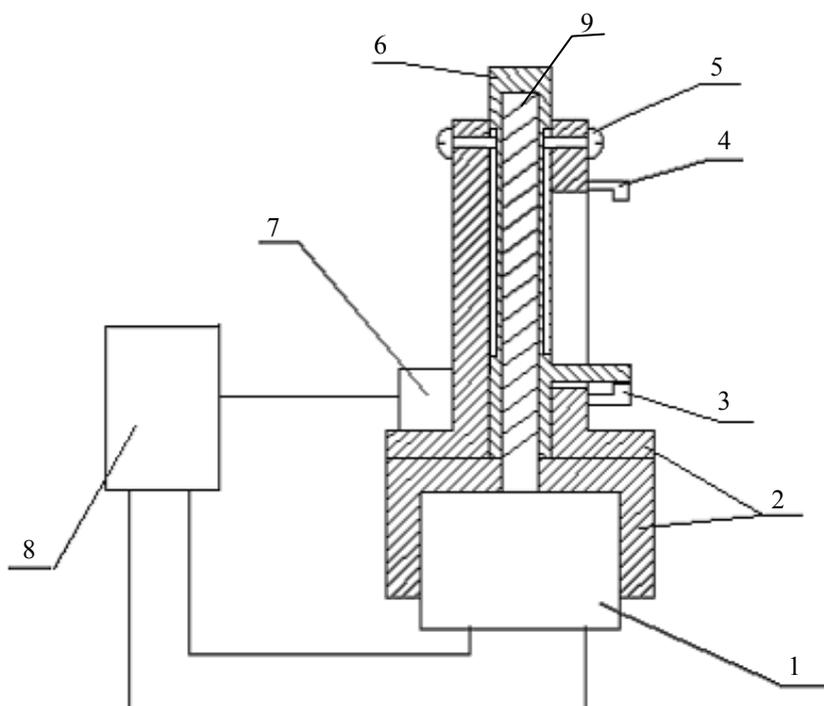


Рис. 3. Механизм, открывающий заслонку подачи топлива: 1 – электродвигатель, 2 – корпус, 3 – кнопка минимального газа, 4 – кнопка максимального газа, 5 – винты, препятствующие штоку проворачиваться, 6 – шток, открывающий заслонку, 7 – индукционный датчик, 8 – CPU, 9 – винт, выдвигающий шток

Принцип работы такой системы заключается в измерении напряжения микропроцессором. Нажав педаль газа, сопротивление переменного резистора меняется, что влечет за собой изменение напряжения. Это напряжение поступает в CPU. Микропроцессор, обработав сигнал в виде напряжения, запускает электродвигатель. С помощью винта закрепленного на оси электродвигателя вдвигается шток, открывающий заслонку. Для того чтобы вовремя остановить двигатель применяется индукционный датчик, который посылает импульсы в микропроцессор, обработав эти импульсы, микропроцессор отключает электродвигатель. При включении зажигания в первый момент напряжение изменяется скачкообразно из-за, чего может быть поврежден CPU. Для устранения этого недостатка используют WDT – это устройство обеспечивает задержку включения CPU.

Литература

1. Еременко И. Ф., «Теория автоматического керування», ХТУРЕ, 1998 г.
2. Попович М. Г., «Теория автоматического управления»

УДК 044.03; 681.518:061

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ ПРЕДПРИЯТИЯ НА СТРУКТУРУ ИНФОРМАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Евланов М.В., канд. техн. наук, Васильева М.В.

(г. Харьков, Украина)

In given report introduced demands for projection of informational complex of Enterprise Management Automated System, and suggested approach to a projection of a informational complex of Enterprise Management Automated System, which is based on the results of development and operation testing of first queue in Informational Automated System for KNURE management.

В настоящее время проектирование внутримашинного информационного комплекса (ИК) автоматизированных систем управления предприятием (АСУП) представляет собой совокупность автоматизированных процедур, исходными данными для которых являются концептуальные информационные модели, отражающие требования будущих пользователей к организации и представлению информации [1]. При этом большинство средств автоматизации данных процедур ориентированы на получение исходной информации от результатов разработки функциональной структуры АСУП. Под ИК следует понимать совокупность проектных решений в области информационного, математического и программного обеспечений, предназначенных для эффективного (по критериям минимума требуемого объема памяти и минимума времени поиска и обработки данных) хранения и обработки оперативных и исторических данных.

Однако подобная организация работ по созданию ИК АСУП обуславливает изначальное присутствие в решениях по ИК ряда недостатков. Эти недостатки возникают в связи с реализацией типовых задач управления, для решения которых используются уже существующие методы и средства. Чрезмерное увлечение типовыми схемами приводит к простому механическому переносу применявшихся в прошлом решений в новые условия эксплуатации АСУП в рамках постоянно изменяющейся производственно-хозяйственной деятельности предприятия. Следует отметить: что опыт разработки АСУП показывает зависимость эффективности производственно-хозяйственной деятельности предприятия главным образом от правильных решений по организации использования имеющихся на предприятии ресурсов [2, 3], наиболее важным из которых являются человеческие ресурсы. Этот вид ресурсов на каждом предприятии структурируется определенным образом в соответствии с поставленными перед предприятием целями. Такая структура обычно называется организационной структурой предприятия.

Подобное состояние дел и перспективы развития организационных структур предприятий в условиях современной экономики обуславливают выдвигание следующих требований к проектированию ИК АСУП [4].

Требование необходимости избыточности данных (знаний). Данное требование обусловлено существованием на предприятии нескольких центров обработки и хранения данных на одинаковых уровнях единой системы управления предприятием. Существование подобных центров заставляет предусмотреть в них наличие объема данных (знаний), необходимых как для работы данных центров, так и для обмена информацией между этими центрами. При этом чем выше степень децентрализации, тем выше будет степень избыточности ИК АСУП.

Требование открытости ИК к поступающим данным. Данное требование обусловлено стремлением предприятия расширить свои связи с внешним миром, а также постоянным изменением запросов клиентов предприятия и участие в управлении предприятием большого количества людей. Эти факторы обуславливают необходимость реализации ИК таким образом, чтобы он мог воспринимать новые (ранее не обрабатывавшиеся) данные и данные с измененными характеристиками.

Требование к динамичности структуры ИК. Это требование обусловлено выполнением ранее сформулированного требования открытости ИК к поступающим данным. Для этого структура ИК должна постоянно изменяться в соответствии с изменениями внешних и внутренних условий деятельности предприятия.

Требование к повышению уровня самоорганизации ИК. Рассмотренные выше требования вызывают необходимость проведения большого объема работ по созданию и нормальной эксплуатации ИК. Для проведения таких работ требуются высококвалифицированные специалисты, что приводит к значительным затратам, отрицательно сказывающимся на деятельности предприятия. Возникает необходимость разработки специальных средств, обеспечивающих значительное снижение степени участия лиц, принимающих решения, в этих работах, то есть, обеспечивающих повышение интеллектуальных способностей систем приема, передачи, обработки и хранения информации.

Требование необходимости интеграции различных решений. Практика показывает, что интеграция готовых решений в единую целостную АСУП часто требует меньших затрат, чем разработка подобных АСУП с самого начала. Поэтому возникают проблемы согласования различных проектных решений, в том числе и решений по ИК АСУП.

Рассматриваемые требования определяют основную концепцию разработки ИК современных АСУП. При этом выполнение каждого требования в отдельности или определенной группы требований определяется не только конструктивными особенностями среды разработки ИК АСУП, но и влиянием на процессы проектирования ИК других компонентов АСУП и предприятия в целом. Следует отметить, что одно из наибольших по силе влияний на формируемый проект ИК АСУП оказывают результаты исследований и рекомендации по улучшению организационных структур предприятий в соответствии со следующими тенденциями их развития [4, 5]:

- децентрализация, сокращение уровней в структурах управления;

- реструктуризация организационных структур управления;
- диверсификация операций управления;
- отказ от административно-бюрократических структур управления;
- ориентация на рыночные условия и удовлетворение потребностей и запросов клиентов предприятия;
- расширение разнообразных связей предприятия с окружающим миром.

Изменение организационных структур предприятия в соответствии с данными тенденциями вносит свои коррективы в проектирование ИК АСУП. До настоящего времени эти коррективы обычно отражались в схемах ИК АСУП как изменение общей структуры базы данных АСУП под влиянием структур запросов, описывающих различные точки зрения на информацию, которые высказываются различными должностными лицами (будущими пользователями АСУП) [1]. Кроме того, организационная структура предприятия являлась базой для последующего выделения будущих пользователей АСУП и определения прав доступа будущих пользователей АСУП к данным. Однако сейчас становится ясным, что структура ИК АСУП зависит от представления организационной структуры подразделений предприятия, эксплуатирующих данную АСУП.

В соответствии с этим положением становится возможным выделить следующие основные представления ИК АСУП, которые формируются под воздействием общих особенностей построения АСУП и организационной структуры предприятия.

Для первой очереди автоматизации предприятия ИК АСУП представляет собой совокупность плоских таблиц и запросов, которые используются для хранения и обработки главным образом учетных данных. Математическая модель ИК АСУП в этом случае является описанием реляционных или же объектно-реляционных статических структур.

Для второй очереди автоматизации предприятия ИК АСУП представляет собой многомерную базу данных и совокупность аналитических запросов, которая содержит исторические данные для их последующей аналитической обработки и, как правило, функционирует отдельно от оперативных таблиц и запросов. Изучение влияния на структуру подобной многомерной базы данных и запросов к ней организационной структуры предприятия позволяют сформулировать задачу синтеза такой базы данных как задачу формирования многогранного массива данных, каждая грань которого является компромиссным представлением данных сотрудников подразделения, участвующего в формировании этих данных или же участвующего в аналитической обработке этих данных. Для решения данной задачи становится возможным использовать математические методы комбинаторной топологии, что позволит значительно повысить качество и эффективность эксплуатации синтезированной многомерной базы данных.

Для третьей очереди автоматизации предприятия ИК АСУП должен обеспечить решение задач планирования деятельности как предприятия в целом, так и подразделений предприятия. Поскольку большинство существующих стандартов автоматизации предполагает рассматривать процессы планирования деятельности как решение той же задачи компромиссов, ИК АСУП должен обеспечить решение подобной задачи как поиск такого «образа» - совокупности данных – который будет удовлетворять всех участников формирования и принятия плановых решений. Такой подход является особенно важным для реализации концепций ERP и ERP II, предусматривающих согласование планирования действий не только отдельных подразделений предприятия, но и предприятий, участвующих в реализации общих бизнес-процессов.

Предлагаемый подход основан на результатах разработки и опытной эксплуатации первой очереди информационно-аналитической системы управления Харьковским национальным университетом радиоэлектроники, проведенных силами отдела «ИАС «Университет» ХНУРЭ [6, 7].

Таким образом, становится актуальной задача о смене математического аппарата описания ИК АСУП и рассмотрении структур ИК АСУП, ответственных за хранение и обработку информации как фигур информационного пространства, которые обладают на отдельных промежутках времени стабильностью (устойчивостью к изменениям). Динамика этих фигур в этом случае определяется динамикой изменений организационной структуры предприятия.

Литература

1. Маклаков С.В. BPWin и ERWin. CASE-средства разработки информационных систем. М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 1999. 256 с.
2. Сергеев В.И. Логистика в бизнесе. М.: ИНФРА-М, 2001. 608 с.
3. С. Турчин. Автоматизация в крупных и особо крупных размерах // Компьютерное Обозрение. 2001. № 47. С. 38-49.
4. Евланов М.В. Влияние организационных структур управления на разработку информационного комплекса автоматизированных систем // 6-й Международный молодежный форум «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке». Сборник научных трудов. Часть 2. Харьков: ХНУРЭ, 2002. С. 173-174.
5. Мильнер Б.З. Теория организации. М.: ИНФРА-М, 2000. 540 с.
6. Евланов М.В. Автоматизация деятельности кафедры как структурного подразделения высших учебных заведений // Комп'ютерне моделювання та інформаційні технології в науці, економіці та освіті. Збірник наукових праць. Кривий Ріг: І.В.І., 2002. С. 234-239.
7. Бондаренко М.Ф., Левыкин В.М., Евланов М.В., Неумывакина О.Е. Концепция развития информационно-аналитической системы «Университет» // АСУ и приборы автоматики. – Харьков, 2003. - № 125. - С. 108-119.

УДК 681.7.068.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ФОРМЫ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН

Филипенко А. И., канд. техн. наук, Сычева О. В.

(г. Харьков, Украина)

The parameters of the form determining losses of optical capacity in a place of welding of optical fibers are considered. The algorithm of the measured image processing of fiber welded connection, distinguishing of fiber cladding contours and fiber core axis is offered.

При монтаже волоконно-оптических линий связи с расстоянием между ретрансляторами порядка десятков километров необходимо отдельные волоконные световоды соединять между собой. Одним из способов получения неразъемного соединения является сварка. После выполнения операции сварки встает задача контроля опико-геометрических параметров шва, которые определяют потери оптической мощности. При этом из-за большой длины световодов затруднительно использовать традиционные методы контроля оптических потерь, основанные на вводе сигнала с одного конца и его анализе на выходном конце. Актуальной задачей является разработка методов, свободных от данного недостатка, т.е. позволяющих по опико-геометрическим параметрам сростка определить ожидаемый уровень потерь.

В качестве параметров, учитываемых при оценке потерь в месте сварки ОВ, необходимо использовать смещение сердцевин, их наклон, изменение диаметра в месте стыка, эксцентриситет сердцевин относительно оболочки. Технология контроля параметров сварных соединений ОВ аналогична задаче контроля опико-геометрических параметров

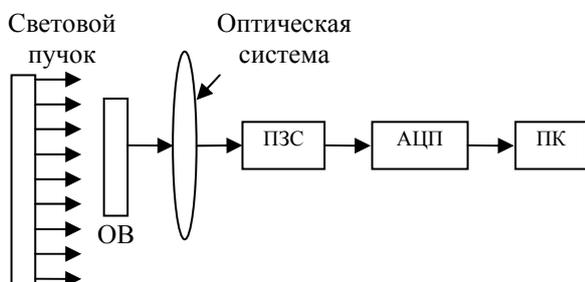


Рис.1. Структурная схема устройства контроля сварных соединений оптических волокон.

самих оптических волокон и должна быть основана на специальных автоматизированных методах. Наиболее приемлемым для применения в полевых условиях непосредственно после процесса сварки является использование метода фокусировки, что позволяет использовать имеющуюся в сварочном аппарате оптическую систему, а в отдельных случаях и блок восприятия изображения с микроконтроллером. В данном случае требуется разработка специальных цифровых процедур, позволяющих по полученному изображению сварного соединения определить вносимые потери оптической мощности.

Определение опико-геометрических параметров сварного соединения ОВ методом фокусировки основано на измерении распределения интенсивности излучения волокон матрицей элементов приемника с зарядовой связью (ПЗС), цифровом преобразовании и дальнейшей обработке полученного изображения (рис.1). Полученное в такой системе изображение представлено на рис.2. Для надежного определения опико-геометрических параметров сварного соединения ОВ необходимо осуществить предварительную обработку изображения с целью исключения шумовых компонентов, а также удалить фоновую составляющую, которая не несет положительной информации и является источником дополнительной погрешности. Смесь сигнала и шумовых составляющих можно представить в виде

$$\xi(x, y) = I(x, y) + n(x, y) + I_0(x, y), \quad (1)$$

где $I(x, y)$ – полезный сигнал; $n(x, y)$ – шумовая составляющая; $I_0(x, y)$ – фоновая составляющая.

После предварительной обработки измеренного изображения можно вычислять необходимые геометрические параметры сварного соединения, а затем и вносимые потери. Схема алгоритма обработки полученного изображения показана на рис.3. В измеренном распределении интенсивности излучения (рис. 4), присутствуют высокочастотные и импульсные шумы, обусловленные различными загрязнениями оптических поверхностей устройств, неравномерностью чувствительности фотоприемника, дефектами объекта контроля, колебаний питающего напряжения. Устранение шума может быть выполнено применением цифрового фильтра нижних частот. Наиболее приемлемым для решения поставленной задачи является фильтр Баттерворта. Фильтры Баттерворта нижних частот характеризуются тем, что имеют максимально гладкую амплитудную характеристику в полосе пропускания и в полосе подавления, а также хорошие параметры по изменению ослабления. Необходимо выбрать такой фильтр Баттерворта, который обеспечивал бы прохождение информационной составляющей сигнала $I(x)$ при максимальном подавлении искажений. Для этого проведено моделирование с помощью пакета Matlab. На рис.5 представлены сглаженные с помощью фильтров Баттерворта различных порядков и частотных характеристик распределения интенсивности излучения. Наиболее приемлемым является распределение, полученное при использовании фильтра Баттерворта первого порядка. При этом обеспечиваются наименьшие потери полезного сигнала и необходимое подавление помех.

Для более точного определения центра и границ сердцевины оптоволокна необходимо удалить фоновую составляющую, которая не несет положительной информации и является источником погрешности. При этом по-

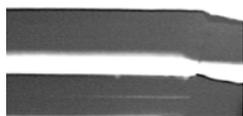


Рис.2. Изображение дефектного сварного соединения ОВ

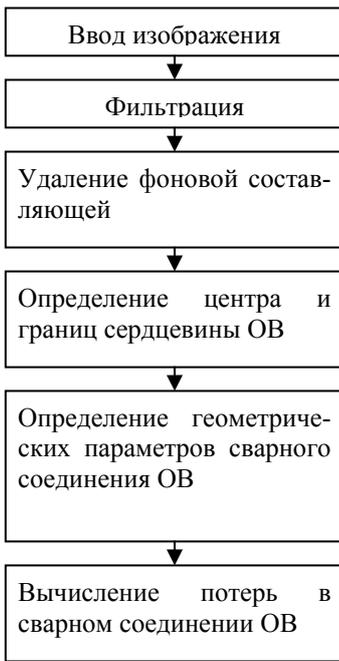


Рис.3. Схема алгоритма обработки полученного изображения

роговое значение интенсивности распределения определяется условием

$$I_t = (I_{max} - I_{min}) \cdot 0.3, \tag{2}$$

где I_{max} и I_{min} – максимальное и минимальное значения интенсивности распределения соответственно.

Полученный результат моделирования для одного поперечного сечения представлен на рис.6.

Координата центра сердцевины оптоволокна X_c может быть определена как центр тяжести распределения, а границы сердцевины определяются рассеянием значений интенсивности от центра распределения. Так как в качестве устройства, осуществляющего дискретизацию изображения, используется матрица элементов ПЗС, то указанные характеристики представляются в дискретном виде

$$X_c = \frac{\sum I(x) \cdot x}{\sum I(x)}, \quad D = \frac{\sum I(x) \cdot x^2}{\sum I(x)} - X_c^2 \tag{3}$$

где $I(x)$ – интенсивность распределения в точке с координатой x .

С помощью разработанной программы осуществлено выделение указанных параметров (рис.7). Для определения углового смещения сердцевины волокон разработана методика, основанная на аппроксимации осей первого и второго ОВ по методу наименьших квадратов (рис.8). Достоверность построенных прямых проверяется расчетом коэффициента детерминации

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^m (\hat{x}(i) - \bar{x}(i))^2}{\sum_{i=1}^m (x(i) - \bar{x}(i))^2}, \tag{4}$$

где $\hat{x}(i)$ – регрессионные координаты точек, принадлежащих базовой линии; $x(i)$ – среднее эмпирическое значение координат.

Чем ближе R^2 приближается к единице, тем больше координаты фазовой функции приближены к базовой линии регрессии. Уравнения, которыми описываются центры первого и второго волокон, имеют вид

$$x1 = a_1 \cdot i + a_0, \quad x2 = b_1 \cdot i + b_0 \tag{5}$$

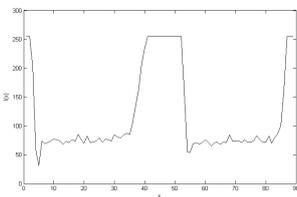


Рис.4. Распределение интенсивности излучения до фильтрации.

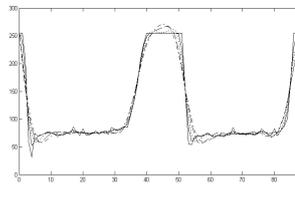


Рис.5. Распределения интенсивности после фильтрации.

Углы наклона волокон определяется коэффициентами a_1 и b_1

$$\alpha = \arctg(a_1), \quad \beta = \arctg(b_1) \tag{6}$$

Разность между углами наклона волокон определяет угловую несогласованность:

$$\theta = \arctg a_1 - \arctg b_1 = \begin{cases} \arctg \frac{a_1 - b_1}{1 + a_1 b_1}, & a_1 b_1 > -1 \\ \pi + \arctg \frac{a_1 - b_1}{1 + a_1 b_1}, & a_1 > 0, a_1 b_1 < -1 \\ -\pi + \arctg \frac{a_1 - b_1}{1 + a_1 b_1}, & a_1 < 0, a_1 b_1 < -1 \end{cases} \tag{7}$$

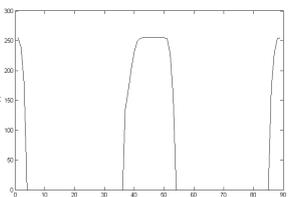


Рис.6. Распределение интенсивности без фоновой составляющей.

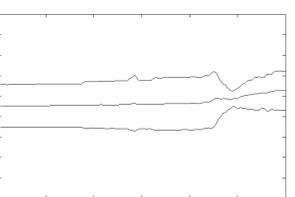


Рис.7. Результат нахождения центра и границ сердцевины ОВ.

Таким образом, в качестве наиболее оптимально для исследования сварных соединений ОВ в полевых условиях, выбран метод фокусировки. Построена структурная схема устройства формирования изображения сварного соединения ОВ. Разработан алгоритм обработки измеренного изображения, основными блоками которого являются: фильтрация, удаление фона, вычисление параметров сварного соединения ОВ.

Для устранения воздействия шумов и обеспечения точных измерений выполняется обработка изображения фильтром Баттерворта нижних частот первого порядка. Разработана методика и программное обеспечение для выделения координат центра и гра-

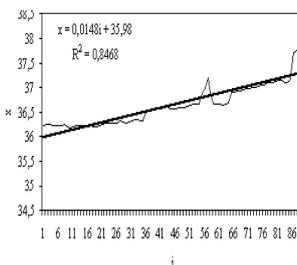
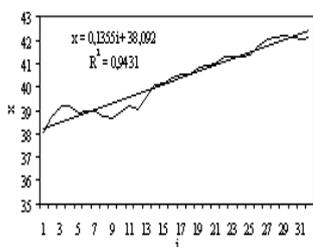


Рис.8. Ось сердцевины первого и второго волокон.



нищ сердцевины оптического волокна.

УДК 681.7.068.4

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ЗАЩИТЫ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТНЫХ КЛЮЧЕЙ

Зыгин С.Е.

(г. Харьков, Украина)

The method of program protection with use hardware key was analyzing.

В настоящее время очень остро стоит вопрос с защитой программного обеспечения. При этом данная проблема актуальна как для разработчиков программного обеспечения, желающих защитить свои разработки, так и для пользователей программ заинтересованных в защите своего ПО от фальсификации.

Для решения данной задачи в настоящее время используется метод защиты основанный на введении при установке ПО кода, сообщаемого пользователю разработчиком ПО. Однако данный метод достаточно легко обходится злоумышленниками и не позволяет защитить ПО от не лицензионного использования. Более надежным способом защиты является защита с помощью различных аппаратных ключей. При этом пользователь при покупке ПО получает аппаратный ключ, который необходимо вставить в компьютер до начала использования программы. Данный способ защиты создает значительно больше проблем для злоумышленников.

При использовании аппаратного ключа защищаемое программное обеспечение выполняет запрос кода активации не к пользователю, а к специальному драйверу обслуживающему аппаратный ключ. Тот же в свою очередь отсылает данный запрос аппаратному ключу подключенному к ПК.

В настоящее время наиболее используемыми являются системы защиты предлагаемые фирмами Guardant, и совместная разработка компаний «Актив» и «Анкад» — устройство *guToken*.

Электронный ключ Guardant представляет из себя устройство подключаемое к ПК с помощью порта LPT или USB. В месте с ключом поставляется инструментальный разработчика включающий в себя драйвера необходимые для связи пользовательского ПО и аппаратного ключа. Данный ключ позволяет выполнять защиту ПО с помощью двух методов: автоматическая защита и защита с помощью функций API.

При автоматической защите происходит фактически сохранение кода необходимого для активации программного обеспечения в ключе. При защите ПО данным способом необходимо как можно сильнее затруднить выполнение отладки программы, так как при выполнении отладки у злоумышленника появляется возможность подменить запрос к ключу, и отказаться от проверки ключа. Также необходимо обезопасить драйвер ключа через который происходит взаимодействие между ключом и ПО. Так как это также позволяет злоумышленнику обойти проверку ключа.

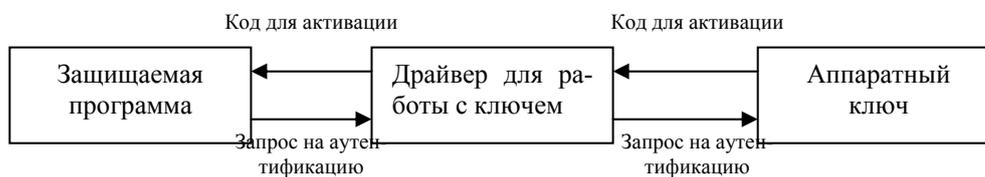


Рис. 1. Схема автоматической защиты.

При защите с помощью функций API в брелок помещается одна или несколько функций которые вызываются из программы и происходит фактически связывание кода ключа с кодом программного обеспечения.

Электронный ключ *guToken* отличается от аналогов аппаратная реализация стандарта шифрования по ГОСТ 28147-89. Ключ создан на основе специального защищенного микроконтроллера и имеет собственную память типа EEPROM объемом от 8 до 128 Кбайт. Он подключается к порту USB. Каждый ключ имеет свой уникальный 32-разрядный серийный номер, что позволяет усложнить систему защиты. На основе данного ключа можно построить систему защиты по тем же двум принципам, что и для ключа Guardant. Ключ оснащен собственной файловой системой построенной по стандарту ISO/IEC 7816, к которой может обратиться защищаемое ПО, для хранения фрагмента собственного кода либо данные необходимые для работы ПО. Шифрование внешних данных с помощью *guToken* выполняется в соответствии со стандартом ГОСТ 28147-89 в любом из трех режимов: простая замена; гаммирование; гаммирование с обратной связью. При аутентификации устройство позволяет разграничивать уровень прав пользователя или администратора и обеспечивает ограничение числа попыток аутентификации с предъявлением PIN-кода.

При построении защиты с помощью данных систем даже при применении защиты основанной на защите с помощью API функций в ключе Guardant, либо при сохранении части программного кода в ключе *guToken*, имеется общее слабое звено в виде драйвера подменив который появляется возможность получить код содержащийся в ключе. Затем, сохранив его на жестком диске ПК, и изменив работу драйвера таким образом чтобы он не производил запрос к ключу а просто считывал необходимую информацию с диска, злоумышленник получает вполне работоспособное приложение не требующее аппаратного ключа. И главное имея измененный драйвер и необходимые куски кода появляется возможность в будущем обходить систему защиты при установке других экземпляров данного ПО. Что в данный момент времени и используется при взломе программного обеспечения защищенного аппаратными ключами.

Данный способ может применяться и в случае взлома программного обеспечения защищенного с помощью автоматической защиты, если данную защиту не удастся обойти с помощью трассировки самого программного кода.

На самом деле есть другой способ взлома основанный на том, что происходит аппаратное считывание данных с ключа. Однако вероятность такого взлома очень мала в связи с тем, что производители как правило стараются либо хранить данные непосредственно в микроконтроллере находящемся в ключе либо если данные хранятся отдельно и имеется возможность их прочитать шифруют их. Так что данный способ взлома считаем достаточно маловероятным.

Очевидно, что для усложнения взлома основанного на подмене драйвера необходимо увеличить количество функций хранящихся в ключе. Так как тогда злоумышленнику необходимо выполнять большее количество прогонов программы, причем по разным ее веткам, для того чтобы выявить все функции хранящиеся в ключе. Это связано с тем, что драйвер не может знать количество функций хранящихся в ключе.

$$T_e = T_n + T_1 + \dots + T_n, \quad (1)$$

где T_e - суммарное время взлома, T_n - время подготовки к взлому, T_1 - время взлома первой найденной функции, T_n - время взлома n-ой найденной функции.

Время взлома (1) равно сумме времен взлома каждой функции и время подготовительного этапа необходимого для изменения драйвера. Следовательно, для увеличения времени взлома программного обеспечения необходимо увеличивать время взлома каждой функции и количество функций хранимых в ключе.

Для увеличения времени взлома каждой функции необходимо равномерно распределить их по всему программному обеспечению, что приведет к необходимости проходить каждую ветку программного обеспечения.

Следующим этапом для повышения времени взлома является хранение избыточного количества функций в ключе, то есть при работе одного экземпляра программного обеспечения нельзя получить все n функций так как данный экземпляр не вызывает их все, это можно достичь если часть функций будет присутствовать как в ключе так и в теле программы. Тогда при взломе необходимо производить взлом не одного экземпляра программы, а нескольких, что также увеличит время взлома. Развитием данного метода защиты является перенесением в ключ различных n функций для разных экземпляров программы, это резко снижает экономическую выгоду взлома, так как полученный набор из n функций не будет подходить к другому экземпляру программы.

Литература

1. ruToken – российское средство аутентификации. // Byte. 2004. №4. С. 13.
2. Бабенко Л.К., Ищуков С.С., Макаревич О.Б., Защита информации с использованием смарт-карт и электронных брелоков. — М.: Гелиос АРВ, 2003. —352 с.
3. Сайт фирмы «Анкад» — www.ancad.ru
4. Сайт фирмы «Актив» — www.guardant.ru

УДК 37.519.86.681.3.06

ОБ УГЛОВОМ УСКОРЕНИИ ЗВЕНА, СОВЕРШАЮЩЕГО ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ В СТЕРЖНЕВОМ ПЛОСКОМ МЕХАНИЗМЕ

Кулешова М.Ф., канд. техн. наук, Тохтарь Г.И., канд. техн. наук, Щербак О.В., канд. техн. наук
(г. Харьков, Украина)

Presence of two making angular acceleration of the link making plane-parallel movement in the flat rod mechanism is shown. Their physical sense is analysed.

Неотъемлемой частью кинематического исследования плоских механизмов является определение угловых ускорений его звеньев. В известной нам научной литературе [1,2,3] приводятся способы нахождения углового ускорения плоской фигуры, но не идет речь о существовании каких-либо составляющих углового ускорения. В данной статье на примере плоских стержневых механизмов показано существование двух составляющих углового ускорения звена, совершающего плоскопараллельное движение, установлен их физический смысл, приведены примеры их практического использования.

Состояние вопроса

При определении в плоских стержневых механизмах углового ускорения ε звена, совершающего плоскопараллельное движение (в дальнейшем- плоской фигуры) используются следующие приемы [1,2,3].

1. Если известна линия действия ускорения точки В, известно ускорение точки А по величине и направлению и угловая скорость плоской фигуры, то используется зависимость

$$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^r + \vec{a}_{BA}^n \quad (1)$$

позволяющая или по плану ускорений или аналитически определить сначала модуль линейного ускорения вектора \vec{a}_{BA}^r , а затем из формулы

$$\vec{a}_{BA}^r = \varepsilon_{AB} \cdot AB \quad (2)$$

найти численное значение углового ускорения ε_{AB} плоской фигуры для заданного положения механизма.

2. Угловое ускорение плоской фигуры в функции времени находят [1,2,3] по формуле

$$\varepsilon = \frac{d^2\psi}{dt^2}, \quad (3)$$

где $\psi = \psi(\varphi)$ - закон вращения движения плоской фигуры.

3. Если для плоского стержневого механизма удастся установить зависимость между угловыми и линейными величинами звеньев механизма, то угловые ускорения плоской фигуры можно получить путем двукратного дифференцирования зависимости. Так, по рис.1 имеет место

$$r \sin \varphi = l \sin \psi, \quad (4)$$

где $OA = r$, $AB = l$.

После двукратного дифференцирования имеем

$$-r \cdot \sin \varphi \cdot \dot{\varphi}^2 + r \cdot \cos \varphi \cdot \ddot{\varphi} = -l \cdot \sin \psi \cdot \dot{\psi}^2 + l \cdot \cos \psi \cdot \ddot{\psi}, \quad (5)$$

где $\ddot{\varphi} = |\varepsilon_{OA}|$, $\ddot{\psi} = |\varepsilon_{AB}|$, $\dot{\varphi}^2 = \omega_{OA}^2$, $\dot{\psi}^2 = \omega_{AB}^2$.

Из соотношения (5) можно определить угловое ускорение шатуна АВ в зависимости от углов φ , ψ и угловых ускорений ω_{OA} и ω_{AB} .

В приведенных формулах (2), (3), и (5) угловое ускорения ε плоской фигуры определяется как таковое в целом, и нет речи ни о каких его составляющих.

Известна также формула [2], содержащая два слагаемых

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{V_A}{AP} \right) = \frac{1}{AP} \cdot \frac{dV_A}{dt} + V_A \cdot \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{AP} \right), \quad (6)$$

где V_A - скорость полюса; AP - расстояние от полюса до мгновенного центра скоростей (м.ц.с.).

Весь комментарий [2] к (6) заключается в том, что формулу целесообразно применять в случае, когда AP - постоянно.

Анализ углового ускорения

Рассмотрим более подробно (6), представив ее в виде двух составляющих

$$\varepsilon = \varepsilon_* + \varepsilon_{**}, \quad (7)$$

и обозначив

$$\varepsilon_* = \frac{1}{AP} \cdot \frac{dV_A}{dt} = \frac{a_A^r}{AP} \quad (8)$$

и

$$\varepsilon_{**} = V_A \left(\frac{1}{AP} \right)' \quad (9)$$

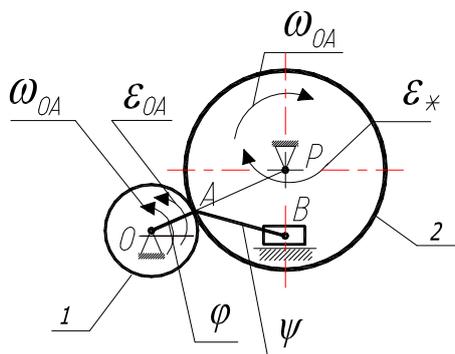


Рис.1. Кривошипно-шатунный механизм и соответствующая ему мгновенная простая рядовая передача: 1- ведущее колесо; 2- ведомое колесо; $r_1=OA$ и $r_2=AP$ - радиусы колес.

Далее обратимся к работе [4], в которой показано, что любому плоскому стержневому механизму в каждый момент времени ставится в соответствие мгновенная простая рядовая передача, состоящая из колес, центры которых совпадают с центрами скоростей каждого звена в данный момент времени.

Например, для кривошипно-шатунного механизма простая рядовая передача имеет вид, представленный на рис. 1.

Для рядовой передачи по рис. 1 имеет место

$$\frac{\varepsilon_{OA}}{\varepsilon_*} = \frac{AP}{OA},$$

откуда

$$\varepsilon_* = \frac{\varepsilon_{OA} \cdot OA}{AP} = \frac{a_A^r}{AP}, \quad (10)$$

что совпадает с формулой (8) и проявляет ее физический смысл: составляющая ε_* характеризует наличие углового ускорения звена 2 мгновенной рядовой передачи и существует, когда $\varepsilon_{OA} \neq 0$.

Становится понятен физический смысл и второй составляющей по формуле (9), вытекающий из способа изучения плоского движения, связанного с мгновенным центром вращений (теорема Эйлера-Шалля, [1,2,3]).

Применительно к мгновенной рядовой передаче это означает, что в общем случае радиус ведомого звена 2 является переменным. Следовательно, составляющая ε_{**} углового ускорения ε характеризует изменение ве-

личины радиуса ведомого звена 2 мгновенной рядовой передачи.

Заметим, что если в соответствующей мгновенной рядовой передаче $\omega_{OA} = const$ и $AP = const$, то $\varepsilon_* = \varepsilon_{**} = 0$ и для плоской фигуры $\varepsilon = 0$ во все время движения плоского механизма. Например, рассмотрим механизм эллипсографа и соответствующую ему рядовую передачу (рис.2),

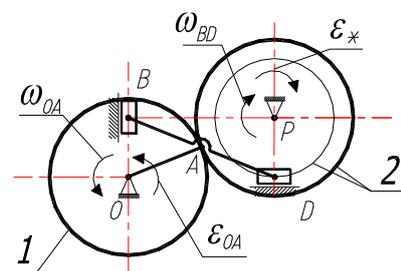


Рис.2. Механизм эллипсографа и соответствующая ему рядовая передача в которой $r_2 = AP = const$ во все время движения, следовательно, ε_{**} также во все время движения механизма равна нулю $\varepsilon_{**} = 0$.

Далее, $\varepsilon_* = \frac{\varepsilon_{OA} \cdot OA}{AP} = \varepsilon_0$. И теперь становится очевидным, что

наличие углового ускорения звена BD $\varepsilon_{BD} = \varepsilon_* + \varepsilon_{**}$ будет определяться только фактом существования углового ускорения ε_{OA} звена OA .

Таким образом, рассмотрение физического смысла составляющих углового ускорения ε_{BD} звена BD позволило обойти традиционный способ нахождения ε_{BD} [2, стр. 157-158], значительно сократив его вычисления.

В качестве второго примера рассмотрим кривошипно-шатунный механизм (рис. 1), приняв $AB = 2OA$, $\varphi = \frac{\pi}{6}$, рад. Найдем и проанализируем угловое ускорение ε_{AB} при $t_1 = 1c$.

Угловая скорость ω_{OA} кривошипа равна

$\omega_{OA} = \dot{\varphi} = \frac{\pi}{6c^{-1}} = const$, следовательно, $\varepsilon_* = 0$ для любого положения механизма, определяемого углом φ . Из

рис. 1 находим, что $AP = \frac{AB \cdot \cos \varphi}{\cos \psi}$. С использованием (9) и учитывая, что по условию $AB = 2r$, получим

$$\varepsilon_{**} = \omega_{OA} \cdot \frac{-\omega_{OA} \cdot \sin \varphi \cdot \cos \psi + \omega_{AB} \cdot \sin \psi \cdot \cos \varphi}{2 \cos^2 \psi}.$$

При $t_1 = 1c$ находим, что $\varepsilon_{**} = -0,0565c^{-2}$. Таким образом, $\varepsilon_{AB} \equiv \varepsilon_{**} = -0,0565c^{-2}$.

Знак минус означает, что направление углового ускорения ε_{AB} звена AB противоположно направлению его угловой скорости ω_{AB} . Анализ решения показывает, что для кривошипно-шатунного механизма в случае $\omega_{AB} = const$ наличие углового ускорения ε_{AB} звена AB обеспечивается только за счет изменения радиуса $r_2 = AP$ мгновенной рядовой передачи.

Выводы

1. Установление на примере плоских стержневых механизмов факта существования двух составляющих углового ускорения звена, совершающего плоскопараллельное движение, расширяет наши представления в теории плоского движения тела.
2. Понимание физической сущности составляющих углового ускорения приводит к новому способу вычисления углового ускорения звеньев плоских стержневых механизмов, позволяющему по сравнению с традиционными способами существенно сократить алгоритм его вычисления.

Литература

1. Лойцянский Л.Г., Лурье А.И. (1982). Курс теоретической механики, том 1 – Москва ; наука. – 352 с.
2. Добронравов В.В., Никитин Н.Н. (1983). Курс теоретической механики – Москва; Высшая школа. – 575 с.
3. Кильчевский Н.А. (1972). Курс теоретической механики. – Москва : Наука. –456 с.
4. Кулешова М.Ф., Никитин В.И. (1999). Об использовании аналогий в изучении дисциплины “ Теоретическая механика “. //Вестник ХГАДТУ. – Харьков, РИО ХГАЛТУ //Сб. научн. тр., вып. 9—с. 13-15.

УДК 539.3

К ПРОБЛЕМЕ ИНТЕГРАЦИИ КОМПОНЕНТОВ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Жолткевич Г. Н., докт. техн. наук, Игнатов С. Ю.

(г. Харьков, Украина)

To a problem of integration of components of the automated systems of preparation of manufacture.

Автоматизация инженерного труда в машиностроении является в современных условиях одним из основных путей обеспечения конкурентоспособности предприятий. Это обусловлено, прежде всего, тем, что современное машиностроительное предприятие должно быть способно в короткие сроки спроектировать и поставить на

производство новое изделие, при этом серийность производства, как правило, невысока. Тем самым, рентабельность производства должна быть обеспечена за счет эффективности всех видов подготовки производства – конструкторской, технологической, обеспечения материально-технических ресурсов.

Таким образом, традиционное разделение задач автоматизации производства на изолированные, в значительной степени, подсистемы: систему автоматизации проектных работ (САМ-systems), систему автоматизации технологической подготовки производства (САМ-systems), подсистемы автоматизированной системы управления предприятием (ERP-systems) теряет смысл.

Актуальной становится проблема интеграции информационных ресурсов предприятия в единое целое.

Следует также обратить внимание на наличие противоречий между требованиями предприятия к компонентам своей интегрированной информационной системы, среди которых не последнюю роль играют требования учитывающие специфику и традиции производства, а также разумная общая стоимость системы, включая затраты на эксплуатацию, и архитектурой соответствующих промышленно поставляемых платформ, ориентированных на «коробочную» поставку.

Такие архитектурные решения от фирм-производителей программного обеспечения промышленного назначения консервируют архитектурные подходы, отвергнутые разработчиками программных продуктов в других прикладных областях. Приверженность устаревшим архитектурным формам объясняется также стремлением монополизировать рынок промышленного программного обеспечения, навязав потребителям тот или иной технический стандарт, препятствующий гибкому использованию программного инструментария. Кроме того, следует подчеркнуть, что указанные продукты представляют собой инструментальные платформы для создания систем автоматизации проектных работ и технологической подготовки производства, создание же последних требует всестороннего исследования процессов проектирования и технологической подготовки производства конкретного машиностроительного предприятия. Только в процесс такого исследования может быть принято обоснованное решение о выборе того или иного инструментария и методов его интеграции в рамках интегрированной информационной инфраструктуры предприятия.

Таким образом, одной из основных проблем, с которой сталкиваются предприятия в настоящее время, является проблема интеграции управленческих и технических информационных ресурсов. Сложность этой проблемы усугубляется частыми изменениями управленческих взаимодействий и прав доступа как ограниченных, так и полных к информационным ресурсам. Наиболее разработанными и применяемыми для задач управления являются архитектуры корпоративных и распределенных баз данных (БД) – известные в литературе как архитектура клиент-сервер и архитектура распределенных объектов [1].

В отличие от традиционной, хорошо управляемой и безопасной среды вычислений предприятия, построенной на базе универсальной вычислительной машины (мейнфрейм) с подсоединенными к ней терминалами, среда локальных сетей персональных компьютеров (ПК) требует изощренных систем контроля, управления и безопасности. В то же время, развитие средства сетевой организации делают возможным разделение бизнес-информации как внутри групп индивидуальных пользователей, так и между такими группами, внутри и вне корпорации и облегчают организацию информационных процессов в масштабе предприятия. Чтобы ликвидировать брешь между отдельными локальными сетями ПК и традиционными средствами вычислений, а также для организации распределенных вычислений в масштабе предприятия появилась модель вычислений на базе рабочих групп при единой (корпоративной) БД.

В современном подходе к реализации корпоративных БД взаимозаменяемо используются понятия серверов рабочих групп и сетевых серверов. Сервер рабочей группы может быть сервером, построенным на одном процессоре компании Intel, или суперсервером (с несколькими центральными процессорами), подобным изделиям компаний Compaq, HP, IBM и DEC, работающим под управлением операционной системы Windows NT. Это может быть также UNIX-сервер начального уровня компаний Sun, HP, IBM и DEC.

Основу следующего уровня современных информационных систем предприятий и организаций составляют корпоративные серверы различного функционального назначения, построенные на базе операционной системы UNIX. Архитектура этих систем варьируется в широких пределах в зависимости от масштаба решаемых задач и размеров предприятия. Двумя основными проблемами построения вычислительных систем для критически важных приложений, связанных с обработкой транзакций, управлением базами данных и обслуживанием телекоммуникаций, являются обеспечение высокой производительности и продолжительного функционирования систем. Наиболее эффективный способ достижения заданного уровня производительности – применение параллельных масштабируемых архитектур. Задача обеспечения продолжительного функционирования системы имеет три составляющих: надежность, готовность и удобство обслуживания. Все эти три составляющих предполагают, в первую очередь, борьбу с неисправностями системы, порождаемыми отказами и сбоями в ее работе.

Понятно, что в общем случае для того, чтобы прикладная программа, выполняющаяся на рабочей станции, могла запросить услугу у некоторого сервера, требуется, как минимум, наличия некоторого интерфейсного программного слоя, поддерживающего такого рода взаимодействие (было бы, по меньшей мере, неестественно требовать, чтобы прикладная программа напрямую пользовалась сетевыми примитивами транспортного уровня). Из этого, собственно, и вытекают основные принципы системной архитектуры клиент/сервер.

Система разбивается на две части, которые могут выполняться в разных узлах сети – клиентскую и серверную части. Прикладная программа или конечный пользователь взаимодействуют с клиентской частью системы, которая в простейшем случае обеспечивает высокоуровневый логический протокол. Клиентская часть системы

при необходимости обращается по сети к серверной части. Заметим, что в развитых системах сетевое обращение к серверной части может и не понадобиться, если система может предугадывать потребности пользователя, и в клиентской части содержатся данные, способные удовлетворить его следующий запрос (кэширование).

Альтернативой корпоративным являются распределенные БД, основной задачей систем управления которыми является обеспечение средств интеграции локальных баз данных, располагающихся в некоторых узлах вычислительной сети, с тем, чтобы пользователь, работающий в любом узле сети, имел доступ ко всем этим базам данных как к единой базе.

Таким образом, задача интеграции неоднородных БД состоит в предоставлении пользователям интегрированной системы некоторой глобальной схемы БД, представленной средствами какой-либо модели данных, и автоматическом преобразовании операторов манипулирования данными глобального уровня в операторы, понятные соответствующим локальным СУБД. В теоретическом плане проблемы преобразования решены, имеются реализации [2, 3].

Следует отметить, что при строгой интеграции неоднородных БД локальные системы утрачивают свою автономность. После включения локальной БД в федеративную систему все дальнейшие действия с ней, включая администрирование, должны вестись на глобальном уровне. Поскольку пользователи часто не соглашаются утрачивать локальную автономность, требуя, тем не менее, предоставления возможности взаимодействия со всеми локальными БД на одном языке и формулировать запросы с одновременным указанием разных локальных БД, развивается направление мульти-БД (например, System R и System R* [4, 5]). В системах мульти-БД не поддерживается глобальная схема интегрированной БД, и применяются специальные способы именования для доступа к объектам локальных БД. Как правило, в таких системах на глобальном уровне допускается только выборка данных. Это позволяет сохранить автономность локальных БД.

Реализации информационных систем управления с использованием описанных подходов содержат массу дорогостоящих аппаратно-технических и программно-системных решений сопоставимых по стоимости с затратами на запуск небольшого спутника.

При условии одновременного проектирования территории, зданий, сооружений, управляющих узлов и коммуникаций организации, ее бизнес-процессов подход, базирующийся на корпоративной БД, является предпочтительным по сравнению с подходом, в основе которого лежит распределенная БД. Распределенные же БД в силу сложности их сопровождения и администрирования не находят применения в информационных управляющих системах бизнес-структур. При условиях частых частичных модернизаций существующих систем и подсистем управления, реорганизации, создания или переподчинения подразделений существующей организации, не обладающей изначально корпоративной сетью, классические корпоративный или распределенный подходы являются дорогостоящей утопией.

Следует особо подчеркнуть, что исходная посылка разработки описанных выше архитектурных решений состоит в требовании предоставления физической возможности доступа к любой информации, хранящейся в БД, любому пользователю. Ограничение доступа обеспечивается программным путем за счет специальной подсистемы управления безопасностью. В то же время, в реальной системе управления предприятием не существует ни одного рабочего места (управляющей единицы), которое объективно нуждалось бы в полном доступе ко всем информационным ресурсам общей управляющей системы.

Это противоречие, лежащее в основе концепции обеспечения доступа к информационным ресурсам как для подхода, базирующегося на корпоративной БД, так и для подхода, основанного на распределенной БД, стало одним из побудительных мотивов возникновения проекта, направленного на создание системы интеграции гетерогенных информационных ресурсов SIRIUS [6].

Сразу следует оговорить, что проект SIRIUS базируется на допущении, что информационная управляющая система является квазистатичной, иными словами изменение состояния отдельного информационного ресурса не приводит к необходимости немедленной (или достаточно быстрой) реакции на это изменение. Например, в случае внесения изменения в конструкцию детали информация об этом поступит в технологические службы в течение нескольких часов.

Интеграция управленческих приложений в рамках проекта SIRIUS основывается на архитектурном инварианте бизнес-приложений, модель которого показана рис. 1 [7].

При этом физически бизнес-приложение может быть реализовано либо на локальном компьютере, либо в локальной сети, либо в корпоративной сети, в том числе обеспечивающей доступ к информационному ресурсу посредством Web.

В настоящей работе под информационным ресурсом понимается любая структура данных, удовлетворяющая какой-либо модели хранения данных,

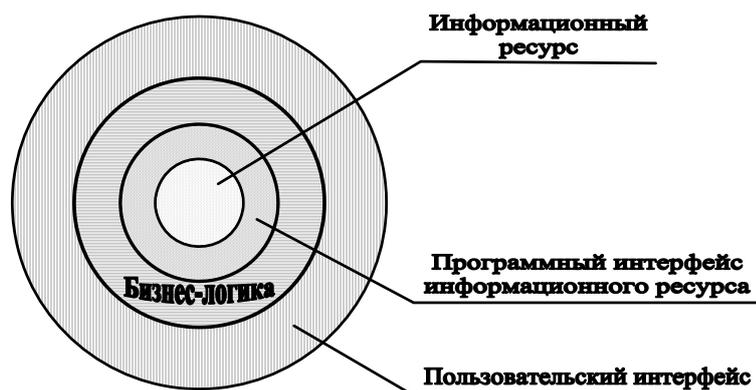


Рис. 1. Архитектура бизнес-приложения.

которая, как правило, но необязательно, является базой данных.

Под программным интерфейсом информационного ресурса понимается программный комплекс, обеспечивающий доступ к элементам данных информационного ресурса на уровне модели хранения данных. Для информационных ресурсов, реализованных средствами стандартных систем управления базами данных (СУБД) таким программным интерфейсом может быть сама СУБД или соответствующие библиотеки объектов доступа к данным, например, ODBC, DAO, JDBC и тому подобное. В терминологии работы [8] программный интерфейс информационного ресурса реализует слой функций доступа к данным системы.

Бизнес-логика приложения представлена программными объектами, моделирующими процессы и информационные потоки в системе управления и обеспечивающими обработку данных информационного ресурса в со-

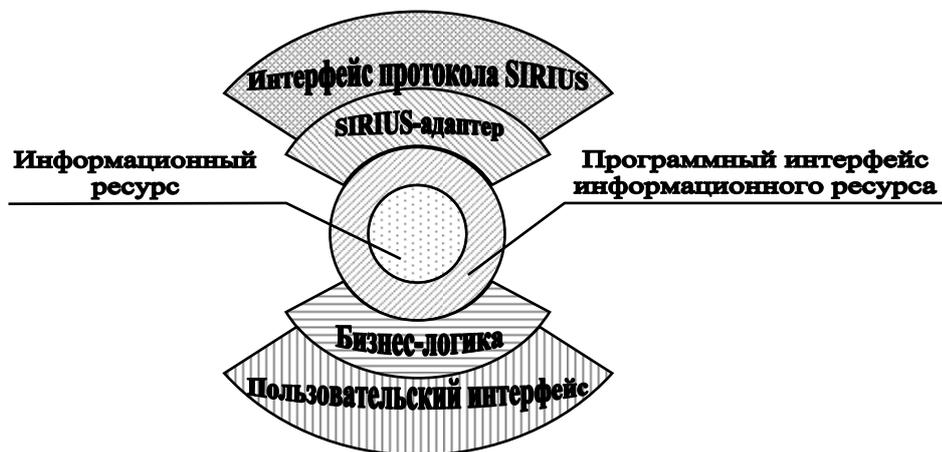


Рис.2. Архитектура информационного компонента в системе SIRIUS.

презентационную логику.

В настоящей работе мы не проводим такого детального расслоения, поскольку бизнес-логика и пользовательский интерфейс остаются за рамками интеграционных процессов.

Для обеспечения интеграции отдельных бизнес-приложений предлагается минимальная модификация их архитектуры путем добавления слоев, ответственных за интеграционные процессы (см. рис. 2).

Бизнес-приложение, реализованное как информационный компонент, обязано поддерживать интерфейс протокола системы SIRIUS, посредством которого обеспечивается интеграция этого приложения в единую систему управления.

Такая архитектура системы управления обеспечивает ее открытость и масштабируемость, однако ничего не говорит о механизмах взаимодействия информационных компонентов и синхронизации данных информационных ресурсов.

Эти механизмы должны обеспечить суверенитет каждого информационного компонента над своим информационным ресурсом. Это означает невозможность модификации данных информационного ресурса никакими программными средствами кроме тех, которые инкапсулированы в информационном компоненте, а также установление только средствами информационного компонента фильтров доступа к данным информационного ресурса со стороны других компонентов.

Такой суверенитет надежно можно реализовать путем отказа от предоставления возможности on-line доступа к данным информационного ресурса. Именно это соображение диктует ограничение на применимость архитектуры SIRIUS только в случае квазистатичных систем.

В случае таких систем обеспечить решение задачи синхронизации данных можно путем использования стратегии Publish/Subscribe.

Стратегия Publish/Subscribe в обобщенном виде может быть описана следующим протоколом, участниками которого являются ИЗДАТЕЛЬ и ПОДПИСЧИК:

1. информационный компонент ИЗДАТЕЛЬ посылает *уведомление* всем информационным компонентам, известным как его ПОДПИСЧИКИ, о факте изменения данных, над которыми установлен суверенитет ИЗДАТЕЛЯ;
2. получив *уведомление*, ПОДПИСЧИК отправляет соответствующий *запрос* ИЗДАТЕЛЮ;
3. получив *запрос*, ИЗДАТЕЛЬ проверяет права доступа автора запроса (ПОДПИСЧИКА), формирует соответствующий отчет и отправляет его этому ПОДПИСЧИКУ;
4. получив *отчет*, ПОДПИСЧИК преобразует его в транзакцию собственного информационного ресурса и выполняет ее.

Этот протокол может быть реализован несколькими способами, что приводит к двум типам интеграции информационных систем, которые мы условно можем назвать сообществами и федерациями.

В сообществах поддерживается полностью симметричная стратегия, при которой взаимодействие между

ответствии с правилами, установленными для объекта управления. Это соответствует слоям прикладных функций и интегральной логики системы [8].

Объекты пользовательского интерфейса ответственны за правильное отображение данных и обеспечение взаимодействия с пользователем. В работе [8] эта ответственность возложена на два слоя системы – собственно пользовательский интерфейс и

ИЗДАТЕЛЯМИ и ПОДПИСЧИКАМИ происходит напрямую, без ПОСРЕДНИКОВ. Основной проблемой этого типа интеграции является построение надежного механизма распознавания и адресации компонентов информационной системы – членов сообщества.

В отличие от сообщества в случае федерации в системе присутствует специальный информационный компонент – ПОСРЕДНИК, задачей которого является централизованная координация взаимодействия между всеми компонентами информационной системы. Это приводит к следующей модификации протокола Publish/Subscribe (участником его, кроме ИЗДАТЕЛЕЙ и ПОДПИСЧИКОВ, является ПОСРЕДНИК):

1. информационный компонент ИЗДАТЕЛЬ посылает *уведомление* ПОСРЕДНИКУ о факте изменения данных, над которыми установлен суверенитет ИЗДАТЕЛЯ;
2. получив уведомление, ПОСРЕДНИК определяет ПОДПИСЧИКОВ автора этого уведомления и рассылает им это уведомление;
3. получив уведомление, ПОДПИСЧИК отправляет соответствующий *запрос* ПОСРЕДНИКУ;
4. получив запрос, ПОСРЕДНИК проверяет права доступа автора запроса (ПОДПИСЧИКА) и отправляет его ИЗДАТЕЛЮ – автору уведомления, в ответ на которое был отправлен запрос;
5. получив запрос, ИЗДАТЕЛЬ формирует соответствующий отчет и отправляет его этому ПОСРЕДНИКУ;
6. получив отчет, ПОСРЕДНИК отправляет его ПОДПИСЧИКУ – автору запроса;
7. получив отчет, ПОДПИСЧИК преобразует его в транзакцию собственного информационного ресурса и выполняет ее.

В отличие от случая сообщества федеративный протокол решает проблему распознавания, синхронизации и адресации информационных компонентов, но предъявляет определенные требования к централизации вычислительной сети организации, а также ее администрированию. Это, однако, не нарушает суверенитет информационных компонентов над своими информационными ресурсами. Федеративный подход позволяет также решить проблему запроса обязательных отчетов специальными компонентами безотносительно к тому, происходили ли какие-либо изменения данных информационных ресурсов. Это свойство является существенным для систем управления организациями, поскольку правила бизнес-логики предусматривают предоставление таких отчетов.

Кроме того, следует отметить, что построение распределенной информационной системы, базирующейся на стратегии Publish/Subscribe, дает возможность восстановления существенной части информационного ресурса в случае его разрушения, как для подписчиков, так и для издателя.

Итак, по мнению авторов, построение распределенной информационной системы, базирующейся на стратегии Publish/Subscribe, позволяет:

1. интегрировать информационные ресурсы, сохраняя реализацию обработки данных средствами соответствующих информационных компонентов;
2. обеспечить суверенитет информационных компонентов над собственными информационными ресурсами;
3. обеспечить дополнительные возможности восстановления разрушенных информационных ресурсов;
4. снизить затраты на интеграцию информационных ресурсов и средств обработки данных за счет максимального использования существующих в организации локальных и сетевых решений.

Следует также подчеркнуть, что федеративный подход к интеграции информационных ресурсов на базе стратегии Publish/Subscribe является более адекватным для информационных управляющих систем по сравнению с подходом на основании протокола сообщества.

Открытыми проблемами предложенного подхода являются количественные оценки эффективности передачи данных при разных конфигурациях взаимодействия между информационными компонентами и оценка общего количества шаблонов уведомлений и запросов, циркулирующих в построенной таким образом системе.

Литература

1. Sommerville I. Software Engineering (6th Edition). – Pearson Education, 2001. – 624 p.
2. Client/Server Software Architectures. An Overview. –Software Engineering Institute. – http://www.sei.cmu.edu/str/descriptions/clientserver_body.html.
3. Ozsü M. T., Valduriez P. Principles of Distributed Database Systems (2nd Edition). – Prentice Hall, 2004. – 658 p.
4. Traiger I. L., Gray J., Galtiel C. A., Lindsay B. G. Transactions and Consistency in Distributed Database Systems. – ACM Trans. Database Syst., vol. 7, № 3. – 1982. – Pp. 323-342.
5. Mohan C., Lindsay B., Obermarck R. Transaction management in the R* distributed database management system. – ACM Trans. Database Syst., vol. 11, №4. – 1986. – Pp. 378-396.
6. Альмхерат Ахмад Али (Абдель Карим), Жолткевич Г. Н., Игнатов С. Ю. Об одном подходе к интеграции неоднородных информационных ресурсов. – Вісник Харк. нац. ун-та ім. В. Н. Каразіна, серія „Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління”. – № 629, вип. 3, 2004. – Pp. 48-55.
7. Васкевич Д. Стратегии КЛИЕНТ/СЕРВЕР. – К.: Діалектика, 1996. – 384 с.
8. Мацяшек Л. А. Анализ требований и проектирование систем. Разработка информационных систем с использованием UML. – М.: Вильямс, 2002. – 428 с.

4. ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 658.012.32

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КОРПОРАТИВНЫХ ОТНОШЕНИЙ АКЦИОНЕРОВ

Попов А.Е., канд. экон. наук

(г. Харьков, Украина)

Considered maintenance of corporate relations and definite entry list their. Are explored strategies of potential investors attached to reception of decision of buying of corporation actions. Are definite the shareholders waitings realization forms on the subject of profit receipt and condition of their realization. Is Proved an use necessity of competition distribution methods of corporate control in incorporated society.

Акционерное общество является наиболее распространенной формой организации коллективной предпринимательской деятельности в современной экономике. Участники акционерного общества объединяют принадлежащие им капиталы с целью получения прибыли при условии ограничения хозяйственных и других рисков. Управление акционерным обществом происходит в условиях постоянного столкновения интересов, возникновения разногласий и противоречий между различными участниками корпоративных отношений. Для обеспечения стабильного развития корпорации необходимо постоянное согласование, координация и разрешение конфликтов участников корпоративных отношений, осуществляемые с помощью корпоративного управления. Выделение участников корпоративных отношений, обоснованное установление их целей и интересов является важным элементом организации корпоративного управления, без которого осуществление этого процесса в АО может стать совершенно невозможным.

Для собственников-акционеров важнейшим преимуществом и основной целью использования акционерной формы организации предпринимательства является обеспечение приемлемой прибыли и гарантий от потерь, превышающих вклад каждого из акционеров в акционерный капитал. В общем случае при покупке акций потенциальные акционеры могут руководствоваться двумя типами стратегий – венчурной и консервативной. Венчурные вложения осуществляются в корпорации, стратегии развития которых ориентированы на обеспечение высокого уровня дохода при значительном риске потери вложенных средств. Для некоторых инвесторов (например, больших пенсионных фондов) более характерной является консервативная модель поведения, основанная на стремлении получить гарантированный удовлетворительный уровень прибыли при условии приемлемого риска. Однако даже в таком случае инвесторы будут стараться достичь оптимального дохода за счет пропорционального вложения средств в акции с различной степенью риска. В другую группу финансовых инвесторов входят кредиторы, которые на возвратной основе предоставляют корпорации необходимые для ее развития средства. Финансовые цели кредиторов, в отличие от акционеров, состоят в получении гарантированного уровня дохода при незначительных рисках.

Преобладание чисто финансовых целей в деятельности АО может стать причиной возникновения проблем в определении стратегических или даже долгосрочных задач корпорации и путей их решения. Акционеры чаще всего не преследуют долгосрочных целей, горизонт принятия ими стратегических решений ограничивается периодом расчета эффективности сделанных в акции вложений. Любое увеличение этого периода обязательно повлечет за собой необходимость пересмотра условий инвестирования в области объема ожидаемой прибыли вследствие увеличения рисков.

Активное участие финансовых инвесторов в разработке и реализации стратегических планов корпорации становится возможным при наличии у них интересов предпринимательского или иного характера, отличных от чисто финансовых целей инвестирования. В этом случае акционеры и кредиторы перестают быть только финансовыми инвесторами, а их реальные ожидания будут определяться путем достижения баланса финансовых и нефинансовых целей. Достижение такого баланса становится возможным на основе стремления к увеличению объемов продаж или доли рынка, обеспечение стабильной работы предприятия и удовлетворительного финансового состояния. Обоснованное разделение участников корпоративных отношений с чисто финансовым интересом и инвесторов с более сложной системой целей становится возможным только в случае ущемления такими участниками прав других инвесторов.

Деятельность АО может также затрагивать интересы нефинансовых инвесторов, ожидания которых от участия в корпорации существенно отличаются. Персонал вносит в деятельность АО собственные силы, знания, умения и заинтересован в первую очередь в оптимальных условиях занятости, создание которых требует от акционеров немалых финансовых расходов, уменьшающих прибыль. Поставщики вкладывают средства в выпуск товаров для определенной корпорации и стремятся обеспечить стабильность приобретения их продукции этой корпорацией. Однако наиболее влиятельной группой участников корпоративных отношений такого рода является высшее руководство акционерного общества. Большинство высших руководителей, которые несут полную ответственность за деятельность корпорации, нельзя отнести к категории простых наемных работников. Мотивация высших руководителей в силу большого объема, важности и разносторонности возложенных на них обязанностей может включать в себя как профессиональное исполнение обязательств перед акционерами, так и обеспечение собственных интересов, тождественных важнейшим правам владения корпорацией (в первую очередь, к правам распоряжения ее имуществом). Кроме того, часто усилия высших руководителей сознательно или бессознательно будут направляться на повышение социальной значимости их корпорации и собственного общественного статуса, для чего обеспечение прибыли акционеров будет только вспомогательным

инструментом.

Основным ограничителем для повышения роли внутриорганизационных целей в деятельности АО является возможность проведения кадровых изменений в высшем руководстве вследствие неудовлетворенности акционеров или враждебного поглощения. Общественные интересы, выразителями которых являются потребители, органы государственной власти и общественные организации, определяют наиболее широкую сферу целей корпорации. Акционерное общество является социальной системой, развитие которой тесно связано с общим состоянием общества при любых условиях хозяйствования. Поэтому согласование финансовых и внутриорганизационных целей с общественными приоритетами для акционерного общества представляет собой актуальную проблему, без решения которой корпорация не сможет включиться в процесс общественного развития. Таким образом, каждая из групп участников корпоративных отношений имеет разнонаправленные цели и интересы, которые базируются на различных ожиданиях от результатов деятельности корпорации. Наиболее характерно эти особенности проявляются в корпоративных отношениях акционеров. Для различных групп акционеров возможности сознательного влияния на выбор путей развития корпорации и осведомленность о потенциальном уровне риска инвестирования существенно различаются.

Ожидания акционеров по поводу получения прибыли могут быть реализованы в трех основных формах: в виде роста продажной стоимости акций; при выплате дивидендов; в результате получения дополнительной предпринимательской прибыли от льгот и преференций, связанных с владением частью акций АО, в коммерческих отношениях с корпорацией или при осуществлении совместной хозяйственной деятельности.

Продажная стоимость акций может равняться рыночному курсу акций (при свободной продаже на фондовом рынке), может быть договорной (при реализации определенного пакета заинтересованному инвестору) или расчетной (при обратном выкупе корпорацией собственных акций по фиксированной цене). Увеличение стоимости акций может происходить по следующим причинам: в результате реинвестирования полученной прибыли; при сокращении инвестиционных рисков в условиях сохранения стабильно высоких оценок ожидаемого дохода; в результате роста ожиданий потенциального дохода при сохранении текущего уровня оценок инвестиционных рисков; под воздействием факторов психологического характера.

Однако в каждом случае в основе процесса ценообразования на акции будет находиться субъективная оценка покупателем соотношения между возможной прибылью, потенциальным риском этой операции и эффективностью альтернативного использования вкладываемых средств. Ключевое значение для принятия решения о приобретении акций имеет достоверность исходных данных, которыми располагает потенциальный инвестор, а также оценка возможностей оперативного изменения структуры сделанных вложений при переменах рыночной ситуации и финансовых потерь при реализации акций.

Выплата дивидендов представляет собой форму обеспечения стабильности структуры акционерного капитала и существующего баланса корпоративных отношений путем предоставления акционерам приемлемого постоянного дохода. В данном случае перечень факторов, которые влияют на принятие инвестиционного решения, следует дополнить оценкой потенциальной возможности оказывать воздействие на распределение результатов деятельности корпорации.

Дополнительная предпринимательская прибыль может быть получена акционером в случае, если обладание частью акционерного капитала определенной корпорации способно стать источником дискриминационных конкурентных преимуществ при осуществлении хозяйственной деятельности неинвестиционного характера. Дополнительный доход такого рода, по сути, представляет собой часть прибыли акционерного общества, которая попадает в распоряжение одного из акционеров в ущерб прочим участникам корпорации. Недополученная прибыль может иметь потенциальный (внешний) и реальный (внутренний) характер. Потенциальная недополученная прибыль складывается из дополнительных доходов, которые поступают акционеру вследствие предоставления ему исключительных преференций при осуществлении коммерческих операций по купле-продаже товаров и услуг, произведенных корпорацией. Реальная недополученная прибыль складывается из потерь и убытков, понесенных АО в результате использования части его имущества одним из акционеров исключительно в собственных целях.

Таким образом, возможность получения прибыли от владения частью акционерного капитала (следовательно, и целесообразность участия в корпоративных отношениях) во многом зависит от способности потенциального акционера оказывать воздействие на принятие управленческих решений по важнейшим вопросам деятельности акционерного общества. Источником такой способности является прежде всего корпоративный контроль, осуществляемый через непосредственное участие акционера или его представителей в исполнительных органах корпорации либо через воздействие на кадровую политику и выбор претендентов на ключевые должности в акционерном обществе. Обретение и осуществление корпоративного контроля требует наличия у претендента четких и бесспорных прав собственности, специальных знаний и опыта, свободных финансовых ресурсов, юридического обеспечения, возможности привлечения административного вмешательства государственных органов и т.д. Наличие корпоративным контролем не обязательно будет свидетельствовать об ущемлении интересов части акционеров, однако обладание таким контролем является непременным условием получения дополнительной предпринимательской прибыли.

В ряде случаев (особенно при отсутствии бесспорного корпоративного контроля) немаловажное значение для получения определенным акционером такой прибыли будет иметь возможность оперативного эксклюзивного получения внутренней информации о финансово-экономическом состоянии корпорации, перспективах изменения этого состояния. Такая информация может существенно повысить достоверность оценки потенци-

альної прибутливості та інвестиційного ризику вкладень в акції корпорації. Тому навіть при відсутності у акціонера можливості одержання додаткового підприємницького доходу, участь в управлінні АО (доступ до внутрішньої інформації) ставить його в привілейоване по відношенню до інших інвесторів положення. Рішальне вплив на розподіл корпоративного контролю в АО здійснює структура акціонерного капіталу, розподіл акцій між акціонерами. Можливості здійснення корпоративного контролю з боку власників великих пакетів акцій зазвичай пропорційні величині цих пакетів та здатності претендентів здійснювати консолідуюче вплив на інших акціонерів. По цьому признаку слід виділити власників контрольних (мають можливість самостійно приймати управлінські рішення по справі корпоративного управління) та блокуючих пакетів акцій (можуть перешкодити прийняттю певних рішень). Відмінно від власників великих пакетів акцій, вплив меншоритарних (маленьких) акціонерів на управління корпорацією зазвичай обмежується загрозою продажу акцій в разі ущемлення їх прав чи інтересів.

В той же час корпоративні стосунки акціонерів не можуть бути зведені тільки до жорсткого антагонізму власників великих пакетів акцій та меншоритарних акціонерів. В оптимальному разі співіснування акціонерів повинно представляти собою взаємно вигідний симбіоз, в якому «великі» акціонери виступають представниками та захисниками інтересів меншоритарних акціонерів (власники блокуючих пакетів акцій – перед власниками контрольних пакетів, власники контрольних – перед іншими учасниками корпоративних стосунків). В обмін на гарантії одержання доходу та захисту інвестицій, меншоритарні власники надають в розпорядження корпорації (по суті, в розпорядження «великих» акціонерів) фінансові ресурси та дозволяють власникам великих пакетів акцій користуватися певними привілеями в сфері розподілу прибутку акціонерного суспільства.

Найбільш цілеспрямованим способом розподілу корпоративного контролю є використання конкурентного механізму, що складається з формування ринку корпоративного контролю (внутрішнього та зовнішнього). На внутрішньому ринку (в вищих органах управління АО) відбувається конкуренція між діючими учасниками корпоративних стосунків, на зовнішньому ринку (в певному сегменті ринку частин капіталу) конкурентна боротьба розгортається між діючими та потенційними учасниками корпорації. Виникнення ринку корпоративного контролю є неотъемлемою складовою частиною формування системи корпоративного управління, необхідною умовою забезпечення довготривалого співробітництва акціонерів.

УДК 369

СТРАХОВА, ІНВЕСТИЦІЙНА ТА ІННОВАЦІЙНА ДІЯЛЬНІСТЬ – ТОЧКИ ДОТИКУ

Азаренков Г.Ф., канд. екон. наук

(м. Харків, Україна)

The possibility of the use insurance resource for financial ensuring the innovations is considered. The accent on consideration of the facilities insurer as bases of resource for innovation processes is made. United regional centres of innovation, insurance and investment activity, which answered for introduction and support of the programs of the insurance of the separate branches and directions to economic activity is offered create.

Страхування – це стратегічний сектор розвитку економіки ринкового типу, призначення якого полягає як в забезпеченні зменшення ризику, так і в необхідності виступати в якості одного з джерел стійкого фінансового забезпечення інвестиційних процесів. Така особливість страхової справи й обумовлює появу значної кількості робіт у даній сфері та увагу до наукових здобутків у цій галузі. Водночас значимість окресленого вище є досить важливим, насамперед, для інноваційного розвитку економіки України, яка потребує значного обсягу додаткових фінансових ресурсів.

Однак, якщо врахування страхових внесків у інвестиційних процесах є досить поширеним явищем та знаходить своє відображення у наукових працях [1, 2], розгляд ресурсів страховиків в якості ресурсної бази для інноваційних процесів є новим напрямком, який вимагає додаткових досліджень. Це пов'язано, насамперед, із складністю поставленого завдання. Так, при впровадженні будь-якого виду діяльності виникають певні ризикові події, які слід страхувати, не говорячи вже про інноваційну діяльність. Насамперед, під час проведення інноваційної діяльності виникає великий ризик втрати авансованих коштів, оскільки створення нововведення, за своєю сутністю, є творчим процесом, результати якого неможливо передбачити. До того ж, ступінь ризику інвестицій у нововведення значно коливається в залежності від рівня невизначеності кінцевого результату інновацій (тобто ступеня новизни нового продукту, послуги, процесу). Водночас, вкладення в інновації характеризуються значним часовим лагом від моменту авансування фінансових ресурсів в інноваційну діяльність, до моменту одержання комерційної віддачі від них. До того ж для країн з трансформаційною економікою, до яких належить Україна, характерні як ринкові ризики, так і багато специфічних ризиків перехідного етапу.

Проте ґрунтовність тези щодо можливості застосування страхових внесків як джерела фінансового забезпечення нововведень базується, насамперед, на тому, що особливості інноваційного процесу створюють умови для взаємного впливу інноваційних та інвестиційних циклів. Тобто, узагальнено, фінансові ресурси страхових компаній можна визначити як джерело фінансового забезпечення нововведень. Однак, незважаючи на це, слід все ж таки виважено підходити до застосування коштів страховиків в якості джерела фінансового забезпечення інновацій. Для цього, передусім, доцільно встановити розгорнутий та структурований цикл нововведень, визна-

чивши фінансові потреби та ризики, які виникають. Разом з цим істотним у методології управління фінансовим забезпеченням інноваційної діяльності є облік факторів при виборі альтернативних варіантів, бо розв'язання такої задачі прямо пов'язано з існуванням певних видів ризику і необхідністю прийняття обґрунтованих рішень в різних умовах господарювання. Водночас відповідно до оцінок експертів, на сьогодні лише 10% існуючих в Україні ризиків застраховано. Для порівняння слід зауважити, що покриття ризиків в більшості розвинутих країн зазвичай становить 90% [4].

З іншого, боку варто звернути увагу на певну односторонність розвитку страхового ринку в Україні, що зменшує можливість використання страхових ресурсів для фінансового забезпечення нововведень. Так, станом на 01.04.04 види страхування, крім страхування життя, становлять 99,04% (3 201,0 млн. грн.) у загальній структурі страхових валових надходжень, де значна частка належить страхуванню фінансових ризиків (1644,0 млн. грн.) та страхуванню майна (1084,3 млн. грн.) [3]. Поряд із цим страхування життя складає лише 0,96% (31,0 млн. грн.) [3]. Втім відомо, що надійним джерелом підприємницької діяльності є надходження саме від страхування життя, яке в країнах з розвинутою економікою займає приблизно 60% ринку страхових послуг [4]. Тож, перш за все, необхідним є розвиток страхування життя, оскільки воно є джерелом довгострокових інвестиційних ресурсів, яких бракує для піднесення вітчизняної економіки. Виходячи з цього, важливим фактором розвитку страхування життя, а відтак і застосування страхових ресурсів для фінансового забезпечення нововведень, є створення нових робочих місць. Таким чином, доцільно стимулювати використання страхових внесків в якості джерела фінансового забезпечення нововведень через податкові інструменти шляхом направлення більшої частки доходу від інвестиційної діяльності страхових компаній на збільшення їх капіталу, а також впровадження більш розгорнутих механізмів страхування інвестиційних вкладень саме страховиків, які спрямовують кошти на інвестиційний розвиток.

Поряд із цим, варто враховувати потенціал страхової галузі, який є досить високим, але на сучасному етапі економічного розвитку України він використовується лише незначною мірою. До того ж, цей потенціал виражається в здатності страхової галузі, насамперед, надавати страховий захист більш широкому колу організацій і підприємств при врахуванні регіональних особливостей розвитку окремих областей України. У цьому зв'язку, на думку автора, доцільною є розробка та впровадження регіональних програм страхування окремих галузей та напрямків економічної діяльності, а відтак окремо і регіональних програм підтримки нововведень за рахунок фінансових ресурсів страховиків. Як напрямок розвинення означеної тези доцільно створити об'єднані регіональні центри інноваційної, страхової та інвестиційної діяльності, які б відповідали за впровадження та підтримку визначених інноваційних програм. При цьому необхідними умовами сталого функціонування таких центрів повинні бути: надійність компенсації збитків страхувальникам за страховими випадками, що наступають; ефективність фінансування попереджувальних заходів щодо зниження ризику на об'єктах інноваційного страхування; максимальне залучення ресурсів страхових компаній в ефективні інноваційні проекти регіону; одержання прибутку страховими організаціями завдяки їхній участі в регіональній системі розвитку інноваційної діяльності.

Водночас означений механізм фінансової взаємодії страхової галузі та інноваційної підтримки економіки регіону може стимулювати і систему розвитку не лише інвестиційної, а й страхової діяльності, що є вкрай важливим на сучасному етапі піднесення економічних відносин в Україні.

Література

1. Трохимчик Ю.В. Інвестиційна діяльність страховиків в умовах трансформування економічної системи // Соціально-економічні дослідження в перехідний період. Економічні проблеми ринкової трансформації України (Збірник наукових праць) / НАН України. Інститут регіональних досліджень. – Львів, 2003. – Вип. 1(XXXIX). – С. 182–187.
2. Федоренко В., Степанов Д. Страхування як складова частина інвестиційного процесу // Економіка України. – 2001. – № 12.
3. Інформація про стан і розвиток страхового ринку України за 1 квартал 2004 року // www.dfp.gov.ua.
4. Benfield's «Ukraine Insurance Market Review», June 2003 // www.benfieldgroup.com.

УДК 658.14/7

ПЛАНИРОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Будник М.Н., канд. экон. наук

(г. Харьков, Украина)

In the article some theoretical and methodical problems of choosing of investment plan of the enterprises are investigated. The economic contents and modern sense of the categories of "investment", "investment planning". The factors exerting direct influence on investment attractiveness of enterprises are considered. The process of investment strategy formation of is analysed and the basic types of strategy are submitted.

Современные условия рыночного реформирования экономики Украины характеризуются сокращением инвестиционной активности и объемов инвестирования на предприятиях. Поэтому проблемы формирования инвестиционных ресурсов, совершенствования управления инвестиционной деятельностью приобретают сейчас особое значение. В условиях трансформационной экономики практически перед каждым промышленным пред-

приятием возникает задача не только сохранения финансовой устойчивости и достижения высоких хозяйственных результатов, но и увеличения совокупного экономического потенциала, который является базой для развития производственно-хозяйственной деятельности в перспективе. Необходимым условием решения этой задачи является выбор целесообразных форм реального инвестирования и источников финансирования инвестиций, которые позволили бы предприятиям создать устойчивые предпосылки для активизации инвестиционной деятельности.

Стабилизация экономической ситуации в Украине, обеспечение экономического роста тесно связаны с активизацией инвестиционной деятельности, направленной на повышение объема инвестиций в промышленность. Такая активизация предусматривает формирование комплекса условий и факторов, которые способствовали бы росту капиталовложений в развитие отраслей промышленности, расширению круга источников финансирования инвестиционных процессов и увеличение объема доступных субъектам хозяйствования дешевых инвестиционных ресурсов, необходимых для обеспечения устойчивого экономического развития.

Инвестиционная деятельность является важнейшим источником обеспечения долговременных конкурентных преимуществ предприятия. Активная инвестиционная деятельность позволяет сформировать надежную основу для устойчивого экономического роста. От эффективности управления инвестициями в значительной степени зависит состояние производственной базы предприятия, технический уровень основных фондов, качество выпускаемой продукции.

Изучение и анализ существующих теоретических подходов к определению содержания инвестиционной деятельности указывают также на необходимость оценки влияния инвестиций на активизацию хозяйственной деятельности предприятий и оживления инвестиционных процессов в промышленности Украины. С этой точки зрения под инвестициями следует понимать финансовые, имущественные или другие вложения, сделанные в течение определенного периода времени с целью получения положительного экономического, социального или экологического результата. Положительный результат инвестирования связан с возможностью предприятия получать прибыль в объемах, которые позволили бы им осуществлять инвестиционную деятельность за счет собственных, а также ссудных и привлеченных средств.

Инвестиции и инвестиционная деятельность имеют важнейшее и приоритетное значение для процесса воспроизводства, что обусловлено необходимостью и возможностью увеличения производственных ресурсов как одного из главных факторов обеспечения устойчивого экономического роста в промышленности. Основными элементами общественного воспроизводства являются процессы производства, распределения, обмена и потребления. Инвестиции оказывают решающее влияние на производство, составляя материальную основу его развития.

Особое значение имеют инвестиции в так называемый “человеческий капитал”, то есть затраты, формализованные в расходах на образование, научные исследования и разработки, подготовку кадров различных квалификационных уровней. Именно сознательная целенаправленная человеческая деятельность способна обеспечить максимальный результат при правильной (научнообоснованной) организации. Поэтому активизация инвестиционной деятельности касается в той или иной степени всех аспектов общественного производства и экономической деятельности, а также определяет роль инвестиций в деятельности предприятия как основного субъекта производственно-хозяйственных отношений.

Осуществление инвестиций характеризует инвестиционную деятельность предприятия, которая является одним из важных объектов управления использованием капитала. Инвестиционная деятельность включает в себя процесс обоснования и реализации наиболее эффективных форм вложения капитала, направленных на расширение экономического потенциала предприятия. Процесс осуществления инвестиционных вложений всегда связан с долгосрочным отвлечением финансовых, материальных, трудовых ресурсов, поэтому должен осуществляться с учетом некоторой перспективы. Сложность осуществления инвестиционной деятельности определена тем, что вложение средств и получение доходов разъединены во времени. К тому же величина дохода имеет вероятностный характер в зависимости от влияния большого количества факторов.

Временной аспект инвестиционной деятельности требует рассмотрения инвестиционного процесса и его составляющих. При этом инвестиционный процесс характеризуется как периодом времени от принятия решения о вложении средств до получения результатов от его реализации, так и полным объемом мероприятий, выполняемых за этот период.

С точки зрения объема осуществляемых мероприятий инвестиционный процесс на предприятии можно рассматривать в виде процесса принятия и реализации с двух точек зрения.

- 1) как комплекс возможных альтернативных инвестиционных решений, которые принимаются исходя из наличия собственных финансовых ресурсов и возможностей их привлечения со стороны;
- 2) с позиции каждого конкретного инвестиционного решения.

В первом случае инвестиционный процесс реализуется путем разработки инвестиционной политики предприятия, во втором – путем обоснования и реализации конкретных инвестиционных проектов. При этом существует как прямая, так и обратная связь между данными составляющими инвестиционного процесса. С одной стороны, разработка и принятие к реализации инвестиционных проектов не должны противоречить выработанной инвестиционной политике. С другой стороны, период, на который разрабатывается инвестиционная политика, в значительной степени определяется сроками наиболее перспективных проектов, направленных на реформирование предприятия. Кроме того, взаимозависимость указанных составляющих выражается в единстве и взаимосвязи целей инвестиционной политики и инвестиционных проектов.

Инвестиционные решения не могут рассматриваться отдельно от прочих аспектов деятельности предприятия в целом. Инвестиции определяют многие функции и решения внутри предприятия, а также должны соотноситься с процессами, происходящими во внешней среде предприятия.

Взаимосвязь между финансовыми и инвестиционными решениями состоит в выборе направления инвестиций и источников их финансирования. Точность и полнота учета взаимосвязей и влияния функциональных областей предприятия друг на друга в целом способствует сокращению предпринимательских рисков, характерных для инвестиционной деятельности.

Субординация различных составляющих системы планов предприятия и определение роли инвестиционного плана зависят от характера инвестиций. Так, инвестиции в расширение производства целесообразны при условии установления на основе маркетинговых исследований достаточно надежных возможностей сбыта и конкурентоспособности производимой продукции. В этом случае на основе плана реализации формируется производственная программа, из которой и вытекает потребность в дополнительных мощностях и новом оборудовании. Если инвестиционные расчеты подтверждают рентабельность проекта расширения производства, сбытовое подразделение предприятия разрабатывает предложения по рекламным мероприятиям, новым каналам сбыта и т.д., что вызовет новые изменения в инвестиционном плане.

Таким образом, определение целесообразности инвестиций и выбор источников финансирования инвестиционной деятельности должны включать в себя проведение оценки инвестиционных проектов по следующим направлениям:

- 1) маркетинговое и экономическое обоснование производственной программы получателя инвестиций;
- 2) распределение прибыли и затрат по местам их возникновения при реализации проекта;
- 3) график и объемы сбыта по продуктовым группам, бюджет движения денежных средств в ассортиментном разрезе;
- 4) распределение прибыли от продаж по сегментам рынка, по товарам в зависимости от стадии жизненного цикла и т.д.

В целом процесс осуществления инвестиций на предприятии осуществляется в следующей последовательности:

- 1) планирование инвестиционной деятельности предприятия;
- 2) разработка инвестиционного проекта;
- 3) инвестирование;
- 4) текущий контроль и регулирование инвестиционного процесса;
- 5) оценка эффективности инвестиционной деятельности предприятия. Планирование инвестиционной деятельности предприятия в первую очередь включает в себя формирование общей стратегии развития предприятия. Стратегическое планирование – это организованная система подготовки, принятия и реализации стратегических решений, имеющих кардинальное значение для функционирования предприятия, влекущие за собой долговременные неотвратимые последствия. С другой стороны, принятие оперативных решений без опоры на стратегические установки лишает оперативные решения обоснованности и последовательности.

Формирование общей стратегии развития предприятия включает в себя разработку стратегии технического развития предприятия, а также выбор приоритетов инвестиционной деятельности предприятия, на основе которых определяются потребности предприятия в инвестициях, и осуществляется разработка комплексной инвестиционной политики, обеспечивающей решение инновационных и других стратегических задач. Содержание инвестиционной политики предприятия состоит в определении объема, структуры и направлений использования инвестиций для достижения полезного эффекта. Таким образом, для разработки и осуществления инвестиционной политики предприятием необходимы постоянный анализ его внутренней и внешней среды для обоснования потребности в инвестициях, поиска их источников, разработки и реализации инвестиционных предложений.

Следующим этапом инвестиционного процесса является разработка инвестиционного проекта, который включает в себя определение приоритетных направлений и объектов инвестирования, технико-экономическое обоснование имеющихся инвестиционных проектов.

На этапе непосредственно инвестирования осуществляется финансирование научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, подготовки производства, самого производства, выделение средств на продвижение товаров и услуг на рынок, финансирование сбыта продукции.

В результате выявляются отклонения фактически достигнутых показателей от расчетных, что является основой для корректировки хода осуществления проекта и последующего анализа с определением причин отклонений. Последним этапом инвестиционного процесса на предприятии является оценка эффективности инвестиционной деятельности предприятия. На данном этапе производится оценка соответствия целей и результатов инвестирования, качества реализации инвестиционных проектов, оценивается достигнутый социально-экономический эффект, осуществляется оценка ресурсно-технологической эффективности инвестирования, разрабатываются рекомендации по совершенствованию планирования инвестиционной деятельности предприятия.

Таким образом, можно сделать вывод, что в современных условиях интенсификация инвестиционной деятельности является одним из условий ее эффективности. Рациональное управление инвестиционной деятельностью предприятия требует формирования четкого представления о том, что собой представляют инвестиции, в

каких видах они осуществляются, во что вкладываются и какие цели преследуют. Следует также выделить значимость определения источников инвестиций, так как формирование инвестиционной политики предприятия базируется на определении источников финансирования. Инвестиции и финансирование тесно связаны друг с другом и представляют разные стороны одного процесса – процесса инвестирования. С одной стороны получение капитала не имеет смысла без последующего выгодного его применения, с другой стороны реализация инвестиционных проектов немислима без соответствующего финансирования. Кроме этого, от определения источника финансирования инвестиций зависит дальнейшее протекание инвестиционного процесса.

УДК 336.71:338(477)

ВИЗНАЧЕННЯ РОЛІ БАНКІВСЬКОГО СЕКТОРА В КОНТЕКСТІ АКТИВІЗАЦІЇ ІННОВАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ТРАНСФОРМАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ

Колодізєв О.М., канд. екон. наук

(м. Харків, Україна)

Basic problems and ways of their decision in the conditions of orientation of economy of Ukraine on the way of innovative transformation are examined. Basic progress of bank sector trends as main constituent of the financial system in the process of search of the adequate providing of the real necessities of economy are analyzed.

Аналіз тенденцій інноваційно-інвестиційних процесів розвитку економіки України дозволяє визначити основні причини її повільного зростання, серед яких є: вичерпання екстенсивних чинників, які склали його основу, неефективне завантаження вільних виробничих потужностей та використання девальваційного потенціалу попереднього періоду тощо. Як свідчить світова практика, ефективний розвиток економіки потребує наявності значних інвестиційних ресурсів. Недостатність джерел та обсягів інвестування свідчить, що сучасні внутрішні можливості національної економіки не відповідають її потребам.

В економіці України на початку тисячоліття майже 70 % загального обсягу інвестицій в основний капітал здійснюється за рахунок власних коштів підприємств, проте загальний балансовий прибуток підприємств не перевищує 5 % ВВП, а майже 50 % із них є збитковими.

Капіталізація фондового ринку України не перевищує 7 % ВВП, а банківської системи – 5 % ВВП. Банківський сектор залишається головною складовою фінансової системи України. Можна стверджувати, що саме банківський сектор в основному забезпечує потреби економіки у проведенні грошових розрахунків. Сукупні активи решти фінансових установ та організацій не досягають й 1 % ВВП (табл. 1).

Таблиця 1.

Динаміка розвитку фінансової системи України за станом на кінець грудня 2002 р.

Показники	1999 р.	2001 р.	2002 р.
<i>Банківський сектор</i>			
Кількість працюючих банків	162	152	153
Сукупні активи, млн. грн.	25.603	36.827	47.204
Питома вага сукупних активів у ВВП, %	19,6	21,7	23,4
<i>Страховий сектор</i>			
Кількість страхових компаній	263	283	328
Сукупні активи, млн. грн.	X	X	3.007
Надходження від страхових внесків, млн. грн.	1.164	2.136	3.031
<i>Інші фінансові установи</i>			
Кількість інвестиційних фондів та взаємних фондів інвестиційних компаній	229	397	362
Сукупні активи, млн. грн.	X	373	?
Кількість пенсійних фондів	X	21	15
Сукупні активи, млн. грн.	X	23	60
Кількість кредитних спілок	X	≥350	≥400
Сукупні активи, млн. грн.	X	37	50
Кількість торговців цінними паперами	835	839	859
Кількість зберігачів цінних паперів	75	84	86

Відносний показник капіталізації українських банків в 3 рази менше його значення по країнах зони євро. Порівняно з 12 країнами Європейського монетарного союзу показники діяльності установ українських комерційних банків відстають на порядок, а це є головним для визначення їх ролі й місця у подальшому розвитку економіки. Як свідчить статистика, у 2001 році сума банківських кредитів в Австрії, Бельгії, Греції, Ірландії, Іспанії, Італії, Люксембурзі, Нідерландах, Німеччині, Португалії, Фінляндії та Франції на 5 % перевищувала сукупний ВВП цих країн, а в Україні – не досягала і 13 % від ВВП країни.

Основною причиною такого становища є, насамперед, недостатній обсяг грошей у банках України. Якщо у країнах євро зони обсяг акумульованих у банках кредитних ресурсів дорівнює майже 60 % ВВП, то в Україні

цей показник становить лише 23,5 % від суттєво меншого валового продукту вітчизняної економіки. Інфраструктура фінансового ринку країни в головному, банківському, сегменті не адекватна потребам реального сектору економіки, а ринок банківських послуг можна охарактеризувати як недорозвинутий серед країн із перехідною економікою.

За таких умов одним з альтернативних фінансових джерел забезпечення ефективного економічного розвитку мають стати іноземні інвестиції. Обсяги їх залучення в Україні порівняно з іншими країнами світу свідчать про значний невикористаний потенціал цього виду інвестування.

Основним фактором можливого наростання припливу іноземних інвестицій в економіку країни було й залишається зростання її внутрішнього ринку. Прикладом цього може слугувати збільшення останнім часом японських прямих інвестицій в економіку Китаю. Економічний спад економіки в Японії збільшив конкурентний тиск, примушуючи інвесторів шукати місця розміщення інвестицій з більш низькими витратами та зростаючою кількістю операцій. Так, у 2001 році в економіку Китаю надійшло (разом із Гонконгом) приблизно 70 млрд. дол. США прямих іноземних інвестицій.

Як свідчить офіційна статистика, збільшення прямих іноземних інвестицій спостерігається у деяких країнах, що розвиваються, а саме: Китай, Мексика. Серед розвинутих країн зростання інвестицій відбувається лише у Франції (табл. 2). У 2001 році загальний обсяг прямих іноземних інвестицій в економіку розвинутих країн скоротився майже удвічі і склав 735 млрд. дол. США (порівняно з 2000 роком – 1492 млрд. дол. США). [1]

Таблиця 2.

Обсяги прямих іноземних інвестицій провідних країн світу у 2000 — 2001 роках (млрд. дол. США)

Країна	2000 рік		2001 рік	
	Абс. знач.	Питома вага, %	Абс. знач.	Питома вага, %
США	293,8	36,4	120,8	31,9
Великобританія	114,6	14,2	54,2	14,4
Франція	41,7	5,2	50,0	13,2
Німеччина	170,8	21,2	33,3	8,8
Канада	66,7	8,2	27,0	7,1
Китай	41,0	5,1	45,8	12,2
Гонконг	62,5	7,7	23,0	6,1
Мексика	16,0	2,0	24,0	6,3
Разом:	807,1	100	378,1	100

Аналіз ситуації, що виникла, свідчить про погіршення тенденцій щодо припливу інвестицій в економіку США, Японії та країн ЄС. Це, в свою чергу, призвело до падіння в цих країнах вартісних обсягів транскордонних злиттів та поглинань, які здійснюються транснаціональними корпораціями. Китайські ж транснаціональні корпорації починають відігравати на світових ринках все більш помітну роль (у контексті скорочення глобальних потоків прямих іноземних інвестицій).

Практичний досвід розвинутих країн свідчить, що модель функціонування банків і їх роль в інвестиційному процесі залежить від достатності інвестиційних ресурсів як власних, так і іноземних. Аналіз показників ресурсної бази банківської системи України підтверджує її нарошення, але це відбувається переважно за рахунок частки коштів фізичних та юридичних осіб. Статутні фонди більшості українських банків не перевищують 10 млн. євро, а близько у половини з них він є меншим 5 млн. євро.

Але мають місце й окремі позитивні тенденції. Так, збільшенню обсягів кредитування реального сектору економіки та населення сприяло нарошення ресурсної бази банків у 2003 році на 55,6 %. Обсяги кредитування економіки зросли на 54,8 %, в тому числі довгострокового – у 2,4 рази; кредитування населення – у 2,4 рази, в т.ч. довгострокове – утричі.

За роки економічного зростання (2000 – 2003 рр.) середньорічний приріст капіталу банків становив 31%, активів – 4 %, зобов'язань – 45 %. Дані Держкомстату України (табл. 3) свідчать про той факт, що темпи зростання головних індикаторів розвитку банківської системи значно випередили загальноекономічну динаміку.

Таблиця 3.

Індикатори економічної динаміки України

Показники	2000 р.	2001 р.	2002 р.	2003 р.	1 кв. 2004р.
<i>Реальний приріст (зміна до відповідного періоду попереднього року, %)</i>					
ВВП	5,9	9,2	5,2	9,4	10,8
Промислове виробництво	13,2	14,2	7,0	15,8	17,7
Інвестиції в основний капітал	14,4	20,8	8,9	31,3	...
Роздрібний товарообіг	8,1	13,7	15,0	20,5	21,0
Експорт товарів і послуг	17,9	9,5	10,7	24,0	39,3
Реальні наявні доходи населення	9,9	9,6	18,0	7,8	12,8
Індекс реальної заробітної плати	3,6	20,4	15,6	13,8	26,8
Офіційний курс гривні щодо долара США	-4,18	2,5	-0,64	0,02	0,04
Поточний рахунок платіжного балансу (% до ВВП)	3,9	3,7	7,5	5,9	14,3

Як свідчать дослідження, багатьом країнам із перехідною економікою притаманні такі системні проблеми: недосконалість практики корпоративного й банківського управління; існування практики втручання політичних сил у діяльність банків; надання кредитів інсайдерам; присутність випадків nereагування на серйозні порушення нормативних актів НБУ; недостатня інституційна забезпеченість механізмів відчуження заставного майна та виконання договірних зобов'язань; недосконала методика ведення бухгалтерського обліку на підприємствах. [2]

В інтерв'ю з Головою Національного банку України С.Л. Тігіпком визначено деякі аспекти розвитку банківської системи України в 2003 році, її сьогоденні та перспективні завдання. Так у 2003 році НБУ виступив з ініціативою рефінансувати комерційні банки під заставу корпоративних облігацій приватних компаній, що дало можливість здійснити кредитування деяких проектів. В нинішньому році передбачено відмовитися від довгострокового, до 3-х років, рефінансування інноваційно-інвестиційних проектів і перейти до широкого спектра рефінансування однорічного з обов'язковим прийняттям окремої постанови НБУ до кожного такого проекту. [3] Це дозволить забезпечити впровадження в практику функціонування комерційних банків механізму прозорості та структурованості.

Необхідно зазначити, що створення сприятливого інвестиційного клімату в країні не можливе без чіткого визначення позиції держави у цій сфері. До таких заходів можна віднести наступні: надання державної підтримки пріоритетним напрямкам інвестиційної діяльності та механізми стимулювання залучення інвестицій; спрощення порядку одержання інвесторами документів дозвільного характеру, необхідних для здійснення інвестиційних проектів; мобілізація внутрішніх інвестиційних можливостей за рахунок реалізації процесів денізації економіки, проведення пенсійної та податкової реформ, а також правове врегулювання питань, які є принципово важливими щодо захисту прав інвесторів.

Вирішення проблем інноваційно-інвестиційного розвитку економіки України можливе тільки за умови впровадження системного підходу до комплексної схеми розвитку з урахуванням специфіки як загальних так і регіональних економічних і соціальних перетворень на всіх рівнях господарського комплексу при провідній ролі банківського сектору в фінансуванні потреб трансформаційної економіки.

Література

1. Ковальчук Т.Т. Економічна безпека і політика: із досвіду професійного аналітика. – К.: Т-во „Знання”, КОО, 2004. – 638с.
2. Кузнецова А., Карпа Я. Банківський сектор України як джерело фінансування інвестиційно-інноваційної діяльності. // Вісник НБУ. – 2003. – № 1. – С. 66 – 64.
3. Тігіпко С. Добробут нації починається зі стабільності вітчизняних грошей. // Вісник НБУ. – 2003. – № 1. – С. 3 – 7.

УДК 658.1

РОЗРОБКА СИСТЕМИ СТРАТЕГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ АЛЬЯНСОМ ПІДПРИЄМСТВ

Пилипенко А.А., канд. екон. наук
(м. Харків, Україна)

The particularities of the processes to integrations, occurring in modern economy are considered. Methods of strategic management alliance is brought. The principles of the building and structure managerial system by alliance is theoretically motivated recommendations on introducing the system on national enterprise is designed.

Інтеграція підприємств й створення дієвих структур корпоративного типу стало однією з найпоширеніших тенденцій розвитку сучасної світової економіки. Саме вона призвела до поширення акціонерних товариств у якості однієї з найбільш поширених форм організації колективної підприємницької діяльності. Використання акціонерної форми господарювання набуває найбільшої ефективності при створенні великих підприємств, діяльність яких потребує залучення значних інвестицій у основний капітал. Проте національні підприємства нерідко не йдуть на повне злиття, а створюють той або інший механізм взаємодії, що дозволяє їм зберегти статус юридичної особи й при цьому співробітничати з іншими підприємствами.

В останні часи багато дослідників відзначають, що у великих вертикально інтегрованих організаціях відбуваються фундаментальні зміни пов'язані зі зниженням ролі акціонерної форми контролю (холдингів, перехресних володінь акціями) й підвищення ролі міжфірмової взаємодії [2, 3]. Традиційні ієрархічні й бюрократичні форми організації й управління в більшості випадків не відповідають зростаючим вимогам до сучасних підприємств відносно їх спроможності до швидких змін, навчання й модернізації [5]. Означені тенденції призводять до трансформації корпоративної організації, яка за думкою Пауелла У, виражається в розмиванні організаційних границь, зміні структур підприємств, поширенні взаємодії з конкурентами й активізації роботи з субпідрядниками [6]. Деякі автори навіть відзначають, що сучасне підприємство слід розглядати лише як підрозділ в складі неформальної бізнес-групи, а всі взаємини між економічними агентами в економіці відбуваються не між підприємствами – юридичними особами, а між неформальними бізнес-групами, які як правило не мають закріпленого юридичного статусу [4]. Це пов'язано насамперед з корінною й радикальною перебудовою ділових процесів, яка відбувається в умовах впровадження новітніх інформаційних і комунікаційних технологій [1].

Таким чином, відбувається перехід до нової наукової моделі управління, в основі якої лежать інтеграційні процеси в компаніях, їх об'єднання за допомогою глобальних інформаційних систем в стратегічні альянси й інші союзи різних типів. Питанням створення відповідної системи управління альянсами присвячено багато досліджень, проте в більшості з них відсутній комплексний підхід або розглядаються лише окремі управління, такі як визначення різних видів й способів взаємодії з іншими підприємствами [2], гармонізація відповідності елементів системи [6], покращення координації та взаємодії [4] та управління взаєминами з постачальниками й клієнтами, спрямоване на досягнення більш високої споживчої вартості при менших витратах усього ланцюга постачань [5].

Метою написання статті стало саме теоретичне обґрунтування сутності й складу системи стратегічного управління альянсом підприємств, визначення основних задач, що постають перед нею в сучасних умовах інноваційного розвитку національної економіки, та напрямків їхнього вирішення.

Слід зазначити, що альянс, на відміну від простих партнерських відносин повинен відповідати певним умовам. Так, мотивація діяльності альянсу повинна відповідати стратегіям компаній-партнерів, а усередині альянсу слід акумулювати знання й обмінюватися досвідом. Крім того, на відміну від традиційних видів інтеграційних структур альянси можуть не мати особливої юридичної форми. Стратегічним альянсом не можна вважати будь-яке об'єднання підприємств, оскільки він передбачає лише ефективне співробітництво підприємств, яке забезпечує тривалу взаємодію й досягнення спільно встановлених стратегічних цілей.

Причини, за якими підприємства можуть утворювати альянси, досить різноманітні. Ними можуть бути створення більш дієвої збутової мережі; диверсифікація напрямків діяльності; формування виробничо-збутових ланцюгів; оптимізація структури управління; виділення різних типів господарських центрів; освоєння власних внутрішніх ринків; вдосконалення систем податкового й фінансового планування; розвиток ЗЕД; зростання стійкості й протидія ризикам; зростання іміджу. Проте, на наш погляд, основою для управління альянсами є процес навчання, створення й управління знаннями.

Таким чином, мета розробленої системи стратегічного управління полягатиме в системному регулюванні процесів, що відбуваються всередині альянсу, з позицій єдиного цілого, яке утворюється об'єднанням різнопрофільних підприємств. Водночас за для завоювання або втримання сильної ринкової позиції будь-яка інтегрована структура змушена постійно розвиватися й змінюватися. Найважливішими аспектами процесу управління альянсом для кожного підприємства стає визначення різних видів й способів взаємодії з іншими підприємствами, спрямоване на формування нових типів об'єднань та вдосконалення вже існуючих. При цьому система управління не завжди встигає за логікою цих змін. Її переорієнтація зачіпає як корпоративний, так і бізнес рівні управління, а також безпосередньо інтереси працівників. Отже, виникають проблеми зв'язку стратегії альянсу й оперативного управління, відсутності єдності в керуючій команді, опору керівників окремих підприємств. Метою стратегічного управління у даному випадку буде управління цінністю мережі підприємств альянсу, покращення основних її характеристик, таких як щільність альянсу, ступінь централізації альянсу, тіснота й сила ділових зв'язків, ступінь замкнутості альянсу, ступінь гомогенності альянсу, стійкість мережі, рівень структурної автономії підприємств-членів альянсу, ступінь структурної подібності та приведення їх у відповідність до вимог ринкового середовища.

Згідно до поставленої мети можна окреслити коло завдань означеної системи: перетворення групи підприємств в учасників спільної діяльності; переведення підприємства з вільного в зв'язаний стан з підприємствами, з якими вже сформовані необхідні зв'язки; координація діяльності учасників групи за для реалізації встановлених цілей; створення єдиного інформаційного простору; підтримка функціонування центру прийняття рішень; взаємодія з системами управління пересічних альянсів; встановлення й перегляд правил існування альянсу; припинення членства підприємства у альянсі (розрив зв'язків) й повернення його до вільного стану; проведення взаємного моніторингу внутрішніх процесів підприємств альянсу; розробка спільної стратегії розвитку; оптимізація розподілу наявних ресурсів на внутрішньому ринку; узгодження інтересів членів альянсу (оптимізація можливих вигід).

В загальному вигляді, управління альянсом за своєю суттю схоже з управлінням будь-яким великим підприємством. Його метою також служить досягнення високої ефективності бізнесу, зростання прибутку, сильна конкурентна позиція тощо. Специфічна особливість управління групою підприємств полягає в багатоваріантності вибору ядра бізнесу (найчастіше це декілька різних напрямків виробничо-господарської діяльності) й способів його структурування. Водночас, група підприємств, як і кожне окреме підприємство, що входить до складу групи, функціонує в зовнішньому оточенні. Зовнішнє середовище визначає основні параметри й причини взаємодії між підприємствами альянсу. Структура й характер збуджувальних мотивів економічної діяльності підприємств визначає, які топології взаємодій реально необхідні й будуть реалізовуватися та хто й яким чином буде їх координувати. При визначенні суб'єктів управління альянсом можна використовувати підхід, щодо підвищення ефективності системи управління шляхом розставлення топ менеджерів на ключові посади холдингу. Проте його реалізація в значній мірі буде залежати від типу альянсу, сили ієрархічних зв'язків, поширенню процесів самоорганізації, наявності угод про спільну діяльність та домовленості про утворення керівного центру.

Також слід враховувати, що підприємство може приймати участь у декількох пересічних альянсах. Отже, склад й структура системи управління, в загальному вигляді, не буде чітко заданою величиною. Вона може бути дублюючою, надлишковою тощо. Неможна виключити й одночасне існування декількох різних систем управління, які можуть застосовуватися в альянсі, як на альтернативних умовах, так і паралельно. На наш пог-

ляд, з точки зору формалізованої постанови задачі, можна передбачити створення єдиного керівного центру, та виділення в структурі кожного з підприємств групи менеджерів, обов'язками яких буде координація впливу системи стратегічного управління альянсом. Ними може бути як одна особа, так і окремих підрозділ в організаційній структурі підприємства або спеціально створена спеціалізована група фахівців.

Водночас слід враховувати, що оскільки в межах альянсу поєднуються декілька незалежних підприємств, то в результаті часто стає наявність декількох керівних центрів, які повинні спільно приймати рішення стосовно напрямків реалізації проекту або спільного розвитку. Саме наявність багатьох керівних центрів й робить управління альянсом більш складним у порівнянні з організацією зі звичайною ієрархічною структурою, оскільки навіть для швидкого вирішення проблемного питання потрібна згода всіх партнерів. Також в процесі розробки системи управління варто звернути увагу на те, що інтереси й цілі підприємств, що входять до альянсу, найчастіше суперечать одне одному та наявна оборотність тих прийнятих стратегічних рішень, в результаті яких виникає нестабільність та втрата ефективності.

Варто підкреслити що система управління альянсом повинна впроваджуватися на комплексній основі, забезпечуючи взаємозалежне вирішення поставлених задач. При цьому слід передбачає виконання всіх функцій, властивих управлінню будь-яким об'єктом, розробку (прийняття) та реалізацію рішень, а також контроль за їх виконанням. Функції управління реалізуються через елементи управлінського циклу: організацію, прогнозування та планування, координацію та регулювання, активізацію та стимулювання виконання, облік та аналіз. Функція організації, в загальному вигляді, включає в себе питання розподілу й кооперації праці, створення організаційних структур й організацію взаємодії. Водночас, при її втіленні в управління альянсом, слід враховувати переважно гетерархічний характер такого об'єднання підприємств. Гетерархія являє собою новий спосіб організації, який не є ні ринковим, ні ієрархічним. Вони характеризуються мінімальним ступенем підпорядкування й організаційною гетерогенністю. Гетерархії – комплексні адаптивні системи, оскільки в них перетинається безліч організаційних принципів. Нові підприємства гетерархічні не тільки тому, що в них згладжена ієрархія, але й тому, що вони стають аренами зіткнення й співіснування різних ціннісних систем.

Гетерархічність структури особливим образом впливає на решту функцій управління альянсом. Так, в умовах несподіваних й швидких змін зовнішнього оточення як кожного окремого підприємства, так і альянсу в цілому горизонт встановлення стратегічних альтернатив непередбачуваний. Отже, замість зосередження релевантних ресурсів на стратегічному плануванні, яке здійснюється невеликою групою вищого керівництва або спеціальним підрозділом, гетерархія дозволяє утягнути практично кожне підприємство у розробку стратегії розвитку альянсу. Взагалі, планування та прогнозування являють собою одну з найскладніших й важливіших функцій управління альянсом, яка може реалізуватися в створенні системи консолідованого бюджетування. Це передбачає формування системи бюджетів декількох юридично самостійних підприємств, які діють спільно в економічному й фінансовому відношеннях. Для цього, з метою представлення альянсу підприємств як єдиного цілого, використовуються процедури консолідації. Вони передбачають як узагальнення економічних, фінансовий й натуральних показників, що плануються підприємствами групи, так і елімінування з консолідованих бюджетів величин взаємної заборгованості й взаємних розрахунків між підприємствами альянсу.

Формування консолідованого бюджету окрім функції планування виконує ще ряд функцій. По-перше, шляхом порівняння бюджетних й фактичних даних виконуються елементи контрольної функції. По-друге, бюджетування може виступати у якості інтегрованого механізму, оскільки система бюджетів встановлює орієнтири спрямовані на стратегічні цілі всього інтегрованого об'єднання й таким чином нівелює локальні інтереси підприємств-членів альянсу. Таким чином, функція планування в альянсі підприємств матиме свої особливості. Так, традиційне планування передбачає визначену послідовність, коли перш за все детально проектується ключові підсистеми, які задають напрямки для проектування менш значимих компонентів. Інтегроване управління стикається з паралельною розробкою стратегічних планів, коли самостійні проектувальні групи просувають усі підсистеми одночасно. Функція планування не відноситься до якого-небудь підрозділу або підприємства альянсу. Її реалізує розподілена в межах груп влади. При цьому підприємства альянсу залучені в процес постійного взаємного моніторингу, оскільки інновації породжують безліч конкуруючих ідей з покращення загальної схеми взаємодії у межах групи, а сам процес моніторингу буде реалізувати іншу функцію управління – функцію контролю. Створення необхідної інформаційної бази для здійснення дієвого контролю буде ґрунтуватися на обліковій функції управління альянсом.

Аналіз, як складовий елемент функції контролю, дозволяє оцінити параметри альянсу, порівняти їх з аналогічними груповими об'єднаннями й виявити резерви підвищення ефективності спільної діяльності й більш ґрунтовно провести визначення стратегічних альтернатив розвитку альянсу. Особливості координаційної функції для альянсу підприємств будуть полягати в тому, що, в силу значної складності циклів зворотного зв'язку, управління передбачає неможливість проектувати, контролювати й спрямувати процесів координації ієрархічним образом. Головним результатом її реалізації повинно стати як підвищення автономії підрозділів від центральної системи управління, так і узгодження роботи все більш самостійних підрозділів. Мотивація, активізація та стимулювання припускають знаходження таких засобів впливу на учасників спільної господарської діяльності, що спонукали б додержуватися укладених угод про спільну діяльність та встановлених планових показників найбільш ефективним образом. Функція регулювання також буде мати певні особливості, які пов'язані з ступенем ієрархічності альянсу. Її реалізація полягатиме в регулюванні відносин між підприємствами всередині альянсу, корегуванні групових правил поведінки та регулюванні внутрішніх процесів для кожного з підприємств альянсу. Також, її використання дозволить створити передумови оптимального розподілу реле-

вантних ресурсів й використання наявних конкурентних переваг.

Література

1. Бажин И.И. Информационные системы менеджмента. – М.: ГУ-ВШЭ, 2000. – 688 с.
2. Гарретт Б., Дюссож П. Стратегические альянсы: Пер. с англ. – М.: ИН-ФРА-М, 2002. – 332 с.
3. Друкер П.Ф. Задачи менеджмента в XXI веке. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2003. – 240 с.
4. Мэтьюз Р., Агеев А., Большаков З. Новая матрица, или логика стратегического превосходства. – М.: ОЛМА-ПРЕСС; Институт экономических стратегий, 2003. – 239 с.
5. Кристофер М. Логистика и управление цепочками поставок. – СПб.: Питер, 2004. – 316 с.
6. Пауэлл У. Сети и хозяйственная жизнь // Экономическая социология. – 2003. – Т4. – №3. – С.61 – 105

УДК 658.014.12

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ РЕСТРУКТУРИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Водовозов Е.Н.

(г. Харьков, Украина)

The problems of the effectiveness rise of organizational structures of enterprise management are investigated; the ways of enterprise management perfection considering concrete economic and internal production situation in conditions of market relations are worked out; the recommendations on organizational structures of enterprise management improvement are offered.

Любая экономическая система представляет собой сложную структурированную систему, элементы которой находятся в соответствующих взаимосвязях, определяя качество функционирования системы в целом. За счет изменения структуры системы можно образовывать благоприятные условия для достижения поставленных целей, эффективного и стабильного функционирования системы. Решение этих проблем требует программно-целевого обеспечения и непосредственного регулирования со стороны соответствующего субъекта, который осуществляет управление функционированием и развитием системы.

Сущность реструктуризации (структурной перестройки) системы, которая в более общем понимании представляет собой изменение (преобразование) ее структуры, конкретизируется и детализируется для каждого из ее уровней.

Проблемы структурной перестройки экономики имеют широкий спектр: в узком понимании — это усовершенствование ее отраслевой и производственной структуры, в широком — охватывают пропорции воспроизводственных процессов, форм собственности, монополизации производства, размещения и развития производственных сил, внешнеэкономических связей и др. [43, 62].

Реформирование предприятий является центральным и обязательным элементом экономической политики. Если предприятия не будут эффективными, то даже хорошо разработанная макроэкономическая реформа не сможет привести к трансформации экономики.

Реструктуризация предприятия — это коренная его перестройка на принципах рыночной экономики и на основе четкого определения стратегии бизнеса, миссии предприятия и тщательного анализа маркетинговой ситуации внешней среды. Перестройка предприятия начинается с четкого определения миссии предприятия. Но миссия не может быть определена без соответствующих маркетинговых исследований. Без этого также не может быть определена номенклатура продукции, которая будет выпускаться, ее объем, качественные и потребительские характеристики и цена. Реструктуризация — это перемена организационной структуры, технологии управления и всей финансовой системы предприятия. Большое внимание уделяется новым, отработанным в рыночной экономике подходам в разработке маркетингового, стратегического и операционных деятельности предприятия. И, со временем, в организации менеджмента не могут не учитываться социальные аспекты функционирования предприятия.

Реструктуризация должна обеспечивать максимальное повышение рентабельности и снижения себестоимости выпускаемой продукции, учитывая возможности коммуникаций и использования природных ресурсов. Оценить возможности предприятия, перспективы его развития и прогнозируемые результаты его деятельности можно с помощью построения детального бизнес-плана, который содержит в себе и финансовый план.

Таким образом, реструктуризации предприятия имеет своей целью осуществление таких мероприятий:

- 1) разработка модели деятельности предприятия и оценка экономической эффективности мероприятий по реструктуризации;
- 2) разработка стратегии функционирования и миссии предприятия в условиях рыночной экономики;
- 3) разработка бизнес-плана и определение главных технических, организационных, технологических, кадровых инфраструктурных преобразований;
- 4) разработка и внедрение службы маркетинга и проведение маркетинговых исследований;
- 5) совершенствование менеджмента;
- 6) определение необходимых инвестиций, разработка форм и источников их привлечения.

Реструктуризация не является уникальным явлением, которое осуществляется только в Украине. Большин-

ство предприятий западных стран сталкиваются подобными (хотя и менее острыми) проблемами, особенно в период существенных изменений на рынке. Специфика реструктуризации предприятия в Украине состоит в том, что большинство из них имеют потребность в реструктуризации одновременно с коренными изменениями, которые проходят вокруг и которые присущи всем предприятиям.

Реструктуризация предприятия представляет собой сложный информационный процесс, который требует для своего выполнения разработки технологии реструктуризации и экономико-математических моделей функционирования предприятий, которые реструктурируются. Технологическая система реструктуризации должна обеспечивать выполнение таких информационных процессов: определение необходимости реструктуризации; определение общих задач и целей реструктуризации предприятия; определение общих направлений реструктуризации; разработка образа будущего предприятия; разработка модели реструктуризируемой системы (существующего предприятия); разработка нового бизнеса; формирование, расчет и анализ критериев эффективности реструктуризации; внедрение перепроектированных процессов.

Необходимость принятия решения о реструктуризации устанавливается высшим звеном руководства предприятия, так как именно топ-менеджмент владеет всей необходимой для этого информацией. Постановка общих целей и задач реструктуризации осуществляется исходя из выбранной стратегии ведения бизнеса в изменившихся условиях. Разработка образа будущего предприятия представляет собой спецификацию основных целей предприятия на основе его стратегии, потребностей клиентов, общего уровня бизнеса в отрасли и текущего состояния предприятия. На этапе разработки модели существующего предприятия необходимо провести детальное его описание, идентифицировать и документировать его основные бизнес-процессы, оценить их эффективность.

Проект по реструктуризации может быть инициирован различными способами и в различных ситуациях. Как правило, проект начинается в ответ на директиву, которая объясняет, почему что-то надо менять, и определяет цели, которые надо достичь. Эта директива запускает процесс «визуализации», который строит общую схему бизнеса нового предприятия. Результатом данного этапа является то, что называют «спецификацией целей предприятия», то есть взгляд на будущий бизнес. Работа по инжинирингу нового бизнеса предполагает создание одного или более новых процессов, их проектирование, разработку поддерживающей информационной системы и т.п. с целью получения модели перепроектированного предприятия. При этом в качестве исходных данных используется спецификация целей предприятия. Проект по реструктуризации завершается этапом внедрения перепроектированного бизнеса. На этом этапе перепроектированное предприятие должно быстро и органично внедриться в реальную организацию.

На различных этапах могут быть обнаружены способы, позволяющие функционировать более эффективно, чем это представлялось ранее. Когда такое случается, необходимо вернуться назад и изменить спецификации целей компании. Открытия такого плана могут быть обнаружены весьма поздно, даже после того, как проект уже оттестирован. В этом случае цена возврата гораздо больше, чем на ранних этапах работы. Избежать этого можно при помощи современных методов и средств моделирования.

Эффективность и стабильность предприятия в рыночных условиях достаточно сильно зависят от уровня продаж произведенной продукции, что вызывает необходимость в ориентации ее на приспособление к условиям и требованиям рынка. Кроме того, менеджмент системы также должен быть ориентирован на выполнение требований рынка и максимальное удовлетворение этих требований. Аналогичные требования определяют отношения к поставщикам сырья и комплектующих. Все это обуславливает требования к разработке бизнес-плана и анализа, который в нем используется. Разработка бизнес-плана не может выполняться по абстрактным направлениям, поскольку бизнес-план составляется для конкретного предприятия, которое существует в конкретном окружении.

Успех реструктуризации может быть выявлен на основании сопоставления положения предприятия до и после реструктуризации, затрат на нее и полученного (прогнозируемого) эффекта. Главная цель реструктуризации — сделать предприятие прибыльным и стабильным не только в текущий момент, но и в долгосрочной перспективе.

Главные решения должны приниматься на основе стратегии. К этим решениям относятся: организационный тип предприятия, ассортимент выпускаемой продукции, ключевые рынки, уровень интеграции в цепочке создания дополнительной стоимости, ключевые навыки организации, квалификация персонала и индикаторы, выбранные для оценки успеха деятельности предприятия. Результатом этого процесса являются очень детальные цели и решения, которые происходят от главной стратегии.

Стратегия бизнеса предприятия должна соответствовать способу его работы, то есть должна существовать строгая связь между стратегией и процессами, которые использует предприятие. Стратегия должна соответствовать долгосрочным целям предприятия и ориентировать процессы на эти цели. Стратегия нового предприятия должна удовлетворять следующим требованиям:

Стратегия не должна основываться исключительно на финансовых целях. Как правило, сотрудники предприятия считают финансовые цели недостаточно конкретными, поскольку они не видят, как они могут достичь этих целей. Стратегия должна быть сформулирована так, чтобы ее эффект можно было измерить. Стратегия должна фокусироваться на ограниченной и реальной идее бизнеса. Стратегия должна вдохновлять, а не принуждать работников каждого уровня создавать предприятие, соответствующее поставленным целям.

Для выделения реструктуризации как особого рода реорганизации можно определить ее как особое изменение структуры предприятия или структуры конгломерата предприятия. Реструктурирование предприятия может

рассматриваться как процесс декомпозиции объектов, составляющих предприятие или конгломерат предприятий, сопровождаемое изменением межобъектных связей, изменением связей объектов с внешней средой, введением в структуру новых объектов, ликвидацией объектов или комплексное решение, включающее в себя одновременно проведение всех или части этих изменений. Такое искусственное ограничение на все возможные виды реорганизации позволяет выделить особый тип анализа, близкий по форме к концепции реинжиниринга бизнес-процессов, при котором главным объектом исследования становятся связи между объектами, характеристики которых считаются неизменными или подлежащими линейному аппроксимированию. При этом повышение эффективности предприятия достигается за счет комплексного решения, связанного с оптимизированным по отношению к условиям внешней среды предприятия изменением структурных связей, ростом или сокращением (вплоть до ликвидации объекта) объемов производства отдельных структурных объектов, а также дополнением системы новыми объектами.

Общим преимуществом такого похода является более высокая практическая применимость, достигаемая за счет упрощения системы расчетов, поскольку анализ изначально предполагает ограниченный набор объектов с линейными или близкими к линейным характеристиками, и, соответственно, ограниченный набор связей. Также в значительном числе случаев исключается опора в принятии управленческих решений на так называемую систему экспертных оценок, грешащей высокой степенью субъективности в сведениях к единым базисным показателям разнородных процессов.

Основной проблемой данного подхода является то, что общие принципы формирования модели предприятия (структурирования предприятия) в настоящий момент уже не соответствуют требованиям времени, поскольку в том или ином виде отражают сложившееся административно-функциональное группирование подразделений, а другие принципы моделирования, например моделирование бизнес-процессов, относительно слабо разработаны. В данной работе их всех возможных вариантов изменения структуры предприятия и системы межобъектных связей будут более детально рассмотрены те, которые приводят к возникновению или ликвидации имущественно обособленных и в существенной мере независимо управляемых объектов. Изменения структуры и структурных связей самым непосредственным образом связаны с долгосрочными перспективами предприятия, рассмотрение которых осуществляется в рамках анализа и разработки долгосрочных планов и прогнозов. Структурные решения принимаются исходя одновременно из анализа двух состояний системы «предприятие - внешняя среда» - текущего и желательного перспективного. В связи с этим реструктуризация в диссертационной работе рассматривается в тесной связи с со стратегическим менеджментом. Наиболее радикальные (и в ряде случаев наиболее эффективные) структурные изменения связаны с изменениями в структуре владения. Рассмотрение реструктуризации как механизма исполнения стратегических задач в диссертации будет в основном ориентировано на рассмотрением структурных изменений, прямо затрагивающих структуру владения, и приводящих к образованию имущественно обособленных объектов а именно:

- разделение одного предприятия на несколько различных;
- выделение части имущества и ресурсов предприятия в отдельное юридическое лицо с последующей его продажей (или частичной ликвидацией);
- слияние предприятий или поглощения одного предприятия другим;
- частичное объединение имущества нескольких предприятий с созданием нового субъекта хозяйственной деятельности, а также различных сочетаний вышеприведенных механизмов.

УДК 657.62:338

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Гавриш О.Н.

(г. Харьков, Украина)

The article is dedicated to methodological and applied bases of economic estimation and regulation of efficiency of innovation politics. The researches base on the analysis of experience of economically developed countries in the world with allowance of features of market transformations in Ukraine, main tendencies and legitimacies of innovative processes development.

В условиях растущей конкуренции активная инновационная деятельность на предприятиях все больше определяет успех предпринимательской деятельности. Новые идеи и продукты, новые технологии и организационные решения выводят предприятия из кризисных ситуаций и гарантируют им финансовую стабильность. Наука и техника превратились сегодня на решающий фактор социально-экономического развития страны. В то же время последствия кризиса научно – технической сферы, отсутствие государственной стратегии инновационного развития страны тормозят оживление национальной экономики.

Перспективным направлением решения проблем в этой сфере является трансформация модели экономического роста (переход отечественного производства на инновационный тип развития) и замена характера развития – с мобилизационного на революционный с учетом глобальных изменений на международном рынке. Значение такой трансформации определяется перечнем проблем, которые решаются в мире с помощью инноваций. Задачей развития экономики Украины в ближайшее время является завершение структурной перестройки эко-

номики и ускорение темпов экономического роста, достижение высокого уровня конкурентоспособности на мировом рынке путем обеспечения обновления продукции и технологии, увеличения экспорта высокотехнологичной продукции в его общей структуре, разумного использования материальных, природных, людских ресурсов. В условиях перехода к рыночным отношениям основными являются инвестиционные ресурсы и затраты времени на проведение инновационной деятельности, поэтому инновационная система представлена совокупностью таких составных компонентов, как наука, технология, экономика, образование.

Инновационный тип развития государства характеризуется перенесением акцента с научно-технических решений на использование принципиально новых прогрессивных технологий, переходом на выпуск высокотехнологичной продукции, прогрессивными организационными и управленческими решениями в инновационной деятельности, что отражается на микро- и макроэкономических процессах развития – создание технопарков, технополисов, проведение политики ресурсосбережения, интеллектуализации всей производственной деятельности. Инновационный тип экономики предусматривает определение приоритетов развития государства и регионов, создание необходимых условий их обеспечения – реформирование отношений собственности и системы управления в инновационной сфере, стимулирование развития предпринимательства, переход к рыночному механизму регулирования экономических отношений. В условиях реформирования украинской экономики переход к инновационному типу развития означает поиск финансовых источников активизации инновационной деятельности, создание соответствующей законодательной базы, привлечение частного капитала, развитие венчурного предпринимательства.

Мировая практика свидетельствует, что без системы эффективной государственной поддержки успешная инновационная деятельность является невозможной. Инновационная политика представляет собой комплекс принципов и мероприятий по планированию, разработке, стимулированию, регулированию и контролю процессов инновационной деятельности в научно-технической и производственной сферах.

Объектом инновационной политики является ресурсный потенциал, который определяется комплексом параметров, к которым относятся ресурсное обеспечение научной деятельности (финансирование, материально-техническое и организационное обеспечение) и объем накопленных знаний.

При разработке государственной инновационной политики необходимо уделить внимание обеспечению взаимосвязи экономических, социальных и научно-технических аспектов развития в рамках единой инновационной политики; обеспечению оптимальности использования ресурсов на основе альтернативного прогнозирования. Инновационная политика должна соответствовать общей экономической политике государства.

Инновационная политика должна включать в себя:

- законодательную базу регулирования;
- систему стимулирования инновационного предпринимательства через налоговую, кредитную, амортизационную политику;
- создание научно-технической инфраструктуры.

Инновационная деятельность является необходимой для повышения эффективности отечественной экономики. Именно поэтому разработка эффективной государственной научно-инновационной политики становится определяющим элементом государственного регулирования экономики.

Общая экономическая политика государства должна основываться на инновационных принципах:

- приоритет инноваций над традиционным производством, что подразумевает использование в практической деятельности новые знания – результаты научных исследований;
- обеспечение свободы научной и научно-технического творчества, правовой охраны интеллектуальной собственности;
- создание благоприятных условий для развития конкуренции в сферах науки и техники;
- экономичность инновационных процессов;
- концентрация ресурсов на приоритетных направлениях развития науки и техники, которые определяются на государственном уровне с учетом первоочередных потребностей государства и его инновационного потенциала;
- достаточность и ограниченность приоритетных направлений, что особенно актуально для переходной экономики Украины;
- гибкость инновационной политики;
- интеграция образования, науки, предпринимательской деятельности, что позволит наладить связи в системе “образование-наука-производство”;
- обеспечение развития инновационного предпринимательства в регионах путем передачи определенных прав и обязанностей на региональный уровень;
- масштабность, которая предполагает увеличение стимулирующих рычагов в зависимости от значимости результатов инновационной деятельности;
- создание благоприятных условий для развития международного научного совместного производства, что обеспечит для инновационной сферы государства международный трансферт технологий.

В мировой практике принято выделять следующие группы экономических акций:

- воздействие на само “предложение новшеств”;
 - создание спроса на результат нововведений (закупка технологических процессов, готовых продуктов, услуг) центральными и местными органами власти;
-

- создание экономических условий, которые стимулируют разработку новых видов техники и технологии
- налоговой, амортизационной, патентной, финансово-кредитной политики, системы государственных заказов, создание научных технопарков и других технопарковых структур;
- прямое или не прямое финансирование научно-исследовательских и исследовательско-конструкторских работ.

В нашей стране государственные органы почти отстранились от решения первой задачи. То же касается и второй задачи, она полностью отдана на откуп рынку. Централизованное воздействие на инновации фактически сведено к решению проблем третьей и четвертой группы.

Третий путь государственной поддержки инновационной деятельности (создание экономического механизма стимулирования разработок новшеств) предполагает:

- предоставление предприятиям-инноваторам беспроцентных и других льготных кредитов;
- снижение ставок налогообложения прибыли;
- исключение из базы налогообложения текущих затрат на НИОКР;
- налоговые кредиты на прирост объемов исследований и разработок;
- освобождение от некоторых отчислений в бюджет;
- освобождение от налога на прибыль и капитал акционеров венчурных инновационных предприятий;
- создание региональных и отраслевых фондов для стимулирования инновационной деятельности;
- амортизационные льготы;
- создание системы защиты и поддержки малых инновационных предприятий, технопарковых структур.

Последний путь государственной поддержки инновационной деятельности предусматривает прямое финансирование инновационной деятельности на создание прогрессивной техники, технологий; государственные дотации изобретателям и доплаты (стипендии) высококвалифицированным научным кадрам, государственные заказы на инновационный продукт, принятие государственных целевых программ инновационной деятельности.

Существование разветвленной сети государственных и полугосударственных научно-исследовательских организаций позволяет органам государственного управления осуществлять научно-техническое содействие частным корпорациям. Одними из основных форм такого содействия являются:

- прямая передача результатов государственных научных исследований монополиям и предоставление корпорациям возможности использовать научно-техническое оборудование государственных организаций для проведения собственных НИОКР;
- осуществление совместных исследовательских проектов государственными организациями и частными корпорациями, в ходе которого монополии получают возможность освоения результатов государственных разработок;
- возможность использования частными корпорациями принадлежащих государству патентов и лицензий.

Опыт многих стран, которые достигли успеха в инновационной деятельности, свидетельствует о необходимости и роли разумной и активной инвестиционной политики государства. При этом важным является не только размер государственных инвестиций, но также качество и эффективность их размещения: насколько они дополняют частные инвестиции и создают благоприятную среду для инвестирования. Необходимо, чтобы государственные инвестиции направлялись на проекты общественного характера, являющиеся невыгодными для частного бизнеса.

В настоящее время перед нашим государством стоит задача не только обеспечения инновационной сферы финансовыми ресурсами, но и построение инновационной инфраструктуры на различных уровнях – государственном, региональном, локальном. Это предусматривает создание консалтинговых и инженеринговых фирм, инновационных и бизнес-центров, венчурных фондов, бизнес-инкубаторов, технопарков, технополисов, а также принятие соответствующих законодательных актов, которые регулируют инновационную деятельность на различных уровнях.

В условиях, когда необходимо активизировать инновационную деятельность в стране, возникает проблема построения механизма финансирования на государственном уровне. Государственное финансирование инновационной деятельности может осуществляться в формах:

- в виде дотационного финансирования (в Украине – финансирование фундаментальных исследований в академических учреждениях, финансирование инновационной деятельности в сфере государственной безопасности и т.д.);
- финансирование через участие в международных, государственных, региональных программах (программно-целевое финансирование).

Система финансирования инновационной деятельности является составной частью государственной инновационной политики. Она должна обеспечивать решение следующих задач:

- обеспечение необходимых условий для быстрого и эффективного внедрения технологических новинок во всех отраслях народнохозяйственного комплекса государства, обеспечение его структурно-технологической перестройки;
- сохранение и развитие стратегического научно-технического потенциала в приоритетных направлениях развития;

- создание необходимых материальных условий для сохранения кадрового потенциала науки и техники, недопущение эмиграции высококвалифицированных научных кадров.

Таким образом, для повышения эффективности деятельности сферы науки и технологии необходимы следующие меры государственного регулирования: разработка соответствующей законодательной базы, проведение стимулирования инновационной деятельности через налоговую, амортизационную, патентную, финансово-кредитную политику, государственные заказы, создание технопарков и других технопарковых структур, прямое или не прямое финансирование.

УДК 658.0/5

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВЫХ ТРАНСФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ И ИЗМЕНЕНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Еремейчук Р.А.

(г. Харьков, Украина)

Realization of the changes to process of the development is motivated. The sequence of the shaping the program to transformations of the enterprise is designed. The parameters of the checking and regulations of the change are offered.

Любая организация находится в процессе непрерывных изменений, так как в противном случае ее способность к выживанию в динамичной обстановке ставится под угрозу. Изменения в одних случаях происходят целенаправленно на базе систематически разрабатываемых концепций запланированных усовершенствований, в других – носят скорее неформальный и адаптивный характер, когда организация оперативно приспосабливается к внешней среде путем модификации своего поведения. Необходимость осуществления трансформационных переходов из одного устойчивого состояния в другое определяется действием большого количества факторов. Сами изменения в точке бифуркации происходят достаточно быстро, но подготавливаются в ходе эволюционного этапа многочисленными флуктуациями, которые сначала подавляются, но, выйдя за определенные пределы, приобретают силу и обеспечивают переход. Именно поэтому системе управления предприятием необходимо разрабатывать соответствующую программу изменений. Ее формирование должно основываться на том, что всякое воздействие на любой элемент системы предприятия всегда затрагивает остальные, а попытка улучшить все сразу обречена на неудачу. Реально успешные изменения отличаются своей локальной направленностью, что необходимо обеспечить в процессе формирования механизма управления развитием.

В момент наступления точки бифуркации в экономической системе (предприятии) происходят серьезные изменения: меняются структура системы, пропорции, а затем, в ходе адаптации к новой структуре, и механизм ее функционирования. Слом существующей системы и изменение привычного поведения приводят предприятие в состояние хаоса, который и способствует выводу его на новый виток развития. Самоорганизация, порождаемая хаосом, притягивает тот или иной аттрактор, адаптация к которому и составляет эволюционный отрезок развития. Именно в точке бифуркации зарождается процесс перехода старого качества в новое, но само сочетание элементов старого и нового качества создает хаос. Разсогласованность процессов, протекающих на предприятии, в период перехода между устойчивыми состояниями обуславливает необходимость более тщательно осуществлять функции регулирования. В то же время, любое управленческое воздействие способно разрушить сложившуюся тенденцию. Именно поэтому необходимо чтобы процесс регулирования был резонансным происходящим изменениям; регулирование осуществлялось своевременно, поскольку неучтенные процессы в последствии могут выйти из под контроля и вызвать необратимые изменения; регулирующая система налаживала обратные связи, иначе будут возникать разрушительные воздействия.

Планирование организационных изменений охватывает аналитическую и прогностическую деятельность, разработку возможных мер и выбор соответствующей стратегии. При этом во внимание должны приниматься различные уровни вмешательства в старую структуру, а также многочисленные организационные параметры, в частности структура и процессы, производственная и информационная технология, организационная культура как модель основополагающих ценностей и принципов, разделяемых членами организации, кадровые ресурсы и т.д. Разрабатывая стратегию развития в первую очередь необходимо оценить восприимчивость предприятия к изменениям, что возможно, например, путем применения лингвистических переменных.

Изменения представляют собой базовый элемент процесса развития предприятия. Они могут иметь различную глубину: от небольшого усовершенствования до полного преобразования. Другим параметром изменений, требующем предварительной оценки, является их размах, показывающий, касаются ли изменения отдельного участка предприятия, его бизнес-процессов или распространяется на многие из них или на все. Изменение может быть однородным (распространяется на объект одного вида) или комплексным. Изменения и процесс их осуществления могут носить различную степень целостности и обособленности. Также изменение может быть базовым или отличаться от базового путем введения новшеств или усовершенствований в тех или иных изменениях. Кроме этого принципиально важно различать частичные и радикальные изменения. Первые базируются на существующих системах ценностей, структурах и процессах. В ходе частичных преобразований доминирует практическая пригодность проекта, а не достижение идеального состояния.

Радикальность и режим изменения будет определяться их размахом и глубиной. Степень радикальности представляет непрерывный ряд от небольших изменений развивающегося объекта до изменений, коренным образом преобразующих этот объект. Изменения малой и средней радикальности могут осуществляться в ре-

жизне самоорганизации и саморазвития, когда имеет место непрерывная цепочка изменений. Радикальные и особенно преобразующие изменения осуществляются как правило в революционной и хорошо запланированной форме. Радикальные изменения бывают остро необходимыми в связи с бурным развитием окружающей рыночной обстановки после продолжительной фазы стабильности и длительного игнорирования необходимых адаптационных шагов. Столь "революционный" процесс изменений для достижения преимуществ по отношению к конкурентам может быть желательным стратегически, но встретит решительное сопротивление со стороны персонала. Радикальность нововведений во многом будет зависеть от стабильности применяемой технологии, по мере снижения которой растет потребность в более радикальных нововведениях и одновременно снижается степень открытости технологической системы для осуществления изменений.

Развитие отдельного элемента предприятия, как социально-экономической системы может рассматриваться как квант развития, имеющий соответствующие квант размаха и квант радикальности. Их величина будет определяться уровнем целостности системы. Если целостность системы позволяет осуществлять изменения на автономных (обособленных) сравнительно однородных по масштабу участках, то доля каждого участка в системе и будет представлять квант размаха изменения. В таком случае размах изменения может быть оценен отношением числа участков, охваченных изменениями к их общему числу. В целостной системе есть только один участок для осуществления изменений. В этом случае квант размаха равен размаху, а квант радикальности равен кванту глубины. Радикальность изменения является комплексной категорией, включающей глубину (степень новизны, категорию изменений) и размах изменения. Масштаб изменения определяется числом автономных участков, охваченных изменением, и глубиной изменения в каждом из них. При этом он может быть представлен в виде произведения радикальности изменений на максимальный охват ими. Определение масштаба изменения необходимо для расчета инвестиций, необходимых для реализации изменения, распределения имеющихся на предприятии ресурсов и соответственной корректировки радикальности изменений.

В любом случае, вне зависимости от радикальности изменений и жесткости выбранных методов управлений, предприятие внедряющее изменения ожидает снижение эффективности на первом этапе преобразований, когда старые технологии выходят из употребления, а новые применяются персоналом с ошибками и иногда саботажем. В начале преобразований нагрузка на менеджеров растет, а результат падает, и лишь с определенного этапа наблюдается устойчивый рост эффективности. В связи с этим важным решением по срокам изменения является выбор момента начала внедрения. Непродуманное решение приводит к негативному отношению персонала предприятия к разработанной стратегии развития, вызывает рост сопротивления изменениям.

С другой стороны, тщательная, детальная проработка плана во время работы по развитию затруднительна поскольку, провести изменения полном объеме невозможно, рыночная ситуация развивается и в процессе разработки у персонала формируются определенные ожидания, готовность к изменениям, которая сменяется безразличием, если исполнение плана откладывается. Таким образом, более эффективной будет стратегия поэтапных преобразований, требующая начинать перестройку системы с простейших, наиболее доступных и легко осуществимых изменений, наращивая на каждом новом этапе масштабы преобразований и сдвиги в целеориентации. Это позволяет, во-первых, постепенно преодолеть инерционность системы без значительного противодействия с ее стороны, а, во-вторых, совершенствовать от этапа к этапу тактику развития с учетом накапливаемого опыта и возникающих в этом процессе новых возможностей и помех.

Для практической реализации такого подхода необходимо сформировать критерии оптимального расчленения процесса преобразований на отдельные этапы, определения их состава, структуры и оптимальных границ. Также, дополнительно можно выделить следующие критерии: результатом осуществления каждого из этапов развития должен быть целостный, функционально завершенный комплекс взаимодополняющих объектов, способный к автономному функционированию; каждый из этапов должен создавать базу для наращивания комплекса преобразований более высокого уровня; цели предыдущих этапов должны содействовать достижению целей последующих этапов; на каждом новом этапе необходимо удерживать позитивные формы и тенденции предыдущих этапов и преодолевать негативные; при переходе на более высокие этапы развития необходимо систематически выделять в усложняющейся структуре группы однородных или тесно взаимосвязанных элементов и создавать специализированные подсистемы управления каждой из таких групп; последовательность преобразований должна отвечать требованиям предотвращения взаимных помех между процессами, создания каждым последующим процессом благоприятных предпосылок для всей программы изменений.

УДК 658.114

ГРУПОВІ ОБ'ЄДНАННЯ ПІДПРИЄМСТВ В СУЧАСНИХ ЕКОНОМІЧНИХ УМОВАХ

Жуков Ю.Є.

(м. Харків, Україна)

The notion group enterprise is theoretically motivated. New forms of the association enterprise in modern economic condition are considered. The particularities of the building managerial system by group enterprise are installed.

Сучасним економічним умови притаманно корінна й радикальна перебудова ділових процесів, яка відбувається в умовах впровадження новітніх інформаційних і комунікаційних технологій, поширення процесів інтеграції, автоматизації й розвитку персоналу замість раціоналізації праці й структур організації, сетизації, деменеджеризації, деструктуризації, виртуалізації тощо. Означені тенденції призводять до появи різних форм

об'єднання підприємств у групи, які можуть утворюватися шляхом поєднання вертикальної, горизонтальної та конгломеративної інтеграції. В результаті виникають "тверді" (концерн, трест) або "м'які" (асоціації, консорціуми, стратегічні альянси) організаційні форми [2, 4]. Основні ситуації, що на наш погляд обумовлюють доцільність об'єднань підприємств подано у табл. 1. В кожному разі основним завданням системи управління буде не тільки створення групи підприємств, а переведення її в стан стійкого й ефективного об'єднання – такого, яке не тільки займає поважну позицію на ринку, а й в змозі зберегти її на стратегічну перспективу.

Таблиця 1

Передумови виникнення групових об'єднань підприємств

Передумова	Характеристика
Створення більш дієвої збутової мережі	Передбачається, наприклад, виділення окремого збутового підрозділу (дочірньої фірми) або утворення альянсів з різноманітними агентами, дилерами й дистриб'юторами, що представлені в необхідному регіоні
Диверсифікація напрямків діяльності	Дозволяє перегрупувати ресурси підприємства й виділити найбільш перспективні напрямки діяльності в окремі підприємства. Можливе об'єднання з існуючим підприємством з метою більш повної комплектації номенклатури продукції або створення резервних видів діяльності
Формування ланцюгів постачань	Тісно пов'язано з вертикальною інтеграцією, коли підприємство бажає контролювати постачальників сировини й матеріалів й мати власні збутові й допоміжні структури
Оптимізація управління	Керівництво об'єднання частково звільняється від оперативного керівництва й більше уваги приділяє стратегічним аспектам розвитку
Виділення різних господарських центрів	Зростає ступінь ринкової спеціалізації об'єднання та його спрямованості на конкретні ринки. Виділення автономних бізнес-одиниць й інших центрів відповідальності складає основу формування корпоративних систем управління
Освоєння власних внутріфірмових ринків	Велике підприємство може поєднатися (поглинути) невелике для обслуговування власних потреб. Більш великі підприємства можуть мати власні фінансові структури. Дрібні підприємства отримують гарантований рівень попиту на власну продукцію
Фінансове планування	Можливе створення великої кількості корпоративних схем, спрямованих на зменшення фінансових й податкових втрат. Дочірні компанії можуть маніпулювати ресурсами холдингу.
Розвиток ЗЕД	Використання дочірніх підприємств за кордоном, формування міжнародного холдингу, альянс з підприємством, яке вже отримало звітність й певну позитивну репутацію в світі
Зростання стійкості протидія ризикам	Перенесення ризикованих операцій на дочірні підприємства, які несуть обмежену відповідальність й не торкаються майна материнської компанії. Банкрутство одного підприємства не призведе до загального банкрутства. Розміщення ресурсів в спеціальних структурах
Зростання іміджу	Об'єднання підприємств має більше переваг у конкурентній боротьбі, більші організаційні можливості й потенціал що позитивно відкликаються на маркетингових стратегіях

Таким чином, під групою підприємств пропонується розуміти об'єднання декількох економічних агентів (юридичних осіб, а також організацій, що не є юридичними особами), між якими існують стійкі взаємозв'язки, більш постійні, ніж прості ринкові транзакції; існує центральний елемент – стратегічний центр прийняття рішень, що може бути як юридичною особою, так і групою фізичних осіб (власників й вищих менеджерів); й у деяких істотних (принципових) аспектах все об'єднання виступає як єдине ціле.

Класифікація видів групового об'єднання підприємств являє собою особливу проблему. Так для цілей організації управління найбільш важливим є розподіл груп на холдингові (засновані на акціонерному способі контролю й відносинах власності) і не холдингові (взаємини усередині яких регулюються спеціальними угодами). Раніше, у більшості випадків групове об'єднання передбачало використання саме холдингової форми контролю. Фінансово-промислові групи також нерідко оформлені у вигляді холдингів, хоча використовують й інші механізми контролю. Проте для сучасної економіки більш характерним стає такий тип інтеграції підприємств, який виражається у формі угоди про спільну діяльність. Разом зі створенням інтеграційних структур, які передбачають замкнення частини господарських процесів в межах ієрархічно побудованого підприємства на ринку виникають відносно стійкі відношення між різними підприємствами, які незалежні у фінансовому й юридичному відношеннях (вони можуть обмежуватися лише обміном інформацією та здійсненні угод).

Отже, якщо раніше зусилля систем управління було переважно спрямовано на вдосконалення внутрішньої операційної діяльності, то зараз головна увага менеджерів концентрується на взаємному пов'язанню функціонування безлічі різнопрофільних підприємств, які входять до різних бізнес-альянсів. При цьому підприємства намагаються нівелювати зазначені аспекти використанням динамічних стратегій, впровадженням центрів прибутку, поширення внутрішнього підприємництва, зміною координаційних механізмів й поєднанні переваг обох управлінських логік – ієрархічного контролю та ринку. У зв'язку з цим, Гапоненко А.Л. та Панкрухин А.П. констатують появлення нової сітьової форми об'єднання підприємств у групу, в якій роль холдингової складової взагалі відходить на другий план, а головним інтегруючим елементом стає система внутрішніх ринків й мережеподібних структур – усередині організацій та між ними [1, с.249].

Отже, організації впроваджують нові схеми, які підрозділяються на два процеси: "стиснення" (трансформація на внутрішньому рівні) й децентралізація стратегічної влади практично на кожній ланці виробництва (розподіл основних видів діяльності між зростаючою кількістю акторів при відповідній втраті централізованого

контролю). Обидва означених процеси призводять до вертикальної дезінтеграції та поширення горизонтальних відносин й мережеподібних форм. Процеси "стиснення" призводять до поширення горизонтальних корпорацій, організаційна структура яких формується навкруги базових процесів, а не в залежності від функціонального розподілу праці. Така корпорація являє собою плоску ієрархію, у якій скорочено вертикальне адміністрування й поєднуються фрагментарні задачі; виявляються й усуваються роботи, які не забезпечують одержання доданої вартості; відбувається мінімізація діяльності усередині кожного базового процесу; основою організаційної структури стають автономні міжфункціональні групи робітників (команди), кожна з яких має певну мету й здійснюється чіткий контроль досягнення цих цілей; використовується мінімально можлива кількість автономних команд для здійснення відповідних базових процесів; головним критерієм ефективності діяльності компанії стає не прибутковість, а ступінь задоволення потреб конкретних споживачів. У деяких випадках можлива навіть повна відмова від ієрархії й відокремлення функціональних й штабних органів корпорації. При більш традиційному підході передбачається виділення лише декількох менеджерів вищої ланки управління (централізація фінансових функцій й управління персоналом) та трьох-чотирьох проміжних рівнів управління.

Проте, не можна не погодитись з думкою Друкера П.Ф. [3] який заперечує дієвість концепцій відсутності організаційної структури та кінця ієрархій, оскільки у кожній організації повинен бути незаперечний авторитет, який буде приймати остаточне рішення та якому будуть підпорядковуватися решта співробітників. Тим паче, що у ситуації зростання ризику, з якою у будь-якому випадку стикається кожне підприємство, від чіткості керівництва залежить все майбутнє його існування. Шляхи подолання вказаного протиріччя присутні в умовах вузької горизонтальної спеціалізації та виборчої децентралізації у межах адхократичних структур управління (високо органічних структур з незначною формалізацією поведінки), які дозволяють поєднати матричні структури з одночасним застосуванням функціональних й ринкових принципів об'єднання підприємств й їхніх підрозділів у групу.

Якщо при використанні матричних структур управління, підприємство можна представити як двомірну модель, то при додаванні до цих двох вимірів (як правило, ресурсам і результатам) ще додаткових змінних, таких як територія, ринок й споживач, його можна охарактеризувати як багатомірне. Основою багатомірної компанії є автономна робоча група, що одержує в більшості випадків статус центра прибутку, а в окремих випадках виступає самостійною компанією. Головним достоїнством багатомірного підходу є максимальне зближення виробника й споживача, що дозволяє найефективнішим способом задовольняти його запити.

Велике вертикально інтегроване підприємство спеціально побудоване для виконання особливих задач, пов'язаних зі стабільним виробництвом великого обсягу товарів та послуг відповідної якості. Така структура хоча й ідеально підходить для масового виробництва та розподілу досить важко змінюється відповідно до нових вимог ринку та більше протидіє змінам, які відбуваються під час реалізації програм розвитку. Для більш швидкого реагування на скорочення життєвих циклів продукції та прискорення технологічних змін більш придатна означена форма горизонтальної координації за допомогою міжорганізаційних мереж.

Об'єднання підприємств у мережу дозволяє поєднати свої ресурси, потужності, розширити частку ринку, тобто виконати всі умови, що наведено в табл. 1 Слід зазначити, що мережа відрізняється від ринку тим, що економічний обмін всередині мережі буде здійснюватися на іншій базі, порівняно з економічними транзакціями на ринку. Отже до основних причин виникнення мережевих структур можна віднести такі: потреба у швидкому навчанні, оскільки у галузях де знання розсіяно інновації залежать від об'єднання зусиль різних типів організацій; мережі спонукають до експериментування, розсовуючи границі попиту стимулюючи навчатися у партнерів; наявність міжорганізаційних систем інформації й комплексних каналів комунікацій. Інформація, яка по ним передається більш відкрита та різноманітна; більш інтенсивний обмін інформацією призводить до кращих відносин, а відповідно к ще більш продуктивному співробітництву; низька ефективність загальноприйнятих форм кооперації при рішенні складних проблем господарської діяльності у поєднанні з прагненням до автономних форм праці; фінансові вигоди – коаліція одного підприємства з іншим відкриває перед обома можливості вибору, які у іншому випадку недосяжні кожному з них; розподіл ризиків й обмеження безповоротних витрат; постійні зміни зовнішнього середовища й необхідністю адаптації компаній до цих змін; постійні ускладнення виробничої й комерційної діяльності; підвищенням значення фактору часу; розширенням простору компанії.

В економічній літературі склалися різні тлумачення мережаних структур та підходи до розуміння їх економічної сутності. Проте більшість з них не відповідає логіковій групового об'єднання підприємств, оскільки вони розглядають або віртуальні організації, або взагалі Internet структури. На наш погляд під мережевою формою групового об'єднання підприємств слід розуміти такий тип організації, структура якої являє собою вільно пов'язану, гнучку, горизонтально організовану мережу принципово рівноправних, різних за функціями, що виконуються, незалежних партнерів. Мережа у даному випадку – це система стабільних зв'язків між людьми та організаціями, а метизація – метод стратегічного менеджменту, що полягає у формуванні мережі з її вузлами й зв'язками для досягнення цілей відповідності з потребами й очікуваннями партнерів і ділової кон'юнктури.

Слід погодитися з тим, що звичайно виділяються два види мережних структур: мережна структура великої компанії, що збирає навколо себе фірми меншого розміру. У цьому випадку велика компанія, що представляє собою ядро мережі, збирає навколо себе фірми меншого розміру, доручаючи їм виконання окремих видів діяльності (оболонкові підприємства). Велика компанія займає домінуюче положення в ділових операціях, будучи головним замовником, й мережа стає ієрархізованою; мережа (сукупність) фірм, близьких по розмірах, юридично самостійних, але в господарському плані підтримуючих стабільність один одного. Слід відзначити, що підприємства, які входять у групу (мережу), в свою чергу, можуть мати власні підрозділи, які необхідні для виробництва, але потребують високої спеціалізації. У даному випадку мережа є квазіієрархічною, й крупне підприємство займає

домінуюче положення, оскільки воно виступає головним замовником.

Незважаючи на те, що мережаним організаціям притаманні риси, які відрізняють їх від інших групових форм об'єднання підприємств, вони можуть поєднувати в собі елементи різних структур управління. З рештою, мережана організація може включати елементи спеціалізації функціональної форми, автономність дивізійної структури й можливості перерозподілу ресурсів матричної організації. Також слід мати на увазі, що мережева організація відрізняється не тільки особливою, гетерархічною організаційною структурою координаційного характеру, але й адекватною організаційною культурою в цілому, включаючи принцип децентралізованої відповідальності, високу лояльність до партнерів й самодисципліни, інтеракційні компетенції зі здвигом організаційної уваги від аспекту змістовної сторони на користь соціальних відносин, від стратегічно-функціональної до комунікативної раціональності управління й організації. Фактично мережна структура являє собою якийсь компроміс між зростаючими витратами на побудову організації й прагненням до їхньої мінімізації за рахунок відмови від організаційних структур. Отже при своєму формуванні мережі утворюються навкруги одного головного підприємства або оформлюються на базі альянсів й кооперації між групами підприємств, що актуалізує необхідність створення відповідної системи управління групою підприємств.

Таким чином, в процесі побудови системи управління групою підприємств слід враховувати, що групове об'єднання може являти собою, з одного боку, сукупність скоординованих (за рахунок реінженерингу) бізнес-процесів, а з другого – сукупність контрактних відносин з повною відсутністю вертикальної ієрархії. Ефективність зазначеної системи управління буде забезпечуватися поєднанням кращих рис ієрархічних й процесних організацій, що найбільш відповідає вимогам сучасного нестабільного економічного середовища.

Література

1. Гапоненко А.Л., Панкрухин А.П. Стратегическое управление: Учебник. – М.: Омега-Л, 2004. – 472 с.
2. Гарретт Б., Дюссож П. Стратегические альянсы: Пер. с англ. – М.: ИНФРА-М, 2002. – 332 с.
3. Друкер П.Ф. Задачи менеджмента в XXI веке. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2003. – 240 с.
4. Пауэлл У., Смит-Дор Л. Сети и хозяйственная жизнь // Экономическая социология. – 2003. – №3. – С.61 – 105
5. Третьяк О.А., Румянцева М.А. Сетевые формы межфирменной кооперации: подходы к объяснению феномена // Российский журнал менеджмента. – 2003. – №2. – т.1. – С. 25 – 50

УДК 658.114

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РЕСУРСОЕМКОСТИ НА ФИНАНСОВО-ХОЗЯЙСТВЕННУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЯ

Ипполитова И.Я.

(г. Харьков, Украина)

Technical approach for the analysis the correlation results of the cost of resources on the finance and economic activity of the enterprises oil and gas complex was proposed, it base by use factor analysis.

В условиях рыночных отношений возрастают сложность и важность проблемы управления ресурсосбережением на предприятиях. На эффективность использования ресурсов предприятия значительное влияние оказывают рыночные механизмы, неопределенность и динамизм внешней среды, в которой функционирует предприятие. Эффективность добычи топливно-энергетических ресурсов является важным аспектом проблем предприятий нефтегазового комплекса (НГК). Под эффективностью понимается, в первую очередь, уровень затрат всех возможных ресурсов, в том числе и энергетических, на поддержание функционирования предприятия. Проблемы повышения эффективности нефтегазовой отрасли тесно связаны с задачей снижения производственных затрат, в частности, на добычу топливно-энергетических ресурсов. Уровень ресурсоемкости добычи в настоящее время является серьезным препятствием для конкурентоспособности предприятий НГК[1]. Поэтому в последнее время настоятельно требуется выявление факторов влияющих на уровень ресурсоемкости добычи топливно-энергетических ресурсов.

Так, в работе авторов [2] были предложены факторы ресурсосбережения предприятий, однако они не учитывали уровень эффективности использования ресурсов. Поэтому, целью данной статьи является разработка и применение методического подхода, позволяющего выявить внутренние факторы ресурсоемкости добычи топливно-энергетических ресурсов.

Задача выделения внутренних факторов, определяющих уровень ресурсоемкости на предприятии решается на персональной ЭВМ с помощью пакета программ SGW.

Значительную часть факторного анализа составляет метод главных компонент, важным свойством которого является ранжирование компонент по их вкладу в суммарную вариацию (дисперсию) исходных показателей. В первых компонентах отражаются основные закономерности изучаемого явления, интересующие субъекта управления. Последние компоненты описывают случайное изменение исходных показателей, обусловленное малозначимыми причинами.

Количество существенных факторов, которые обуславливают характер целостности производственного потенциала предприятий, определяются из условия: полученные факторы в сумме объясняют не менее 70 % всей исходной вариации оценочных показателей, сокращая при этом количество показателей без потери важной ин-

формации. Путем простого исключения «мешающих» исходных показателей, подобный эффект не достигается, так как исключение любого показателя означает потерю части полезной информации.

Извлекаемые в процессе исследования по критерию четыре фактора охватывают 87,568 % общей дисперсии, т.е. четыре фактора на 87,568 % достоверно описывают заменяемые четырнадцать показателей.

Расчеты показали, что первая компонента объясняет 41,873 % вклада суммарной дисперсии. Вклад каждой последующей компоненты в общую дисперсию уменьшается. Так, например, вторая компонента объясняет 19,079 % общей дисперсии, третья – 15,33 %, четвертая – 11,286 % и т.д.

Так исходная система показателей трансформируется в систему новых агрегированных и независимых между собой факторных показателей, которые представляют собой ортогональные компоненты исходной системы показателей. Таким образом формируется факторная матрица (матрица факторных нагрузок), из которой видно, что четырнадцать исходных показателей разделились на группы и выражаются теперь через четыре агрегированных фактора. Один из модулей факторного анализа вращает полученную факторную матрицу по методу VARIMAX – методу Кайзера – с целью получения наилучшего ортогонального факторного решения, при котором добиваемся независимости агрегированных факторов друг от друга, их некоррелированности и понижения сложности некоторых исходных показателей, входящих одновременно в несколько факторов, с целью облегчения их интерпретации.

Первый фактор имеет вид:

$$F_1 = -0,6373x_1 + 0,7209x_2 - 0,2575x_3 + 0,9617x_4 + 0,0934x_5 - 0,0902x_6 - 0,2241x_7 + 0,8318x_8 - 0,3353x_9 - 0,2810x_{10} - 0,9552x_{11} + 0,2523x_{12} + 0,1301x_{13} - 0,1149x_{14}$$

где x_1 – фондоотдача, грн.; x_2 – коэффициент производственной себестоимости реализованной продукции; x_3 – коэффициент издержек на реализацию и управление; x_4 – коэффициент автономии; x_5 – материалоемкость, грн/грн; x_6 – оборачиваемость активов, оборотов; x_7 – коэффициент рентабельности активов; x_8 – ресурсоемкость [1], грн/грн; x_9 – рентабельность реализованной продукции; x_{10} – отношение реализованной продукции к фонду заработной платы; x_{11} – соотношение заемных и собственных средств (коэффициент риска); x_{12} – трудоемкость, грн/грн; x_{13} – удельный вес затрат на оплату труда в затратах на производство продукции; x_{14} – удельный вес материальных затрат в затратах на производство продукции.

Анализ структуры первого фактора показывает, что определяющими показателями, которые довольно объективно интерпретируют его содержание (факторное наполнение показателей больше 0,5), являются: коэффициент производственной себестоимости реализованной продукции (x_2), коэффициент автономии (x_4), образовавшийся показатель эффективности использования имеющихся ресурсов финансовой зависимости имеет максимальное из всех образовавшихся четырех факторов влияние на уровень ресурсоемкости деятельности предприятий (факторная нагрузка – 0,8318) (см. табл. 1).

Второй фактор образовался на основе трех показателей: оборачиваемости активов (x_6), коэффициента рентабельности активов (x_7) и отношения реализованной продукции к фонду заработной платы (x_{10}). Данный фактор можно охарактеризовать как фактор оборачиваемости активов и материальной мотивации. Наблюдается отрицательное влияние этого фактора на показатель ресурсоемкости (факторная нагрузка – -0,1502). Это означает, что при снижении оборачиваемости активов и увеличении фонда заработной платы, происходит увеличение ресурсоемкости на данных предприятиях.

Таблица 1

Результаты факторного анализа после обращения

Показатели	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4
x_1	-0,637293	0,258477	0,129138	0,574929
x_2	0,7209	-0,442437	-0,0498992	0,181993
x_3	-0,257515	0,0553066	-0,921337	-0,0241106
x_4	0,961748	-0,129723	0,0780375	0,038777
x_5	0,0934329	-0,123447	-0,086115	0,922255
x_6	-0,090171	0,867835	-0,0747737	0,352433
x_7	-0,224144	0,761518	0,3807	0,364781
x_8	0,831801	-0,150232	-0,122652	-0,212878
x_9	-0,335286	0,384113	0,763768	-0,063505
x_{10}	-0,281049	0,849028	0,289683	-0,0664227
x_{11}	-0,955155	0,102625	-0,0804568	-0,0748069
x_{12}	0,252321	-0,790526	-0,303807	0,318791
x_{13}	0,130146	-0,794675	0,441424	0,218175
x_{14}	-0,114963	0,149674	0,629857	0,298857

Третий фактор образовался на основе трех показателей: коэффициента издержек на реализацию и управление (x_3), коэффициента рентабельности реализованной продукции (x_8) и удельного веса материальных затрат в затратах на производство продукции (x_{14}). Разнонаправленное влияние этих показателей на ресурсоемкость отрицательное (факторная нагрузка – -0,1227). Связь этих показателей разнонаправленная и показывает влияние увеличения объема реализованной продукции и уровня материальных затрат на рост ресурсоемкости. Кроме того, этот фактор показывает, что предприятия вкладывают средства на управленческие структуры, что приводит к

расширению аппарата управления, а не к улучшению качества управления, поэтому при снижении затрат на реализацию и управление произойдет и снижение ресурсоемкости деятельности добывающих предприятий

Четвертый фактор образовался на основе двух показателей: фондоотдачи (x_1) и материалоемкости добычи ресурсов (x_5). Влияние этих показателей на ресурсоемкость отрицательное (факторная нагрузка – $-0,2129$). Это свидетельствует о том, что рост фондоотдачи и материалоемкости добычи ресурсов приводит к снижению показателя ресурсоемкости предприятий НГК на современном этапе развития экономики.

Таким образом, можно сделать выводы о том, что применение факторного анализа для анализируемых предприятий целесообразно, поскольку, довольно проблематично выделить внутренние факторы, влияющие на уровень ресурсоемкости добычи топливно-энергетических ресурсов. Предложенный методический к анализу взаимосвязи результатов финансово-хозяйственной деятельности и уровня ресурсоемкости на предприятиях нефтегазового комплекса, который базируется на применении факторного анализа, позволяет определять факторы ресурсоемкости добычи топливно-энергетических ресурсов, отражающие основные закономерности изучаемого явления. Данный методический подход может быть использован при управлении ресурсосбережением на предприятиях через ресурсоемкость добычи топливно-энергетических ресурсов.

Литература

1. Ипполитова И.Я. Оценка влияния ресурсосбережения на эффективность деятельности предприятия // Проблемы підвищення ефективності функціонування підприємств різних форм власності, ІЕП НАН України, 2002, №1. С. 388-398.
2. Ресурсобеспечение промышленных предприятий [Иванов Н.И., Бреславцев А.В., Хижняк Л.Г. и др], под ред. Иванова Н.И.; НАН Украины, Ин-т эк-ки пром-ти.–Донецк: ИЭН, 1999.–355с.

УДК 338.45

СИСТЕМА ФАКТОРОВ ФОРМИРОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ РЕГИОНА

Казаков А.Н.

(г. Харьков, Украина)

The article is dedicated to the problems of the enhancement of efficiency functioning of production and economic system of regional industry. The article substantiates that production and economic system of regional industry represents totality of enterprises of different industries united with general theory and ins functional-economic and social interaction is directed at vital provision of the concrete province or region.

Под инвестиционной привлекательностью в самом общем виде следует понимать потенциальную возможность привлечения денежных средств (как внутренних, так и внешних) в развитие определенного объекта. Инвестиционная привлекательность формируется под воздействием различного рода экономических, правовых, социальных и других факторов. Управление инвестиционной привлекательностью должно учитывать не только динамику инвестиционных процессов, но и широкий круг внеэкономических последствий.

Различают инвестиционную привлекательность субъекта хозяйствования и региона. Понятие инвестиционной привлекательности региона является более широким понятием, чем инвестиционная привлекательность субъекта хозяйствования, потому что они взаимозависимы. Например, инвестиционная привлекательность региона зависит от функционирующих в нем предприятий, от того, насколько эффективно развивается производство тех или иных видов продукции и услуг. Таким образом, инвестиционная привлекательность региона представляет собой комплекс организационно-экономических и правовых условий, которые обеспечивают определенные уровни безопасности инвестирования, рентабельности и рискованности инвестиций.

Для обеспечения высокой инвестиционной привлекательности необходимо наличие в регионе значительно инвестиционного потенциала, составными частями которого являются финансовый, производственный, потребительский и природно-ресурсный потенциалы. Только выполнение этого условия может позволить региону выдержать конкуренцию с другими областями в привлечении внешних финансовых ресурсов. Значение оценки инвестиционной привлекательности очень велико. Так как инвестиционная привлекательность различных регионов в одном государстве вследствие различного рода причин может очень различаться, то целесообразным будет рассматривать условия инвестирования в каждом регионе по отдельности, а не по стране в целом. Для повышения инвестиционной привлекательности страны также следует повышать инвестиционный потенциал регионов, который в свою очередь во многом зависит от инвестиционной привлекательности отдельных субъектов хозяйствования.

Наша страна - государство достаточно очевидных межрегиональных, экономических и политических контрастов, так что каждый инвестор может выбрать регион для вложения финансовых ресурсов в соответствии с собственными представлениями о приемлемом риске и прибыли. В качестве составляющих инвестиционной привлекательности регионов приняты две основные самостоятельные характеристики: инвестиционный потенциал и инвестиционный риск.

Инвестиционный потенциал учитывает основные макроэкономические характеристики, насыщенность территории факторами производства, потребительский спрос населения и другие показатели. Инвестиционный потенциал региона складывается из восьми частных потенциалов, каждый из которых, в свою очередь, характеризуется целой

группой показателей:

- ресурсно-сырьевого (средневзвешенная обеспеченность балансовыми запасами основных видов природных ресурсов);
- трудового (трудовые ресурсы и их образовательный уровень);
- производственного (совокупный результат хозяйственной деятельности населения в регионе);
- инновационного (уровень развития науки и внедрения достижений научно-технического прогресса в регионе);
- институционального (степень развития ведущих институтов рыночной экономики);
- инфраструктурного (экономико-географическое положение региона и его инфраструктурная обеспеченность);
- финансового (объем налоговой базы и прибыльности предприятий региона);
- потребительского (совокупная покупательная способность населения региона).

Величина инвестиционного риска показывает вероятность потери инвестиций и дохода от них. Рассчитывают следующие виды риска:

- экономический (тенденции в экономическом развитии региона);
- финансовый (степень сбалансированности регионального бюджета и финансов предприятий);
- политический (распределение политических симпатий населения по результатам последних парламентских выборов, авторитетность местной власти);
- социальный (уровень социальной напряженности);
- экологический (уровень загрязнения окружающей среды, включая радиационное);
- криминальный (уровень преступности в регионе с учетом тяжести преступлений);
- законодательный (юридические условия инвестирования в те или иные сферы или отрасли, порядок использования отдельных факторов производства).

При расчете этого риска учитывались как федеральные, так и региональные законы и нормативные акты, а также документы, непосредственно регулирующие инвестиционную деятельность или затрагивающие ее косвенно. Также необходимо рассмотреть инвестиционную привлекательность предприятий. Оценку инвестиционной привлекательности предприятий необходимо проводить с позиций системного подхода с помощью ряда показателей, по нескольким аспектам и на всех стадиях жизненного цикла.

Предлагаемый подход позволяет дать наиболее полную и достоверную информацию о состоянии объекта инвестиционных вложений на всех этапах его функционирования, оценить влияние отдельных показателей на объект в целом, повысить темпы экономического развития хозяйственного субъекта за счет эффективной инвестиционной деятельности, получить максимальный доход при минимальном риске.

Выход Украины из кризиса за счет повышения эффективности производства в основном связывают с совершенствованием взаимодействия центра и регионов. Соотношение центральных и местных функций является ключевым аспектом в управлении всем народнохозяйственным потенциалом [20, с. 7].

Ключевой проблемой осуществления рациональной региональной политики является разделение прав, полномочий и ответственности между центром и регионами. Основное противоречие состоит в том, что ответственность за социально-экономические результаты несет управление регионом, а вся полнота власти и рычаги управления сосредоточены в центре. И центр не желает передавать регионам функции деления бюджета, таможенные и налоговые рычаги и т. д. При этом особое значение в современных условиях приобретают вопросы взаимодействия субъектов хозяйствования, основные рычаги управления которыми находятся в министерстве.

Проведение региональной политики не учитывает особенностей и специфики отдельных территорий, что привело к нагромождению на местах целого ряда экономических и социальных проблем. К основным из них можно отнести: чрезмерную концентрацию власти в центре; нерациональное использование местных трудовых и природных ресурсов; различие в развитии социальной и производственной инфраструктур, особенно в сельской местности; определенную потерю руководства экономическими процессами в регионах.

Рассмотренные факторы и условия требуют внедрения организационных, правовых, экономических мероприятий, которые смогли бы обеспечить эффективное государственное регулирование.

В мировой теории и практике существуют различные модели, которые характеризуют отношения центра и регионов. В обобщенном виде это модели: относительной автономии; агентская модель и модель взаимодействия.

Модель относительной автономии предполагает следующие полномочия: независимость местных органов власти в составе государства; ограниченный контроль центральных институтов над местными органами власти.

Агентская модель имеет меньшие полномочия. Местные власти являются продолжением или агентствами центра; высокая степень регулирования и контроля над местной деятельностью; местные власти могут иметь сильную административную базу на местном уровне и др.

В модели взаимодействия нет четкого разделения полномочий центра и регионов, и все зависит от типа предоставляемой услуги, финансирования и юридических полномочий; ни центральная, ни местная власть не доминируют в принятии решений.

Конечно, в отношениях центр-регион большое значение имеют принципы, закрепленные как в Конституции, так и в законодательных актах по проблемам местного самоуправления.

Реализация рыночного механизма управления на региональном уровне требует учета действия основных факторов в современных условиях. Совокупный эффект функционирования Харьковского региона как неза-

мкнутого пространства определяется как деятельностью производственной, так и непроизводственной сфер в реальном временном и пространственном аспектах.

В экономической сфере задача национальной политики должна направляться на осуществление таких мероприятий: создание благоприятных условий для развития предпринимательства и рыночной инфраструктуры, в том числе за счет использования региональных фондов поддержки предпринимательства; формирование и развитие специальных экономических зон с определением локальных территорий для их размещения, а также налаживание систем связи между приграничными регионами; проведение децентрализации управления экономикой с учетом ее многоукладности и с целью достижения оптимизации возможностей межрегионального кооперирования.

Определение на межправительственном уровне этих вопросов позволит активизировать работу относительно общего решения проблем в агропромышленном комплексе, производстве строительных материалов, энергетическом обеспечении регионов, в сфере экологии и др.

Выход регионов на внешний рынок требует, кроме соответствующей законодательной базы, передачи части полномочий из центра территориальным органам власти, наличия подготовленных кадров и функционирования эффективного организационно-финансового механизма осуществления межрегионального сотрудничества в интересах стран и регионов.

Формирование эффективной стратегии внешнеэкономической деятельности регионов требует изучения и разработки теоретическо-методических основ, обоснования практических путей развертывания более активного участия регионов во внешнеэкономической политике государства, расширения их полномочий в организации и развитии этой деятельности, что дает возможность эффективно использовать ресурсы территорий и в целом будет соответствовать повышению уровня социально-экономической жизни населения.

Внешнеэкономическая деятельность регионов реализуется в разных организационных формах путем составления отдельных соглашений, создания общих предприятий, межрегионального и транспортного сотрудничества.

Полномочия разных уровней власти в сфере управления экономикой должны осуществляться на таких принципах: определение и разграничение полномочий между органами государственной исполнительной власти и местного самоуправления; исполнительная дисциплины в системе органов государственной исполнительной власти и местного самоуправления.

Региональная комплексная программа поддержки развития предпринимательства включает в себя мероприятия по реализации: нормативно-правового обеспечения; финансово-кредитной поддержки; материально-технической поддержки; информационной поддержки; экономической безопасности и защиты предпринимателей; по развитию инфраструктуры малого предпринимательства и др.

Выполнение и реализация этих программ поможет ускорить структурную перестройку экономики региона; привлечь субъекты малого предпринимательства к решению социально-экономических проблем; сформировать конкурентную рыночную среду, создать привлекательный инвестиционный климат за счет внешних и внутренних ресурсов. Кроме того, должна повыситься эффективность использования местных ресурсов, должны быть созданы механизмы финансово-кредитной и материально-технической поддержки малого бизнеса.

Недостаточная определенность на сегодняшний день имущественного статуса некоторых объектов привела к некоторой конкуренции областных государственных организаций и городских органов управления за эти объекты. Чрезвычайно острой и актуальной является проблема передачи социальной сферы предприятий на баланс местных органов власти, содержание ее надлежащим образом и на надлежащем уровне.

Необходимость осуществления системы мероприятий, касающихся дальнейшего обеспечения региональной политики, вызваны в первую очередь не макроэкономической нестабильностью, а в основном нестабильностью законодательства, слабостью проводимой экономической политики, налоговым прессом, поэтапным созданием зон свободного предпринимательства на локальных территориях и только после отработки хозяйственного механизма.

УДК 658.01234

ПОРТФЕЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЯК ІНСТРУМЕНТ УПРАВЛІННЯ МАТЕРІАЛЬНИМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ ВИРОБНИЦТВА

Кожина О.М.

(м. Харків, Україна)

Portfolio-analysis allows to establish prospects of maintenance of the enterprise enough of material resources and thus to minimize cost of stocks of manufacture. During the analysis proportionality and equation of industrial stocks is checked, the raw market is lean and the portfolio of material resources is formed

Розширення прав підприємств у галузі господарювання надало підприємствам самостійності у виборі джерел та форм забезпечення, але посилило їх відповідальність за результати виробничої діяльності. Від сталого матеріального забезпечення залежить не тільки виконання виробничої програми та ефективність роботи даного підприємства, але й багатьох інших, так як встановлені в ньому обсяги постачань матеріальних ресурсів одночасно є основою для розробки плану виробництва та реалізації продукції інших підприємств та організацій. Підприємства самостійно організовують матеріально-технічне забезпечення виходячи з кон'юнктури ринку, можливостей потенційних партнерів, інформації, що склалася, про коливання цін шляхом придбання ресурсів на ринку товарів і послуг. У цих умовах методологія планування матеріально-технічного забезпечення підприємства істотно змінюється. Перш за все подовжується лаг планування. Робота відділів матеріально-технічного

забезпечення стала носити аналітичний характер та здійснювати більший вплив на діяльність підприємства.

Служба матеріально-технічного забезпечення вивчає ринок сировини і матеріалів з метою можливості закупівель дешевших матеріально-технічних ресурсів, вона може накопичувати замовлення виробничих підрозділів для того, щоб закупати матеріали економічно обґрунтовано і одержувати знижки при покупці великих партій.

Для проведення аналізу матеріального забезпечення виробництва пропонується використовувати метод портфельного аналізу. Спочатку метод використовувався в аналізі цінних паперів. У сучасному значенні портфельний аналіз використовується для будь-якого об'єкту управління, який можна уявити як свого роду «портфель», тобто сукупність окремих елементів в одному цілому. В економічній літературі вже описані випадки застосування портфельного аналізу; він використовується як інструмент аналізу для інвестиційних портфельів підприємств - сукупності інвестиційних проектів, що часто носять альтернативний характер; в управлінні об'єднаннями підприємств, наприклад, холдингами. Сукупність матеріальних ресурсів, які споживаються у виробництві теж, на нашу думку, є портфелем. Портфель матеріальних ресурсів, на відміну від об'єктів, стосовно яких використовується портфельний аналіз, характеризується високою динамічністю, для кількісної оцінки якої може бути використаний коефіцієнт оборотності виробничих запасів.

За допомогою портфельного аналізу можна планувати, контролювати та при необхідності переглядати діяльність відділів матеріально-технічного забезпечення. Портфельний аналіз матеріальних ресурсів проводиться в сукупності з іншими методами, виявляє перспективи матеріального забезпечення виробництва, формування запасів певного рівня, здатних забезпечити безперебійне постачання процесу виробництва необхідними матеріалами, але при цьому не погіршити фінансові результати роботи підприємства, наприклад, не уповільнити швидкість оборотності оборотних коштів.

Економія на ресурсах може спричинити погіршення якості та конкурентоспроможності продукції, а створення наднормативних запасів – до відволікання обігових коштів та зниження ефективності їх використання, що негативно відбивається на кінцевих результатах діяльності.

Задача портфельного аналізу при розробці стратегії матеріального забезпечення виробництва полягає в пошуку і визначенні таких рішень, в результаті реалізації яких формуються виробничі запаси, що забезпечують синхронізацію процесу виробництва і його матеріального забезпечення, але при цьому не чинять негативного впливу на фінансову стійкість підприємства. Іншими словами, портфельний аналіз повинен забезпечити збалансованість двох напрямків політики підприємства з області матеріального забезпечення виробництва: підвищення надійності забезпечення виробництва необхідними видами сировини і матеріалів та зниження вартості утримання запасів. Ці напрямки суперечливі, ось чому цей баланс є одним з важелів стабільності роботи підприємства в ринкових умовах, збереження і нарощування його конкурентних переваг. У відповідності з видом портфоліо-матриць використовуються різні величини, які як стратегічно значущі фактори можуть включати до себе цілий ряд інших факторів впливу.

Технологія проведення портфельного аналізу передбачає об'єднання матеріалів в одне ціле - портфель і розгляд запасів за всіма видами сировини і матеріалів в комплексі. Портфельний аналіз це стислий опис позиціонування базових макетів стратегії забезпечення матеріалами у майбутньому, який опирається на стан розвитку ринку сировини та матеріалів, та можливість використання нових видів ресурсів у виробництві. Портфельний аналіз матеріальних ресурсів необхідний, в першу чергу, для перевірки пропорційності виробничих запасів, а також для перевірки їх збалансованості.

Пропорційність запасів означає відповідність обсягів запасів окремих видів сировини і матеріалів, визначених в днях запасу. При визначенні пропорційності запасів будується рядок пропорційності. Для цього рівень запасів одного з видів матеріалу приймається за одиницю, а для решти видів матеріалів визначається співвідношення обсягу їх запасів до обсягу запасу матеріалу, вибраного як еталон. Вибір матеріалу як еталон для побудови ряду має важливе значення, оскільки від нього залежить якість побудованого ряду пропорційності запасів; цей вибір може здійснюватися по різних критеріях, наприклад, ступінь важливості для процесу виробництва, терміни і вартість зберігання і т.д. Виробничі запаси підприємства можна вважати пропорційними, якщо всі елементи ряду дорівнюють одиниці або декілька її перевищують. Якщо в збудованому ряду пропорційності переважають елементи, чий значення нижчі або набагато вище за одиницю, то запаси підприємства слід визначити як непропорційні. Елементи ряду пропорційності запасів можуть мати різне значення: у побудованому ряду можуть бути присутні елементи, значення яких вище за одиницю; значення елементів можуть бути нижчими за одиницю (що далеко не завжди свідчить про неправильний вибір еталона розрахунків).

Причини непропорційності запасів можуть бути різними і, перш за все, викликані об'єктивними причинами, наприклад, великими інтервалами поставки продукції. Непропорційність запасів може бути також слідством неправильного менеджменту товарно-матеріальними запасами.

Порушення пропорційності запасів, незалежно від причин, що їх викликали, завжди негативно відбивається на результатах діяльності підприємств. Негативними наслідками можуть бути зупинка виробництва через брак певних видів сировини або матеріалів і, як наслідок, зрив термінів поставки продукції, збитки, штрафи і втрата клієнтів. Слід також відзначити, що заміна відсутнього виду матеріалів не завжди можлива або може спричинити за собою зниження якості продукції або не передбачається договором із замовником продукції.

Під збалансованістю запасів ми розуміємо наявність можливості за рахунок запасів кожного виду матеріалів, які використовуються для виготовлення одного і того ж виробу, забезпечити виробництво однакової кількості цих виробів.

Збалансованість запасів дозволяє визначити забезпеченість матеріалами виробництва виробів кожного найменування. При цьому, якщо один і той же матеріал використовується для виготовлення виробів декількох найменувань, то тоді перевірка збалансованості запасів проводиться по výroбах в певній послідовності, починаючи з виробу, найпріоритетнішого для підприємства, а кількість виробів, використовуване для перевірки збалансованості приймається виходячи з наявності матеріалу з найнижчим рівнем запасів.

Оцінка діяльності з матеріального забезпечення виробництва в двох напрямках: вивчення ринку сировини та матеріалів, у тому числі і нових їх видів, та власної номенклатури сировини та матеріалів. Для проведення портфельного аналізу розроблені спеціальні інструменти: двомірні матриці, які відрізняються підходом до оцінки цих характеристик. Так, в найбільш відомій матриці, запропонованій Бостонською консультативною групою, пропонується використання чотирьох базових альтернативних макетів стратегій забезпечення підприємства матеріальними ресурсами: проникнення на новий сировинний ринок, розвиток ринків, які вже освоєні, використання нових видів сировини та матеріалів та диверсифікація матеріального забезпечення. Інша відома матриця – GE/McKinsey – є багатофакторною, кожна з характеристик визначається в неї комплексом величин.

Портфельний аналіз забезпечення матеріальних ресурсів передбачає також розгляд цілого спектру питань, що стосуються системи матеріального забезпечення виробництва: придбання нових видів матеріалів або замість тих, що використовувалися, або у зв'язку з освоєнням нових видів продукції; зміцнення господарських зв'язків з постачальниками сировини і матеріалів; поступова відмова від послуг з поставок тих постачальників, які з яких-небудь причин не влаштовують підприємство; продаж запасів сировини і матеріалів, які з яких-небудь причин не можуть використовуватися на підприємстві; перерозподіл ресурсів (за умови їх взаємозамінності без збитку для якості продукції), що є в портфелі, в натуральній формі або вартісній формі, коли кошти, одержані від реалізації зайвих або непотрібних підприємству видів сировини і матеріалів використовуються на створення запасів інших видів сировини і матеріалів.

УДК 658.153.012.12

СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ КАПИТАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ

Котов А.Н.

(г. Харьков, Украина)

The article is devoted to the problems of strategy planning capital of the enterprise in accordance with the present requirements to the structure and organization of accounting in the market economy.

Анализ практики формирования и использования капитала отечественных корпораций показал, что недостаток финансовых ресурсов, излишние материальные активы, низкий качественный уровень производственного потенциала обуславливают возникновение негативных явлений, препятствующих развитию этих предприятий. Для решения указанных проблем недостаточно использовать механизмы реструктуризации, санации или переориентации производства, приводящие в основном к изменению формы собственности, разукрупнению предприятия, получению и неэффективному использованию инвестиций, выпуску неконкурентоспособной продукции. Наряду с этим необходимо совершенствование системы формирования капитала корпорации, ориентированной на адаптацию производственно-экономической структуры предприятия к рыночным изменениям хозяйствования.

Система формирования капитала АО – это совокупность увязанных, согласованных способов, методов и средств управления процессами формирования капитала, используемых органами управления корпорации. Комплексная система формирования капитала включает процесс разработки политики и стратегии формирования капитала, выбора принципов и критериев достижения целей, определения факторов, форм и методов влияния на процесс формирования капитала, создания организационной структуры для обеспечения планирования, поиска и привлечения инвестиционных ресурсов на приемлемых условиях, управления капиталом корпорации и организации эффективного контроля. Функционирование системы формирования капитала направлено на регулирование процессов привлечения и использования ресурсов АО и базируется на стратегии и политике формирования капитала.

Стратегия формирования капитала АО – это совокупность долговременных планов и установок относительно привлечения и использования ресурсов для достижения целей и миссии корпорации. Стратегия формирования капитала АО и включает в себя: определение целесообразности выбора того или иного инвестиционного проекта, ведения той или иной деятельности; определение критериев привлечения того или иного источника инвестиционных ресурсов для формирования капитала; анализ возможных источников на основе оценки их количественных и качественных характеристик; выбор источников, которые соответствуют выбранным критериям; определение оптимальной или целевой структуры капитала АО. В составе компонентов системы управления АО элементы системы формирования капитала занимают определённое место, что определяет специфику процесса формирования капитала корпорации.

Процесс формирования капитала АО начинается с разработки модели формирования капитала АО. Суть этой модели заключается в следующем. На основании изучения потребностей (спроса) рынка определяется бизнес-идея, в виде экономической политики и стратегии АО. На основании выбранной стратегии оценивается потенциал корпорации, т.е. определяются возможности производства, персонала, менеджмента и маркетинга. После этого оценивается предпринимательский потенциал, т.е. возможности основных фондов, финансовые, трудовые и интеллектуальные возможности. После чего разрабатывается целевой бизнес-план, в котором планируются и рассчитываются необходимые ресурсы для авансирования и инвестирования при формировании

капитала. И в заключение, разрабатывается план поиска, выбора, обоснования и привлечения источников формирования капитала АО.

На стадии стратегического целеполагания (планирования) осуществляется выбор целей формирования капитала на основе приоритетов инвестиционной деятельности. Приоритеты инвестиционной деятельности определяются, как для инвестирования в собственный оборот, так и для инвестирования других субъектов предпринимательской деятельности.

Процесс формирования капитала АО предполагает поиск, накапливание и вложение в оборот в определённый момент времени инвестиционных ресурсов оптимальной (целевой) структуры, на приемлемых условиях, при минимальном (допустимом) риске, в количестве необходимом и достаточном для получения максимальной прибыли, достижения миссии и целей корпорации. При этом под приемлемыми условиями понимается: приемлемая стоимость инвестиционных ресурсов, время, на которое возможно их привлечение, периодичность поступления и т.п.

На основании установленных целей осуществляется разработка стратегии формирования капитала. Процесс стратегического планирования формирования капитала начинается с определения потребности в инвестиционных ресурсах. Потребность в инвестиционных ресурсах рассчитывается исходя из портфеля инвестиционных проектов. На этапе формирования портфеля инвестиционных проектов финансовый отдел рассматривает два основных аспекта: определение совокупности необходимых и (или) потенциально возможных для реализации инвестиционных проектов, ранжирование инвестиционных проектов по возможности, срокам и рискам реализации.

Основными процедурами на стадии планирования инвестиционного портфеля являются: исследование рынка и идентификация возможных проектов, экономическая оценка, выбор вариантов в условиях различных ограничений (временных, ресурсных, имеющих экономическую и социальную природу), формирование инвестиционного портфеля по приоритетности исполнения проектов.

Результатом процесса формирования инвестиционного портфеля является составленный по приоритетности внедрения перечень инвестиционных проектов с расшифровкой особенностей (потребность в инвестиционных ресурсах для реализации проекта, сроки реализации проекта, возможный экономический эффект от реализации проекта, характер организационно-экономических и технико-технологических преобразований и т.д.) по каждому проекту в отдельности.

Следующим этапом разработки стратегии формирования капитала является **определение доступных** источников инвестиционных ресурсов и способов их привлечения. На основании данных анализа внешней среды хозяйствования корпорации, финансовой службой составляется перечень потенциально доступных источников формирования капитала, потенциал этих источников, стоимость привлечения и использования инвестиционных ресурсов, возможные ограничения на использование привлекаемых ресурсов, примерный график поступления средств по каждому из возможных источников с указанием способа привлечения. Итоговым документом на данном этапе является примерный график потенциально возможного поступления инвестиционных ресурсов с расшифровкой особенностей по каждому источнику капитала. В процессе анализа среды хозяйствования график возможного поступления ресурсов корректируется в соответствии с изменениями внешнего окружения и внутренней среды корпорации.

Процесс разработки стратегии формирования капитала АО завершается разработкой плана рационального распределения ресурсов по отдельным составляющим общей стратегии корпорации. Процесс составления данного плана включает в себя разработку двух целевых направлений распределения ресурсов корпорации: разработка инвестиционной политики; разработка политики распределения результатов использования капитала. Разработка инвестиционной политики предполагает: формулирование долгосрочных целей ее деятельности; поиск новых перспективных сфер приложения свободного капитала; разработку инженерно-технологических, маркетинговых и финансовых прогнозов; оценку альтернативных проектов; оценку последствий реализации предшествующих проектов. Инвестиционная политика включает в себя политику финансирования основных средств, политику финансирования нематериальных активов, политику в области управления оборотными средствами.

Разработка представленных составных частей инвестиционной политики опирается на определение оптимального соотношения доходности и степени производственного и финансового рисков. Для каждой корпорации данное соотношение определяется исходя из условий хозяйствования, положения на рынке и мотивов и интересов участников.

Целевой установкой политики управления оборотным капиталом является определение объёма и структуры оборотных активов, источников их покрытия и соотношения между ними, достаточного для обеспечения эффективной производственной и финансовой деятельности АО. Таким образом, политика управления оборотным капиталом должна обеспечить достижение компромисса между риском потери ликвидности и эффективностью хозяйствования корпорации. Это сводится к решению двух главных задач: обеспечение платежеспособности корпорации; обеспечение приемлемого объёма, структуры и рентабельности капитала корпорации. Разработка политики распределения результатов использования капитала тесно связано с инвестиционной политикой корпорации и включает в себя разработку дивидендной политики, разработку политики мотивации труда, разработку политики финансирования социальных программ. Дивидендная политика, как и управление структурой капитала, оказывает существенное влияние на положение корпорации на рынке, в частности на динамику цены её акций, т.е. на инвестиционную привлекательность. Разработка обоснованной дивидендной политики важна потому, что своевременность и величина выплаты дивидендов характеризует способность корпорации получать доход. Дивиденды служат основой определения цены акций и

являются важнейшим компонентом определения эффективности вложений в ценные бумаги.

Разработка политики мотивации труда осуществляется с целью создания условий для роста производительности труда. Для этого необходимо разрабатывать прогрессивные системы оплаты труда, создавать системы участия трудового коллектива в прибыли, способствовать улучшению социального климата внутри корпорации. Политика корпорации в области финансирования социальных программ представляет собой план отчислений средств на социальные нужды региона и государства в целом. Осуществление ресурсной поддержки региональных и государственных социальных и экологических программ за счет средств корпорации благоприятно воздействует на её имидж, формирует положительное отношение жителей региона и государственных органов управления.

После завершения стадии стратегического планирования осуществляется переход на стадию реализации стратегии формирования капитала АО. В настоящих условиях хозяйствования отечественных предприятий наряду со стратегическими изменениями важной задачей, которую необходимо решать руководству на данной стадии, является формирование и мобилизация всех видов ресурсов, необходимых для выполнения миссии предприятия. Процесс достижения стратегических целей, принятых предприятием, требует наличия определённой совокупности стратегических ресурсов, которые имеют решающее значение для успеха хозяйственной деятельности АО.

В целом, совокупность стратегических ресурсов представляет собой стратегический потенциал, который определяет возможности и ограничения функционирования предприятия в определённых условиях. Формирование стратегического потенциала предприятия должно соответствовать процессу осуществления стратегии формирования капитала. Следует отметить, что в процессе развития предприятия на каждом из направлений стратегических преобразований, характерных для современных условий хозяйствования (выход из кризиса, стабилизация, рост), характер процессов формирования капитала имеет некоторые отличительные особенности. Сущность данных различий проявляется в выборе источников формирования капитала, допустимых условий привлечения инвестиционных ресурсов, сроков привлечения и ограничений на использование этих ресурсов, т.е. в выборе источников и способов формирования капитала.

Ключевая роль в реализации стратегии принадлежит исполнительному органу корпорации – совету директоров. Выполнение стратегии предполагает проведение стратегических изменений и мобилизацию потенциала предприятия на осуществление принятой стратегии. Эти две весьма сложные задачи требуют от руководства не только ясного представления о направлении движения корпорации, но и умения управлять ею.

Завершающим этапом процесса формирования капитала является контроль процессов формирования и использования капитала. Главная задача системы контроля – это уяснение возможностей системы формирования капитала по достижению поставленных целей. Система контроля состоит из следующих подсистем: показателей контроля, измерения и отслеживания параметров контроля, сравнения и оценки результатов деятельности корпорации, корректировки.

Разработка стратегии формирования капитала корпорации должна осуществляться советом директоров и привлечением с активным участием экономических служб. Роль наблюдательного совета должна состоять в контроле достижения стратегических целей и удержании приоритетов деятельности корпорации, в создании принципов распределения ресурсов, в создании условий для достижения баланса интересов влиятельных групп участников, в осуществлении стратегического контроля. В круг задач правления должно входить обоснование политики, той или иной стратегии и тактики формирования капитала корпорации, а также осуществление оперативного контроля.

В зависимости от выбранной стратегии, финансово-экономического состояния, конкурентного положения корпорации на рынке, способов и источников формирования капитала выбирается соответствующий тип системы формирования капитала: кризисный, смешанный, экстенсивный (нормальный) или интенсивный (инновационный). Таким образом, применение представленных принципов разработки и реализации стратегии (системы) формирования капитала корпорации позволит существенно повысить эффективность системы планирования и обеспечения хозяйственной деятельности, и, следовательно, эффективность использования капитала АО. Одной из наиболее сложных функций системы формирования капитала является поиск источников инвестиционных ресурсов, обоснование выбора того или иного источника и способа формирования капитала в условиях дефицита финансовых ресурсов.

УДК 339

ОЦІНКА ВАРТОСТІ ПІДПРИЄМСТВА В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ЙОГО РОЗВИТКОМ

Писарчук О.В.

(м. Харків, Україна)

The set not financial factors, which importances can be used for determination of the directions of the development is considered. The Accent on particularity of the structure of the cost estimation of the enterprise is made. The base of the direction of the reinforcement of the potential of the development are determined.

В сучасних умовах економічного розвитку актуального значення набувають питання оцінки вартості підприємства. Необхідність проведення достовірної оцінки вартості підприємства виникає не лише під час придбання або продажу бізнесу, але є важливою структурною складовою в процесі управління розвитком підприємства. Питання пов'язані з розвитком підприємства та з системою управління розвитком досліджується в роботах багатьох науковців,

як зарубіжних Л. фон Бергаланфі, А.Холла, У.Гослінга, К. Уолта, так і вітчизняних, А.И. Клевліна, Н.К. Моїсєєва, В.С.Пономаренка, А.П. Градова, В.В. Мильника, та інших.

Можна виділити наступні новітні тенденції в управлінні виробництвом та напрямках розвитку підприємств, спираючись на аналіз іноземних компаній [1]:

- перебудова на сучасній технологічній та інформаційній основі;
- перенесення закономірностей та принципів ринкового господарства у внутрішню діяльність підприємства;
- організація роботи з реалізації проектів та програм базуючись на комплексних командах;
- використання результатів попередніх змін з огляду на умови;
- пристосування методів діяльності компаній, які працюють в декількох країнах до умов власної діяльності;
- велика кількість форм горизонтального об'єднання для вирішення спільних задач;

Динамізм функціонування підприємства обумовлюється особливостями середовища, яке постійно змінюється і інтенсивність змін зростає швидкими темпами, все це вимагає негайної адекватної реакції на зміни, а також упереджених дій. Таким чином, на думку автора, можна виділити основні риси, які повинні бути притаманні підприємству для створення можливостей його існування та успішного розвитку, це значна гнучкість, переважне використання команд, акцент на індивідуума, висока внутрішня конкурентноздатність, устремління до диверсифікації.

Значна гнучкість підприємства розглядається як можливість адаптації до зовнішніх змін, їх впровадження, так і можливість приймати зміни. Значною мірою зміни торкаються основних елементів підприємства – його структури, процесів, методів, тому успіх, перш за все залежить від темпів розвитку техніки і технології. При цьому, використання певних засобів оцінки діяльності та послідовне експериментування стануть частиною системи.

Часткою організаційної культури стає гнучкість. У разі, коли індивідууми підтримують цінність гнучкої організації, можливим стає оперативне реагування на побажання клієнтів та швидка адаптація до змін. Крім того, існує тенденція участі робітників у вирішенні внутрішніх проблем підприємства. Для досягнення значного рівня підготовки і професіоналізму робітників за для вирішення поточних та перспективних задач, необхідно управляти процесом розвитку персоналу, це призведе до зростання виробітку та збільшення прибутковості підприємства в майбутньому. Крім того, для підприємства з гнучкою організацією характерним є створення груп, в яких здійснюється самоуправління, для вирішення певного кола проблем, а зі зміною проблеми, проходить переформування групи, з урахуванням здібностей її членів. Високий рівень внутрішньої конкурентноздатності базується на знаннях та досвіді робітників. Здібність адаптуватися до потреб клієнтів та надавати їм інноваційні послуги – організаційні, технологічні або структурні, стає одним з головних конкурентних якостей.

При оцінці ефективності діяльності підприємства, його організаційного рівня, та якості управління не фінансові показники, як то оцінка інтелектуального капіталу, задоволеність покупців, технічний рівень робочих місць, виявляються кращими індикаторами, ніж поточні фінансові.

Сукупність ресурсів підприємства: активів, людських ресурсів, організаційної культури, а також якості та ефективності їх використання визначають конкурентні переваги. Трансформація цих переваг в довгострокове прибуткове зростання залежить від двох факторів [2,с.324]: сталість конкурентних переваг та переваги у призначенні вартості. В сучасних умовах важко постійно утримувати конкурентні переваги, особливо за умов не високих бар'єрів для входу на ринок, оскільки конкуренти швидко гасять ці переваги. Динамічні зміни призводять до того, що конкуренти відтворюють найновітню та найскладну продукцію вже через декілька тижнів після її появи на ринку. Під фактором призначення вартості мається на увазі, що оцінка вартості необхідна не тільки акціонерам або при купівлі-продажі підприємства.

В сучасну інформаційну епоху вартість підприємства, яка відображається в фінансовій звітності, а це переважно лише матеріальні активи, тобто обладнання, будівлі та споруди, земля, фінансові кошти та інше, складає лише малу частину вартості підприємства. Наприклад, для підприємств, що входять до 20-ти найбільших компаній світу, балансова вартість складає біля 6 – 8 % від ринкової вартості, а для бізнес-організацій, що входять до списку 500 кращих компаній журналу Fortune цей показник складає 12 – 15 %. Значна кількість показників, які відображають надійність основних бізнес-процесів, що необхідні для формування цінностей покупця та вартості ресурсів для акціонера, не відображаються в звітності, але вони є обов'язковою складовою при розрахунку та оцінці вартості підприємства. Такі активи групуються наступним чином [2, с 325].

Технологічні активи включають власну технологію у формі патентів, авторських прав, свідоцтв, виробничих секретів, спеціальних ноу-хау.

Стратегічні активи. Це права, які надають перевагу та обмежують конкуренцію, як то ліцензії, природні монополії.

Репутаційні активи. Це широке коло активів, до якого входять назва підприємства та його торгіві марки, репутація товарів і послуг, відносини з підприємствами, що поставляють продукцію та покупцями, з державою, з суспільством, загальні відгуки про діяльність та принципи співпраці.

Людські ресурси. Окрім загальноприйнятих вимог щодо професіоналізму, працездатності, вмінь та навичок особливої уваги в сучасному суспільстві набуває здібності та постійна готовність до співробітників підприємства до адаптації к змінним умовам.

Організація і культура. Цінності та соціальні норми, які прийняті на підприємстві, та сприяють формуванню лояльності співробітників.

Згідно з П. Дойлем торгівельна марка виступає в якості своєрідної гарантії отримання додаткових вигод, які відсутні у товарів підприємств-конкурентів, і є основним репутаційним активом. Окрім загальновизнаних тенденцій, які існують у сучасному інформаційному суспільстві, треба виділити зміни в ресурсах підприємств, а саме, необхідність оптимізації використання капіталу призводить до його зменшення; збільшення кваліфікованих кадрів, в тому числі за

рахунок використання підрядного способу; використання нетрадиційних джерел робочої сили; поява поняття “дефіцитний ресурс” породжує зростання вимог щодо скорочення витрат цього ресурсу.

Все більшого значення набувають відносини між поставниками та споживачами в рамках структур співпраці. Крім того, змінюється ставлення до такого ресурсу, як час. Час являє собою обмежений ресурс, а в співвідношенні з діяльністю найбільш талановитих співробітників набуває найважливішого значення в майбутньому. Всі ці перелічені показники ураховуються при проведенні оцінки вартості підприємства, де визначається як їх якісний склад, так і дається кількісна оцінка.

Висновки. Із зазначеного можна визначити, що в процесі управління розвитком підприємства значна частина змін, які впроваджуються або рекомендуються до впровадження за для досягнення поставленої оперативної та стратегічної мети, торкається таких напрямків діяльності, які безпосередньо не висвітлюються в фінансовій звітності. Саме результат оцінки таких активів визначає ринкову вартість підприємства, потенціал його існування та можливість розвитку, крім того, аналізуючи висновки цієї оцінки, варто оперативно коригувати поточні напрямки та шляхи подальшого розвитку.

Література

1. Мильнер Б.З. Теория организации: Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2000. 480 с
2. Клевлин А.И., Моисеев Н.К. Организация органичного производства (теория и практика): Учебное пособие. – М.: Омега-Л, 2003. – 360 с.
3. Доль П. Маркетинг, ориентированный на стоимость / Пер. с англ. Под ред. Ю.Н. Каптуревского. Серия «Маркетинг для профессионалов» – СПб.: 2001. – 480 с.

УДК 339.5

РЕСУРСНЕ ОБГРУНТУВАННЯ МАРКЕТИНГОВОЇ СТРАТЕГІЇ ЗОВНІШНЬОЕКОНОМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

Ткаченко О.В.

(г. Харьков, Україна)

The Methodical approach to separation resource and estimation to efficiency to international marketing strategy is offered. Sinergeticheskij effect from leaving the enterprise on new goods market is measured. The set of the directions of the expansion to foreign economic activity of the enterprise is optimized. The Sequence of the development to international marketing strategy is installed.

Ефективна взаємодія економіки України зі світовим господарством можлива лише за умови створення в країні високорозвиненого експортного комплексу, структурні й функціональні характеристики якого повинні визначатися в контексті основних тенденцій розвитку сучасного міжнародного бізнесу, стратегічних ресурсів розвитку країни та її національних інтересів. Разом з тим, необхідно забезпечити можливість адаптації національних підприємств, які діють на глобальних ринках, до мінливих умов міжнародного маркетингового середовища шляхом вибору відповідних напрямків діяльності, які забезпечать досягнення поставлених цілей навіть у випадках виникнення негативних факторів і непередбачених обставин. Основна мета стратегічного управління полягає в забезпеченні підприємству тривалого перебування на міжнародному ринку. Передумовою цьому служать стабільні конкурентні переваги, одержати які можна, забезпечивши високу ефективність господарської діяльності підприємства, достатній рівень фінансової стійкості, раціональний розподіл релевантних ресурсів й оптимальне формування маркетингової стратегії.

Дані фактори будуть визначати динаміку розвитку підприємства. При цьому, звичайно виділяють чотири напрямки розвитку зовнішньоекономічних можливостей для підприємства: глибоке впровадження на ринок, розширення меж ринку, розробка нового продукту й диверсифікація діяльності. Кожний з зазначених напрямків може бути застосований підприємством на кожному обраному цільовому закордонному ринку. Водночас, у рамках виділених напрямків можливі різні форми реалізації ринкових можливостей, що істотно відрізняються ступенем радикальності змін, внесених у діяльність підприємства і його взаємини зі споживачами. Також необхідно враховувати обмеження, що накладаються наявними на підприємстві ресурсами, його потенціалом, рівнем розвитку традиційних для підприємства сегментів ринку.

У даному випадку, вибір пріоритетів на користь присутності підприємства на зовнішньому ринку, може викликати перебої в роботі на національному (базовому) ринку. Аналогічне ухвалення рішення про розширення ЗЕД за допомогою кожного з означених напрямків може привести до скорочення чи зросту рівня ризику для вже сформованої зовнішньоекономічної діяльності. Дане положення обумовлює необхідність ранжирування обраних закордонних ринків й формування оптимального набору відповідних стратегічних зон господарювання (СЗГ).

Отже, при формуванні маркетингової стратегії ЗЕД важливе значення має процедура кількісної перевірки її реалістичності й забезпеченості відповідними матеріальними, трудовими й іншими ресурсами. Для цього звичайно виділяють дуже обмежену кількість дійсно критичних, можливо навіть, дефіцитних ресурсів, одержання яких сполучено зі значними витратами коштів або часу. Ці ресурси можуть бути згруповані для рішення якої-небудь конкретної задачі, а можуть бути суттєво деталізовані. Задачею оцінки потреби в ресурсах на етапі стратегічного планування є не точний розрахунок необхідної потреби, а загальна оцінка наявності релевантних ресурсів та їх впливу на розроблювальні плани. Вона повинна бути швидкою й досить точною, дозволяючи тим

самим оперативно розробляти різні альтернативні стратегії. Водночас, під час ресурсного обґрунтування маркетингової стратегії слід враховувати не індивідуальні, а загальні цілі присутності підприємства на обраних цілових ринках. При цьому передбачається першочергова ресурсна підтримка найбільш пріоритетних напрямків міжнародної діяльності з достаточним фінансуванням присутності на менш привабливих ринках. Розподіл ресурсів, в свою чергу, слід засновувати на стратегіях росту для ринків, діяльність на яких слід розширяти, стратегіях захисту – коли присутність на ринку слід укріпити за допомогою ресурсної бази інших ринків, стратегіях репозиціонування та стратегіях виключення ресурсів.

Таким чином, міжнародна маркетингова стратегія формується на підставі поточних та майбутніх складових товарно-ринкового портфелю підприємства, операційної місії й портфелю корпоративних ресурсів. Ресурсна відповідність означених елементів може бути досягнута шляхом визначенням найкращих співвідношень ресурсів й стратегічних альтернатив. При цьому необхідно з'ясувати наявність у підприємства відповідної ресурсної підтримки для проведення стратегії; визначити, наскільки ефективно поточна стратегія дозволяє використати наявні релевантні ресурси та акумулювати їх для використання у майбутніх періодах. Водночас необхідно проаналізувати співвідношення між стратегічними елементами й оцінити варіанти їх сполучення за для пошуку такого комплексу, який дозволить ефективно використовувати й акумулювати релевантні ресурси. Деякі варіанти сполучення дозволять домогтися підвищення результатів діяльності підприємства, інші – ні. Оптимальний комплекс стратегічних елементів забезпечить появу комбінаторних переваг.

Отже, перед ухваленням рішення про розробку міжнародної маркетингової стратегії необхідно визначити можливості для акумуляції відповідних ресурсів, перевірити наявність не задіяних ресурсів та встановити мінімальну межу своїх можливостей. Хоча навіть при цьому підприємство може не досягти поставлених стратегічних цілей у силу неефективного застосування ресурсів. Умовами результативного застосування ресурсів є їхнє повне використання, реалізація всього закладеного в них потенціалу й наявність відповідних технологій. Завдання повного розкриття потенціалу кожного ресурсу є значно більш складним, ніж повне їхнє використання. Якщо підприємство неправильно оцінює потенціал існуючих ресурсів, то стратегія, покликана його реалізувати, одержить недостатню ресурсну підтримку.

Таким чином, при здійсненні ЗЕД, підприємство повинне працювати тільки з тими ресурсами, якими воно володіє в поточний момент. Не менш важливим є ефективна, швидка й вчасна акумуляція ресурсів, коли нові ресурси накопичуються при низьких витратах. При цьому можливі два варіанти, коли або нові ресурси створюються на період певної стратегії, або вони переходять із однієї стратегії в наступну. У кожному випадку попит та пропозиція ресурсів усередині підприємства повинні дуже чітко сполучатися як за рівнем, так і за часом. Коли прибуток, що генерується зрілими товарами, використовується для розробки нових зразків товарів, то ресурси, експлуатовані підприємством в одній з областей діяльності, стають базою виходу на нові ринки.

Саме це обумовлює основну ціль використання синергетичних ефектів при ресурсному обґрунтуванні міжнародної маркетингової стратегії. Вона полягає в досягненні такого стану, коли ресурси, які акумулюються в одній функціональній області підприємства, використовуються одночасно й без яких-небудь додаткових витрат іншими його функціональними областями, а паралельне існування різних сфер діяльності дозволяє підприємству витягати вигоди з сильних сторін кожної з них. У випадку досягнення означеної відповідності ресурсів й стратегії підприємство одержує можливість скористатися комбінаторними вигодами, як у використанні ресурсів, так й у їхній акумуляції. Комбінаторні переваги – результат ефективно й продуктивно використовуваних та акумульованих ресурсів, які складають портфель стратегічних елементів підприємства.

Правильна комбінація товарно-ринкових сегментів або елементів маркетинг-міксу створює різноманітні вигоди, взаємозалежні з ресурсами підприємства. Якщо підприємство може використати один ресурс більш ніж в одному сегменті ринку, виникає комбінаторна перевага. Ресурси, необхідні для одного товару, як правило, можуть знизити потребу в ресурсах, які акумулюються для іншого товару (або у теперішній час, або у майбутньому). Крім того, комбінаторні переваги виникають у тих випадках, коли операції, які здійснюються в одній з областей маркетингової діяльності, дозволяють створювати ресурси, які можуть використатися в інших областях. Підприємство може сполучати стратегічні елементи різними шляхами: у товарах, на ринках, в елементах місії або в поточних й майбутніх стратегіях.

У випадку досягнення синергетичного ефекту, підприємство, яке оперує на декількох міжнародних ринках, може бути відносно впевнене в тому, що загальний рівень необхідних ресурсів залишиться на більш-менш стабільному рівні. При коливанні обсягів продажу на кожному окремому ринку загальні флуктуації на їх сукупності буде зменшено до мінімуму.

При використанні різними ринками одного й того ж релевантного ресурсу кожний із ринків використовує той потенціал ресурсу, який залишається не використаним іншими ринками. Тим самим повністю розкривається потенціал ресурсу й максимальна його експлуатація. Отже, суть комплементарного ефекту полягає в тому, щоб сприяти співіснуванню двох прямо незв'язаних елементів стратегії за рахунок використання того самого матеріального або фінансового активу.

Також при здійсненні ЗЕД слід враховувати те, що із часом обсяг і склад ресурсів, що акумулюються, змінюються. Це вимагає внесення коректив у маркетингову стратегію, забезпечивши гармонічну відповідність поточної й майбутньої стратегії. Поточна стратегія повинна створити досить ресурсів для здійснення майбутньої стратегії, яка потім ефективно їх використає. Таким чином виникає динамічна комбінаторна перевага, заснована на сполученні двох стратегій у різні проміжки часу.

УДК658:331.108

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ПЕРСОНАЛА НА ПРЕДПРИЯТИИ

Савченко Н.Н.

(г. Харьков, Украина)

Possible approaches are considered with position of the system approach to improvement of preparation production and increasing to efficiency of the use the personnel enterprise with scientifically based product.

Оценка персонала, повышение эффективности использования его творческого потенциала – это целенаправленный процесс установления соответствия деловых и личных качеств сотрудника предприятия требованиям должности или рабочего места. В настоящее время вопросам совершенствования работы кадровых служб в Украине и за рубежом уделяется внимание десятков научно-исследовательских организаций и профессиональных ассоциаций по проблемам управления персоналом [1-4].

Структурные изменения в современном обществе, научно-техническое развитие, демографические сдвиги предъявляют новые требования к системе школьного, профессионально-технического и высшего образования, организации непрерывного образования для работающего персонала. Новые технологии предполагают наличие не только профессиональной квалификации, но и социальной компетенции, гражданской ответственности, умения видеть взаимосвязи, творчески мыслить, умения с системных позиций оценить направления повышения эффективности использования потенциала сотрудников. Следует также учесть, что, если до начала второй промышленной революции (конец XIX века) определяющей была стадия изготовления, то в дальнейшем, и особенно в настоящее время, главенствующую роль стала играть стадия проектирования. Для все возрастающего числа технических сложных, наукоемких систем именно она определяет длительность цикла удовлетворения потребности общества, затрат на его проведение, а также меру удовлетворения потребности, которую принято определять через показатель качества технической системы. Последнее особенно важно, так как качество технических систем закладывается при проектировании и на последующих стадиях его можно только сохранить, но никак не увеличить.

Поэтому становится понятно то беспокойство, которое вызывают негативные тенденции, наметившиеся у нас в стране в сфере проектирования. Главная из них – это снижение в течение последних 10-15 лет качества создаваемых проектов, в сравнении с лучшими мировыми образцами, ухудшение мотивации изобретателей и рационализаторов.

В связи с этим промышленные предприятия в новых условиях должны рассматривать затраты на повышение квалификации своего персонала не как формальную процедуру, а как инвестиции в основной капитал, которые позволяют наиболее эффективно использовать современные технологии обучения. В условиях, когда, с одной стороны, промышленность испытывает острый недостаток в квалифицированных работниках и, с другой стороны, увеличивается армия неквалифицированных безработных, профессиональное обучение – единственный путь к трудоустройству, ликвидации неравенства женщин и мужчин в условиях труда, обеспечения неполной занятости женщин, совмещающих работу с семейными обязанностями. Дополнительные функции переподготовки кадров призвана взять на себя высшая школа. Масштабы охвата населения непрерывным образованием зависят от того, насколько широко будут задействованы современные средства коммуникации и массовой информации, разработчики учебных программ, сами пользователи.

В связи с новыми задачами организаций по профессиональному обучению, повышением требований к их работникам ставится задача непрерывного образования персонала, занимающегося профессиональной подготовкой, переподготовкой и повышением квалификации кадров. Заслуживает внимания информация о французских курсах повышения квалификации для лиц, занятых в системе непрерывного профессионального образования [2]. Работа курсов построена так, чтобы не отрывать слушателей от их трудовой деятельности: срок обучения на них – от двух-трех дней до более длительного времени, распределенного равномерно на несколько месяцев. Власти оказывают курсам финансовую поддержку. В некоторых случаях слушатели обучаются бесплатно. В зависимости от целей обучения такие курсы можно разделить на четыре категории:

- имеющие педагогическую направленность, ставящие целью изучение проблемы взаимоотношений обучающий – учащийся;
- юридической и организационной направленности;
- для занятых в сфере профессиональной ориентации;
- направленные на развитие профессиональных способностей обучающегося, на его самосовершенствование, разработку профессиональных планов.

Кроме краткосрочных курсов во многих промышленно развитых странах открываются высшие учебные заведения по подготовке специалистов в области организации непрерывной профессиональной подготовки для взрослых. Так, во Франции еще в 1980 г. в Парижском университете открыт факультет и утвержден диплом по специальности "Организация и управление профессиональной подготовкой взрослых".

Учитывая процесс создания единого внутреннего рынка стран ЕС, подготовка осуществляется по годовому курсу с присвоением квалификации «ответственный за профессиональную подготовку и консультант» и двухгодичному курсу с присвоением квалификации «европейский эксперт в области профессиональной подготовки».

Прогнозируя отдельные аспекты инженерной деятельности в начале XXI в., исследователи [1-4] полагают,

что:

- а) расширится международное сотрудничество инженерных работников, их совместное участие в осуществлении проектов не только в европейских странах, но и на других континентах, вплоть до создания «виртуальных» производств;
- б) интенсифицируется международное сотрудничество в области подготовки инженеров (обмен студентами и преподавателями технических вузов, разработка унифицированных учебных программ);
- в) повысится уровень гуманитаризации инженерных профессий благодаря внесению соответствующих изменений в учебные программы как вузов, так и систем переподготовки и повышения квалификации инженерных работников;
- г) инженеры будут принимать все более активное участие в решении не только технических, но и связанных с этим экономических, экологических, этических, эстетических и прочих задач;
- д) увеличится доля женщин среди инженеров.

В преддверии образования единого внутреннего рынка стран ЕС встает вопрос унификации их систем высшего образования.

Исследователи и практики отмечают первый аспект: не следует сравнивать высшее образование разных стран без учета продолжительности предшествующего периода обучения (например, 13-14 лет в Италии, ФРГ, Нидерландах, Великобритании; в среднем 12 лет в Испании, Франции, Ирландии, Португалии и т. д.).

Другой аспект, который необходимо учитывать, – условия приема в вузы. Во Франции, Греции, Португалии абитуриенты проходят строгий конкурсный отбор, в других же странах система более либеральна, а отбор происходит в процессе обучения. Так, в ФРГ за два года обучения отсеивается 30 % учащихся, в Нидерландах – 40, в Италии – 50, в Испании – 60-65 % [2].

Третий аспект – продолжительность учебного курса в течение академического года: она варьируется от 900-1100 часов в высших инженерных школах во Франции и Испании до 500-700 часов в других странах ЕС.

При сравнении высшего образования разных стран необходимо учитывать также педагогические принципы обучения: то ли это жесткая, структурированная система, не позволяющая студенту изменить минимальную продолжительность обучения, то ли, наоборот, студенту предоставляется право путем более интенсивных занятий сократить (или же продлить при необходимости) продолжительность обучения. Следует также принимать во внимание соотношение лекций и практических занятий в процессе обучения и обязательность прохождения производственной практики. Существуют два вида дипломов, выдаваемых в разных странах ЕС в зависимости от продолжительности обучения и вида профессиональной деятельности. Дипломы первого вида соответствуют трехлетнему обучению, предполагают приобретение знаний по базовым дисциплинам (математике, физике и т. д.) и хорошую технологическую подготовку, направленную на "конкретное" производство. Обладатель такого диплома должен быть готов взять на себя ответственность за руководство производственным цехом (участком). Диплом второго вида соответствует пяти–шестилетнему обучению с большей академической направленностью, предполагает способность к анализу и пониманию сложных систем, владению методом абстрактного анализа.

Следует с большим пониманием относиться к тому, что в сфере материального производства возросла сложность труда, сократился разрыв в уровне образования неквалифицированных и квалифицированных работников. На наш взгляд, некоторые подходы к выбору стратегии повышения квалификации персонала могут быть получены с учетом оценки критерия отношения прибыли к длительности периода $\frac{\Delta\Pi}{\Delta T}$.

В общем случае можно эффективность конкретного работника оценить как отношение прибыли предприятия к эффективно используемому времени: $k = \frac{\Pi}{T}$

Прологарифмируем зависимость $k = \frac{\Pi}{T}$:

$$\ln k = \ln \Pi - \ln T,$$

а затем продифференцируем, учитывая, что величина прибыли зависит от времени. Тогда:

$$\frac{dk}{k} = \frac{d\Pi}{\Pi} - \frac{dT}{T}$$

Заменив дифференциалы приращениями и учитывая, что трудоемкость новых решений меньше базовых, до повышения квалификации персонала, и изменяя знак слагаемого в выражении, получим:

$$\frac{\Delta k}{k} = \frac{\Delta \Pi}{\Pi} + \frac{\Delta T}{T},$$

$$\text{или } \Delta k = \frac{\Delta \Pi}{T} + \frac{\Pi \cdot \Delta T}{T^2}$$

Таким образом, увеличение длительности обучения персонала (как и времени подготовки производства) снижает ожидаемую эффективность мероприятий по повышению прибыльности предприятия. Это изменение носит гиперболический характер, что во многих случаях свидетельствует о необходимости повышения роли краткосрочных методов подготовки, рационального выбора времени их проведения.

Именно эти подходы и могут представлять определенный интерес для управления подготовкой кадров, в особенности на предприятиях с аритмичным циклом производства наукоемкой продукции, свидетельствуя о преимуществах создания гибкой системы повышения квалификации кадров. Ее особенностью следует считать предпочтительность создания непрерывной системы повышения квалификации «университет – предприятие», ориентированной на минимальный отрыв работников от производства, более широкое привлечение университетов к разработке тренинговых программ обучения, проведения занятий непосредственно в условиях предприятия.

Литература

1. Гриньова В.М. та інш. Управління персоналом на промислових підприємствах. Збірник наукових праць. Вип. 143. – Дніпропетровськ: ДНУ, 2002. с. 131-134
2. Щекин Г. Организация и психология управления персоналом. –К.: МАУА, 2002. –832 с.
3. Новикова М.Н., Балюк О.Г. Исследование причин безработицы и ее влияния на продуктивную занятость населения. Збірник наукових праць. Вип. 143. – Дніпропетровськ: ДНУ, 2002. с.39-43
4. Кабушкин Н.И. Основы менеджмента. – Минск: «Новое знание», 2000. –236 с.

УДК 621.7.044

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Савченко Н.Ф., канд. тех. наук, Гришко Н.М.

(г. Харьков, Украина)

Some features intensification of sheet punching of details of the complex(difficult) form are considered and the criteria of a choice of pulse technological processes are certain(determined).

Проблема изготовления крупногабаритных изделий, изготавливаемых цельноштампованными или составными в виде лепестков, обуславливает необходимость поиска энергоемких и безопасных технологий, интегрированных в существующие технологические системы.

При этом важнейшими задачами, стоящими перед технологией машиностроения, являются снижение веса изделий, улучшение их эксплуатационных и прочностных свойств, устранение доводочных работ, постепенное снижение доли малопроизводительных технологических процессов, таких, как выколотка, обкатка, штамповка на падающих молотах (или на прессах) заготовок и последующая их сборка в специальных приспособлениях.

Особенно трудоемко, как отмечают исследователи [1-3], получение крупногабаритных деталей (размерами более 1 м) и с малой относительной толщиной (или большой гибкостью, определяемой отношением ее диаметра или условного размера к толщине $\lambda > 100 \dots 200$). Еще более возрастают эти трудности при изготовлении подобных изделий из сверхпрочных сплавов при мелкосерийном производстве с частой сменой объекта производства. Это обусловлено отсутствием необходимого оборудования и высокой стоимостью оснастки при прессовой штамповке. Такие же проблемы возникают при изготовлении крупногабаритных деталей беспрессовыми методами, среди которых наиболее эффективно из-за малых капитальных затрат и по энергетическим соображениям применение импульсных технологических процессов, гидравлических и пневматических энергоносителей [1-3].

Вместе с тем, использование целого ряда прогрессивных методов штамповки, кроме трудностей, связанных с выбором оборудования и оснастки, ограничено при изготовлении тонкостенных крупногабаритных деталей возникновением гофров (рис. 1) на поверхности деталей, способствующих возникновению чрезмерных локальных утонений, превышающих допустимые иногда в 1,5-2 раза. Поиск же эффективных методов интенсификации прогрессивных технологических процессов затрудняется из-за проблем, возникающих преимущественно из-за отсутствия методов и приемов управления процессом формообразования тонколистовых заготовок на различных стадиях их формоизменения (а не только на конечных) и предупреждения потери пластической устойчивости.

Среди изготавливаемых деталей двойной кривизны, имеющих осесимметричную или близкую к ней форму поверхности, большой удельный вес занимают днища, чашки, мембраны, различные обтекатели и им подобные изделия. Принципиальных отличий при их получении нет, поэтому можно ограничиться рассмотрением техпроцессов беспрессовой штамповки деталей типа днищ. Типовая технология изготовления деталей типа обшивок ($\bar{f} < 0,1$ и допустимым утонением $[e] < 0,2$) и днищ ($\bar{f} < 0,5$) включает две операции: предварительную формовку полуфабриката и его доштамповку в условиях двухосного растяжения [3].

Применение разработанного способа целесообразно при изготовлении разнообразных деталей обшивок, полупатрубков, заливов, днищ баков, обтекателей, кожухов и коробок.

Типовым представителем рассмотренной группы изделий можно считать детали типа днищ, изготовление которых имеет ряд особенностей, присущих другим типам изделий. По технологической сложности детали с $\lambda > 200$ можно разбить на четыре группы (по относительной глубине \bar{f}):

$$\bar{f} < 0,2, \quad \bar{f} > 0,2, \quad \bar{f} \leq 0,4 \quad \text{и} \quad \bar{f} > 0,4$$

Для деталей других групп количество штамповочных операций может быть увеличено до трех в зависимости от требований к характеру распределения утонений. Чем эти требования жестче, тем больше количество штамповочных переходов. Различают детали с (допустимым утонением 10% (обшивочные), 25% (детали баков) и 30% зализы, обтекатели и т.д.). Поэтому важнейшими задачами изготовления крупногабаритных деталей, например типа днищ, являющихся базовыми изделиями всевозможных по габаритам и назначению емкостей, а также специальных изделий, например типа спутниковых антенн или гелиоустановок, следует считать повышение точности получения деталей методами штамповки и разработку мероприятий по снижению материалоемкости изделий. Это может достигаться внедрением специальных методов штамповки с целенаправленным регулированием размеров зон деформации и их величины, а также обеспечением возможности искусственного повышения жесткости изделий без существенного увеличения стоимости оснастки.

Определяющими факторами при выборе методов интенсификации и проектировании рационального технологического процесса, учет которых необходим при листовой и особенно при тонколистовой штамповке, следует считать:

- 1) гибкость или относительную толщину детали;
- 2) относительную глубину штамповки, определяемую отношением глубины (высоты) детали к ее диаметру или условному размеру;
- 3) механические характеристики материала (пределы прочности, текучести, относительное удлинение);
- 4) требования к качеству изделий, определяемые величиной утонений, наличием и размерами гофров на поверхности и отклонениями от норм, допустимыми по техническим условиям.

С этой целью при выборе методов интенсификации следует учитывать как общие, так и принципиальные отличия механизмов формообразования тонкостенных изделий методами высокоскоростной (импульсной, например, гидровзрывная, электрогидравлическая и др.) и статической (традиционные способы изготовления изделий на прессах, молотах и др.) штамповки.

Общие особенности проявляются в необходимости использования прижимных устройств и удаления с полости матрицы воздуха, искусственного предупреждения возникновения гофров в сжато-растянутых зонах заготовки.

Принципиальных отличий может быть значительно больше, так как следует учесть кратковременность процесса формообразования (менее 0,001...0,01 с), волновые эффекты, проявляющиеся в изменении формы образующей детали (конусность и локальные утонения стенок) и даже в просечке изделия в зоне радиуса закругления матрицы из-за «независимого» деформирования разножестких участков заготовки, причем более жестких в периферийных, фланцевых зонах.

Поэтому при разработке направлений интенсификации штамповки-вытяжки целесообразно исходить не только из положения, используемого в практике статической (прессовой и беспрессовой) штамповки, в соответствии с которым принимается, что штамповка детали осуществляется до исчерпания несущей способности заготовки в опасном сечении. В этом случае напряжения, возникающие в стенках изделия при его формоизменении не должны превышать предел прочности штампуемого материала:

$$\sigma_{шт} \leq \sigma_B \quad (1)$$

По сути, принимаемое условие отражает ограничение в штампуемости из-за достижения предельного состояния штампуемой заготовки в какой-то критический момент времени ее формообразования. Если использовать напрашивающийся вывод о том, что по соображениям интенсификации штамповки-вытяжки целесообразно искусственное снижение напряжений в опасном сечении $\sigma_{шт}$, то этим можно значительно сузить возможный объем мероприятий по расширению технологических возможностей штамповки-вытяжки как прогрессивного метода формообразования листовых и пространственных заготовок. Методы интенсификации в этих случаях могут ограничиваться использованием дифференцированного нагрева зон заготовки, штамповки с противодействием и искусственным увеличением сил, заталкивающих фланец заготовки в полость матрицы (фрикционная штамповка, увеличение до определенных пределов радиуса закругления кромки матричного кольца). При этом, исходя, например из условия (1), можно прийти к выводу о целесообразности обеспечения при импульсной штамповке мероприятий по снижению скорости деформирования, так как предельное значение напряжения в опасном сечении может оцениваться и как

$$\sigma_{шт} = E \rho c v_{шт},$$

где E – модуль упругости, а ρc – акустическая (динамическая жесткость), определяемая произведением плотности материала ρ заготовки на скорость звука c ; $v_{шт}$ – скорость смещения частиц деформируемого материала в опасном сечении.

Естественно, что при принятом допущении многие преимущества импульсных методов штамповки будут ограничены энергетическими соображениями, так как требование по снижению скорости деформирования приведет к существенному уменьшению кинетической энергии инструмента, в качестве которого могут использоваться различные присоединенные массы, экраны, сама заготовка и передающая среда.

Поэтому при выборе методов интенсификации можно считать целесообразным использование и второго, расширяющего пределы выбора метода интенсификации, условия, сформулированного из энергетических соображений:

$$W_{дч} \geq W_{пз}, \quad (2)$$

Предложенное решение – штамповка с искусственным регулированием размеров зон деформации – позволяет снизить величину деформации в опасных зонах, а также искусственно увеличивать радиус закругления перетяжной кромки матричного кольца на первом, формообразующем, штамповочном переходе и увеличить тем самым скорость деформирования заготовки на 30...50 %. В результате может быть улучшено качество деталей. Также существенно повышается точность деталей (в пределах 11...12 квалитетов) по сравнению с известными методами статической и импульсной штамповки, где точностные показатели соответственно оцениваются 13 ... 15 квалитетами.

Таким образом, сформулированные подходы позволяют расширить комплекс мероприятий по интенсификации штамповки – вытяжки наиболее сложных в технологическом и экономическом отношениях изделий, большие габариты которых предполагают расширение области применения импульсных методов формоизменения.

Литература

1. Степанов В.Г., Сипилин П.М. и др. Гидровзрывная штамповка элементов судовых конструкций. Л.: Судостроение. 1966.–292 с.
2. Савченко Н.Ф. О проектировании техпроцессов гидровзрывной тонколистовой штамповки-вытяжки крупногабаритных деталей типа днищ. Импульсная обработка металлов давлением. Сб. статей под ред. канд. техн. наук В.К. Борисевича. М.: Машиностроение. 1977. с.51-56.
3. Мошнин Е.Н. Технология штамповки крупногабаритных деталей. М.: Машиностроение. 1973. –240 с.
4. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. – Л.: Машиностроение, 1989. – 520 с.

УДК 658

ОЦІНКА РИЗИКУ ІНВЕСТИВАННЯ ПІДПРИЄМСТВА ПРИ ВХОДЖЕННІ ЙОГО В ПРОЦЕДУРУ САНАЦІЇ

Шкурупій Ю.В.

(м. Харків, Україна)

In the article the major factors are selected which influence magnification of risk of an investment of the enterprises of a mechanical engineering, and the technique of account and evaluation of magnitude of risk HeBOЗBpameHna of the enclosed means is offered.

Зарубіжний досвід багатьох розвинених країн світу свідчить про високу пріоритетність такої галузі промисловості, як машинобудування. Саме в Україні з кожним роком ця галузь набуває відповідної привабливості, а значить і потребує певних капіталовкладень, як з боку вітчизняних так і закордонних інвесторів. Але задля набуття інвестиційної привабливості підприємств цієї галузі потрібні кардинальні зміни, як у структурі управління, структурі розподілу капіталу, так і в технології виробництва, збуту, дослідження ринку та багато іншого. Це дозволило б підприємствам скоріше адаптуватись до сучасних умов ринку, що можливо лише за умови проведення певного комплексу заходів по відновленню платоспроможності згідно вимог Закону України "Про відновлення платоспроможності боржника або визнання його банкрутом" [1] - судової санації. Так за період 2002-2004 років в Україні зареєстрована велика кількість підприємств, що були визнані банкрутами.

Велика кількість промислових підприємств України обирає шлях оздоровлення своєї фінансово-господарської діяльності через санацію [1], проводячи в її рамках реструктуризацію. В роботі Клебанової Т. С. [2] було розглянуто і сформульовано поняття санаційної реструктуризації, як складової, що входить в класифікацію видів реструктуризації. На наш погляд запропоноване поняття охоплює вузьке коло питань, які вирішують цей комплекс заходів.

Пропонується, поняття санаційна реструктуризація визначити, як комплекс заходів по вдосконаленню системи операційної та фінансової діяльності підприємства, відповідно до вимог зовнішнього середовища, які принципово змінюють внутрішнє середовище (форми організації і управління підприємством, ресурсний потенціал, діяльність технологічних систем, фінансове становище і др.) і формують нове зовнішнє середовище, конкурентоспроможність продукції, та взагалі відновлюють платоспроможність боржника.

Якщо попереджувальна реструктуризація підприємства, яке не знаходиться в кризовому становищі, реалізується перспективним управлінням, то санаційна реструктуризація потребує процесу оперативного управління підприємством.

На наш погляд, головна мета попереджувальної і адаптивної реструктуризації підприємства - забезпечення добробуту власників підприємства при умові збереження довкілля, та підвищення рівня життєдіяльності людей. При санаційній реструктуризації - відновлення платоспроможності боржника при умові збереження довкілля і рівня життєдіяльності людей.

Аналіз діючої практики свідчить, що коли підприємство визнається банкрутом за позовом одного з кредиторів, задля запобігання власної ліквідації, воно змушено йти на розробку плану та реалізацію комплексу заходів передбачених процедурою судової санації згідно ухвали господарського суду про визнання підприємства банкрутом. Таке підприємство не спроможне повністю фінансувати реалізацію намічених заходів за власні кошти і тут перед ним постає проблема пошуку інвестора. Як правило, у такому випадку капіталовкладень, інвестор повинен бути спроможним

фінансувати підприємство за спільною домовленістю відповідно передбаченим планом санації напрямкам. Адже для надання дозволу на санацію кредитори, зменшуючи власний ризик неповернення коштів, повинні бути впевнені у платоспроможності інвестора. Задля цього інвестор повинен підтвердити перед комітетом кредиторів і судом свою платоспроможність і фінансову стабільність, надавши до суду відповідні довідки про джерела надходження коштів. Цей захід є одним з основних чинників від яких буде залежати рішення кредиторів і суду щодо обмеження підприємства банкрутством з подальшим відновленням платоспроможності, чи початком справи про ліквідацію.

Специфікою сучасного ринку інвестицій України є те, що певна частка фінансових ресурсів потенційних інвесторів зосереджена в тіньовому секторі економіки і становить близько 50-60% загального обсягу [3]. По розрахункам експертів, саме така частка ВВП України на цей час відноситься до тіньового сектору економіки, а банкіри рахують, що поза офіційною банківською системою «крутяться» близько \$20 млрд. [3].

Входження підприємства в процедуру санації зумовлює припинення повноважень діючих органів управління підприємством, відсторонення діючого керівництва. Відповідно Закону України [1] Господарським судом призначається розпорядник цілісного майнового комплексу (керуючий санацією). Разом з тим, повністю замінюється раніше діюча система управління, тим самим збільшуючи ризик інвестування, адже успіх вибору варіанту інвестиційного проекту буде залежати від поглядів і компетенції нової команди управлінців.

До проблеми, сутність якої також збільшує інвестиційний ризик, належить і відсутність стабільної нормативно-правової бази, постійні зміни і доповнення якої порушують стабільність умов інвестування. Прикладом цього може служити введення мораторію на задоволення вимог кредиторів, окрім заборгованості по заробітній платі, аліментів та деяких інших видів заборгованості згідно вимог п.6 ст. 12 Закону України [1]. Цей захід також вплине на зменшення інвестиційної привабливості підприємств машинобудування, що опинилися в кризі і потребують фінансування.

Інший фактор, що впливає на можливість зацікавленості інвестором у відповідному об'єкті, це його форма власності. Адже, як показує практика, підприємства державної форми власності не мають великого попиту на ринку інвестування, тобто є інвестиційно непривабливими. А саме по одній простій причині - ризик втручання держави у внутрішню фінансову і господарчу діяльність підприємства. Звичайно є й інші причини, так, наприклад, по-перше, це специфіка виробництва кожного з підприємств машинобудування, а звідси і підходу до реструктуризації цих підприємств, що потребує досконалого знання технології виробництва, перспектив інноваційного розвитку, по-друге, тривалий цикл виробництва продукції, разом з цим, тривалий обіг коштів. Всі ці фактори збільшують інвестиційні ризики. За таких умов інвестор потребує вирішення проблеми оцінки ризику вкладення коштів у підприємство, що знаходиться у кризі, та їх неповернення задля прийняття вірного управлінського рішення. Якщо є декілька альтернативних варіантів вкладення капіталу інвестор стоїть перед проблемою вибору інвестиційного проекту з меншою долею ризику.

В науковій літературі відсутні рекомендації кількісної оцінки економічних ризиків інвестиційного проекту для підприємства, що передбачає проведення процедури судової санації. В даному випадку, коли об'єктом інвестицій постає кризове підприємство, вона стає більш гострішою, адже підприємство (не залежно від форми власності) є неплатоспроможним і не має (окрім основних активів та великої кількості незадовільнених кредиторів) ніяких перспектив подальшого функціонування. Але підприємство має виробничий потенціал кваліфікованих робітників, та альтернативні варіанти шляхів виходу із кризи, які мають бути враховані при розробці плану судової санації, в тому числі і самим інвестором при прийнятті рішення.

В роботі [4] показана оцінка ризику інвестиційного проекту за умови: всі параметри бізнес-плану інтервально-симетричні. Чистий дисконтований прибуток від діяльності підприємства в роботі [5] приведений в наступному вигляді:

$$NPV(\delta) = \sum_{i=t+\Delta t+1}^{t+\Delta t+T} \frac{D_i}{(1+\delta)^i} - \sum_{i=1}^t \frac{L_i}{(1+\delta)^i},$$

де L_i, D_i - інвестиційні затрати і отриманий прибуток в інтервалі t відповідно; t - тривалість інвестиційної фази проекту; Δt - час виходу проекту на повну потужність; T - строк функціонування обладнання, який обчислюється нормою амортизації; δ - номінальна ставка прибутковості (норма дисконтування).

На наш погляд, цей критерій нема необхідності приводити до інтервально-симетричного виду відносно середнього очікуваного значення NPV , тому що фактор дисконтування є також несиметричним. В дійсності всі перемінні проекту змінюються одночасно. При здійсненні проекту витрати потребують фінансових вкладень не одночасно, а протягом певного, достатньо довгого проміжку часу, що буде сприяти формуванню випадкової складової процесу отримання прибутку. Таким чином, концепція оцінки ризику не може базуватися на класичних випадкових принципах, які використовують можливості необмеженого повторення одних і тих же подій і умов їх протікання. Тому чистий дисконтований прибуток буде змінюватися по ймовірному закону. При здійсненні різних інвестиційних проектів графічно представлені варіанти чистого прибутку будуть мати різні ймовірні криві. Для порівняння подібних кривих використовують амплітудно-фазово-частотні характеристики. Для порівняння повноти і форми виступів і впадін різних ймовірних кривих в роботі [6] використовується співвідношення:

$$F = 1 - \frac{R_a}{2H_{i_{min}}}, \quad (1)$$

де R_a - середнє арифметичне відхилення значення функції; $H_{i_{min}}$ - моментне найменше відхилення значення функції.

Співвідношення (1) характеризує ступінь гладкості кривої (інтервал змін $F : 0 < F < 1$).

Якщо це співвідношення використати для функції (1) $NPV = \varphi(D_t, L_t)$, то якщо F буде приближатись до одиниці, це буде характеризувати стабілізацію доходної частини інвестиційного проекту. Позначимо це співвідношення як критерій стабілізації проекту (бізнес-плану) K_c . Чим більше значення K_c при умові максимального значення середньо очікуваного NPV , тим краще інвестиційний проект. Так, при $K_c = 1$ відхилень значень NPV немає і інвестиційний проект може бути прийнятий до виконання, чи відкинтий без ризику помилкового рішення.

В дійсності при інвестиційному проектуванні можливі сценарії неблагополучного розвитку подій, коли $NPV_{min} < 0$. Якщо за весь період дії (сценарію) інвестиційного проекту середньо очікуване значення $NPV_{середн}$ буде поступово зменшуватись, то такий проект треба відкинути.

Дальші дослідження пропонується виконати для двох випадків, які можуть постати перед інвестором. Необхідно розмежувати задачі, які стоять перед інвестором. По перше, при порівнянні різних інвестиційних проектів необхідно вибрати для впровадження більш ефективний проект. По друге, при порівнянні різних альтернативних варіантів виконання одного інвестиційного проекту необхідно вибрати для впровадження більш ефективний варіант.

В першому випадку цих даних достатньо для оцінки ризику впровадження різних інвестиційних проектів.

В другому випадку необхідно побудувати експериментальну функцію $NPV = \varphi(x_i)$, де x_i - фактори впровадження проекту. Шляхом ранжирування цих факторів необхідно дослідити тенденцію змін функції NPV , критерію K_c , та середньо очікуваного $NPV_{середн}$. Ці дані можна використати для оцінки ризику різних альтернативних варіантів (сценаріїв) впровадження інвестиційного проекту.

Використання співвідношення (1) дозволить виконати наступні розрахунки: оцінити альтернативні інвестиційні проекти та варіанти (сценарії) і прийняти до впровадження раціональний варіант (як результат, можуть бути відкинута неприйнятні, економічно неефективні чи ризиковані схеми впровадження конкретного інвестиційного проекту).

Слід відзначити, що оцінка ризику проекту не є самоціллю, а є засіб, початкова інформація для прийняття управлінського рішення по реструктуризації підприємства в умовах санації. Збільшення якості прийняття управлінського рішення буде залежати від якості показників фінансово-господарського стану підприємства, структури кадрів управління, стану техніки та технології виробництва. В свою чергу, якість показників буде залежати від якості розрахунків, ступені їх достовірності і надійності.

Література

1. Закон України "Про відновлення платоспроможності боржника або визнання його банкрутом" // Орієнтир. - 1999. - №172.
2. Банкрутство і санація: теорія і практика кризового управління /Т.С. Клебанова, О.М. Бондар, О.В. Мозенков, та ін. /За ред. О.В. Мозенкова. - Х.: ВД „ИНЖЕК”, 2003.-272с.
3. «Украина объявит амнистию «теневых» капиталов»// Слово. - 2000. - № 16.
4. Недосекин А. О. Новый показатель оценки риска инвестиций.- На сайте: <http://www/aup.ru/articles/invstment/4.htm>.
5. Ковалев В. В. Финансовый анализ: Управление капиталом. Выбор инвестиций. Анализ отчетности. М.: Финансы и статистика. 1995, -432с.
6. Особенности анализа шероховатости отражающих поверхностей, обработанных резанием. Шкурупий В.Г. Резание и инструмент. 1982, вып.27.с.80 - 85.

УДК 621

ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ УПРУГИХ ВЫДВИЖНЫХ ЛЕНТОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Шкурупий В.Г.

(г. Харьков, Украина)

Estimation working characteristic springy sliding band element. Shkurupiy V.G. Row of the methods of the estimation working characteristic stand out In article, brought results of the test and is offered test-bed for estimation deforming the details from springy tapes from influence of the light flow.

Из условия равенства интенсивности тепловых потоков внутри материала упругого элемента и на его поверхности легко получить уравнение:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial \theta^2} = \frac{D^2 F}{2\pi \lambda t} \cdot E_{nad} \cdot A_s \cdot \cos \alpha,$$

где T – текущая температура в произвольной точке, град; θ – текущая координата, град; D – диаметр упругого элемента, м; t – толщина материала, м; λ – коэффициент теплопроводности, Вт/м. град; E_{nad} – величина падающего светового потока, Вт/м; A_s – коэффициент поглощения; α – угол между направлением светового потока и

осью упругого элемента, град; F – критерий шероховатости поверхности. Анализ уравнения позволил заключить: интенсивность изменения температуры (в пространственных координатах) зависит от геометрических размеров сечения, шероховатости поверхности, природы материала (оптических характеристик, теплопроводности материала). Пригодность упругих элементов к эксплуатации оценивалась по следующим результатам: оценка механических характеристик материала; испытания на несущую способность; изменения формы и размеров сечения изделия в процессе многократной намотки на технологическую катушку при нормальных и повышенных температурах; испытания образцов изделий на динамическое раскрытие; коррозионные испытания.

Оценку несущей способности проводили на образцах из штанг длиной 1200 мм с заземленным и свободным концом. Сосредоточенная нагрузка прикладывалась к свободному концу штанги. Так как центр сдвига смещен с оси штанги (центр тяжести поперечного сечения смещен за счет перекрытия кромок), то в результате воздействия сосредоточенной нагрузки возникают и напряжения от крутящего момента. Учитывая, что у большой длины штанги жесткость на кручение маленькая, при испытаниях была применена шарнирная заделка, т.е. было обеспечено свободное перемещение в заделке перекрывающихся кромок штанги.

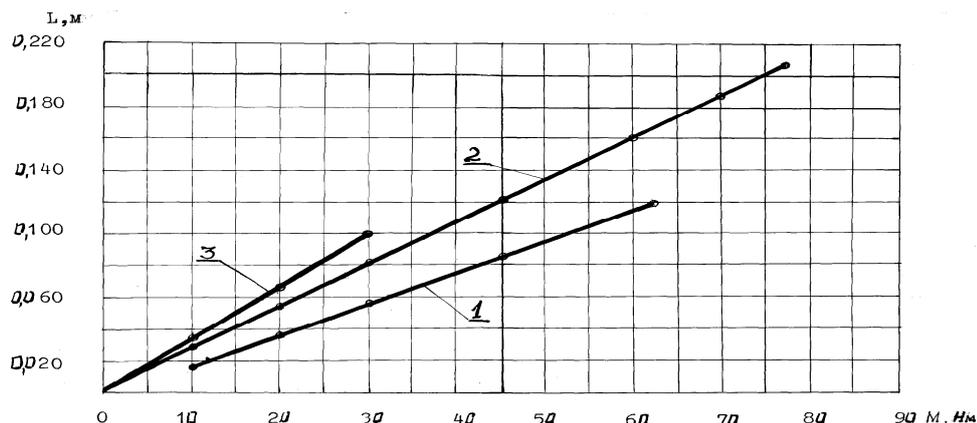


Рис. 1. Зависимость прогиба штанги от величины изгибающего момента M : 1 – для штанг из сплава марки 36НХТЮ без отверстий (3 – с отверстиями); 2 – для сплава марки БрБНТ 1,7 Мг.

Несущая способность штанг с отверстиями (отношение площади отверстий по развертке к площади перемычек $K_f=0,28$; отверстия диаметром $d=2 \times 10^{-3}$ м) снижается почти в три раза. Диаметры штанг до испытания находились в пределах $(23,7...23,9) \times 10^{-3}$ м. Испытания образцов из штанг на несущую способность наглядно показывают различие их напряженного состояния.

Испытание штанг на динамическое раскрытие показало, что количество циклов раскрытий в значительной степени зависит от механических свойств и длины заготовок. Наблюдается разрушение свободного конца ($\approx 0,2$ м) трубчатого элемента, что можно объяснить значительной энергией схода накопительной катушки. Минимальное количество динамических раскрытий до разрушения свободного конца штанг составляет 11

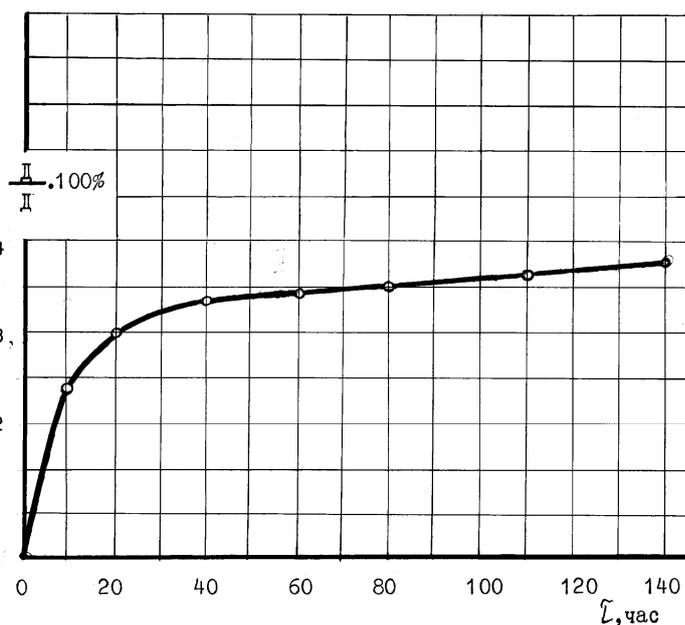


Рис. 2. Изменение диаметра в зависимости от продолжительности выдержки в смотанном состоянии при температуре $+200^\circ\text{C}$ (473 К).

На рис. 1. приведена зависимость изгиба штанги от нагрузки на конце.

Трубчатый элемент из медно-бериллиевого сплава выгодно отличается от элементов из хромоникелевого сплава. Следует отметить, что отверстия снижают прочностные характеристики готового изделия, нарушая равномерность распределения напряжений по развертке трубчатого элемента.

($\sigma_B=(1,22...1,46) \cdot 10^3$ Па; $\delta=6...7\%$). Установлено также, что циклическое изменение температур от 150 до 390 К практически не влияет на надежность динамического раскрытия.

Изучение изменения формы и размеров сечения штанги в процессе многократной намотки на технологическую катушку позволяет прогнозировать поведение штанги в процессе работы в зависимости от времени, условий хранения и транспортировки.

Изменение диаметра штанг из медно-бериллиевых сплавов, полученных по разработанной технологии, в зависимости от продолжительности выдержки в смотанном состоянии при температуре нагрева 470 К приведено на рис.2.

Характер изменения диаметра штанги из медно-бериллиевого сплава аналогичен штангам из сплава марки 36НХТЮ. Наиболее ин-

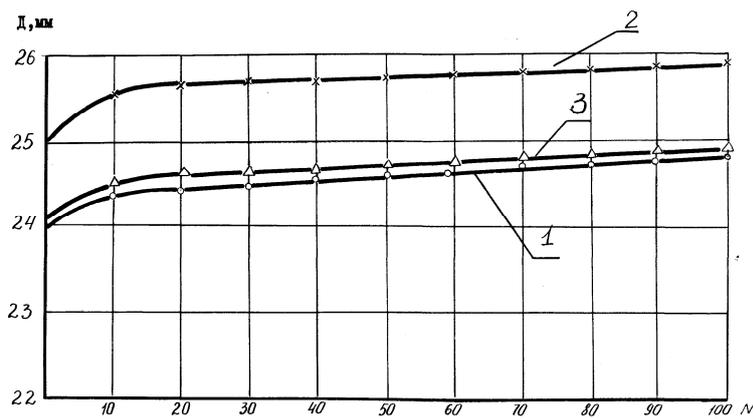


Рис. 3. Зависимость диаметра штанги от количества намотываний на барабан диаметром 40 мм (36НХТЮ): 1- без отверстий; 2,3- с отверстиями после электроискровой и электрохимической обработки.

из медно-бериллиевых сплавов в жестких климатических условиях установлено, что электрохимическое полирование существенно повышает стойкость поверхностей трубчатых элементов штанг к окислению в процессе длительного хранения. После абразивного и электрохимического полирования штанг отдельные отклонения размеров диаметров не превышают 0,5%. Это мы объясняем возможной релаксацией напряжений в процессе перемотки трубчатых элементов. Следует отметить, что погрешности измерения и наблюдающиеся отклонения размеров имеют один порядок. В связи с этим можно утверждать, что процессы абразивного (алмазной пастой)

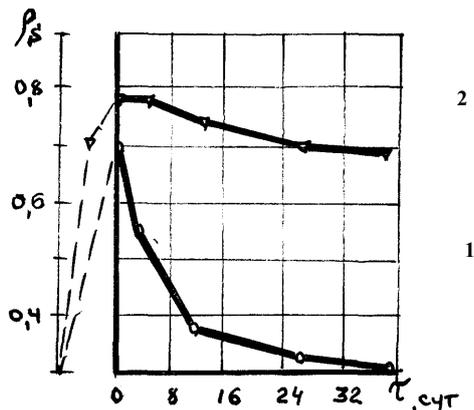


Рис. 4. Зависимость коэффициента отражения поверхности штанги из сплава марки БрБНТ 1,7 после абразивного 1 и электрохимического 2 полирования от продолжительности испытаний в жестких климатических условиях.

и электрохимического полирования не оказывают существенного влияния на изменения размеров сечения штанг и могут быть использованы на финишных операциях их обработки.

Появление коррозии в виде слабых разрушений окисной пленки на образцах из штанг сплава марки 36НХТЮ наблюдались после испытаний в течение 10 суток. Мелкие точечные локализованные разрушения глубиной 5...10мкм занимали около 5% поверхности образца. После испытаний в течение 30 суток образцы покрылись тонким слоем налета темно-коричневого цвета (до 25% поверхности образца), который легко удаляется.

Образцы после электрохимического полирования сохранили оптические характеристики почти без изменений.

Влияние условий эксплуатации на оптические характеристики штанг из медно-бериллиевых сплавов оценивали по результатам испытаний образцов в камере с вакуумом порядка $1,33 \times 10^{-5}$ Па под воздействием жесткого излучения в течение 51 часа. Отражательная способность изменилась незначительно, а излучательная - осталась без изменений. Результаты испытаний приведены в табл. 1.

Результаты испытаний приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Отражательная способность ρ_s поверхности образцов штанг из сплава марки БрБНТ 1,7 после воздействия жесткого излучения в течение 51 часа

Состояние образца	ρ_s до	ρ_s после
После абразивного полирования и нагрева в среде аргона (640К в течение 40 мин.)	0,71	0,73
После электрополирования и нагрева в среде аргона (640К в течение 40 мин.)	0,64	0,65

Как видим за счет удаления загрязнений с поверхности и уменьшения дефектов отражательная способность несколько повышается.

Разработан стенд для оценки влияния характеристик обработанной поверхности детали на ее деформации от воздействия светового потока. Он состоит из вакуумной камеры 1 в которой устанавливается упругий элемент с датчиком 2 на свободном конце (второй конец заземлен в верхней части вакуумной камеры), излучателя 3 и регистрирующего устройства 4 (см. рис 5).

На рис. 6 представлен источник опорного луча регистрирующего устройства 4, включающий лазер с коллимирующей оптической насадкой.

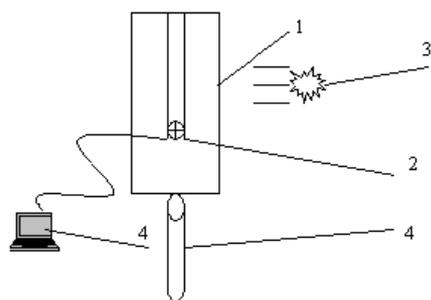


Рис.5.Схема испытательного стенда.

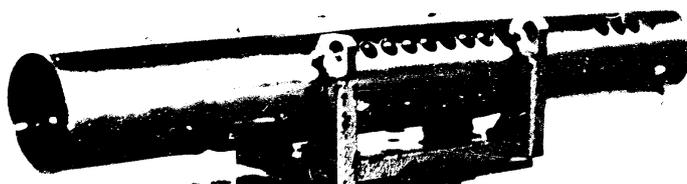


Рис.6. Источник опорного луча.

В качестве датчика можно использовать фотооптические мишени (см. рис. 7 и 8).

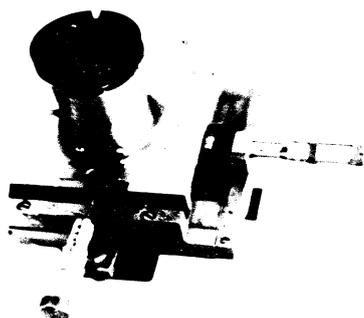


Рис.7. Целевой знак (фотооптическая мишень) на координатном столе (цена деления 0,01 мм).

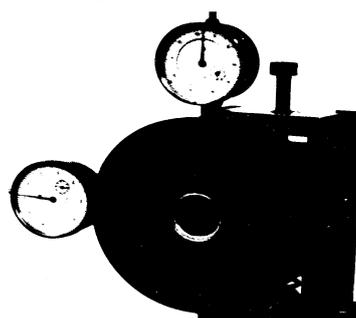


Рис.8. Целевой знак в комплекте с предметным столиком на базе индикаторов часового типа.

Разработан электронный блок усиления сигналов фотооптической мишени и цифровой индикации отклонений опорного луча в координатах X и Y с размерами и массой стрелочного прибора.

Разработан также визуальный целевой знак на основе оптического преобразователя масштаба – фокона [2]. Проектируют световой пучок, материализующий опорное направление, на входной торец фокона 2, установленного в корпусе 1, который располагают на контролируемом объекте. Переносят фоконом след пучка на его входном торце на матовый экран 3 со шкалой, нанесенный на его выходном торце, и одновременно увеличивают масштаб изображения следа пучка на экране. По положению следа пучка на экране 3 относительно шкалы определяют величину и направление несоосности контролируемого объекта.

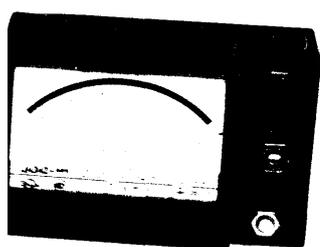


Рис.9. Стрелочный отсчетный прибор для фотооптической мишени.

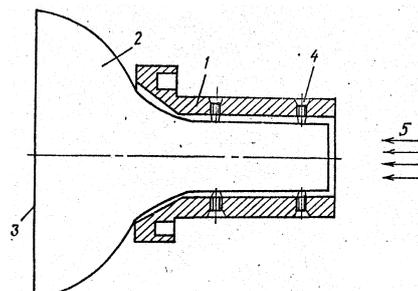


Рис. 10. Визуальный целевой знак для контроля его смещения относительно опорного луча.

Визуальный целевой знак содержит корпус 1, фокус 2, установленный в корпусе, и экран 3 со шкалой, нанесенный на большем торце фокона. На чертеже также показаны юстировочные винты 4 для ориентации фокона вдоль оси корпуса и направление 5 опорного пучка света. Корпус 1 предназначен для установки его на контролируемом объекте. Жесткое соединение фокона (оптического преобразователя, обеспечивающего увеличение масштаба входного изображения) с экраном позволяет исключить их возможные угловые и линейные смещения в процессе эксплуатации.

Результаты проведенных исследований позволили наметить области эффективного использования новых технологических схем производства трубчатых упругих выдвижных элементов.

Литература

1. Инженерный справочник по космической технике. Издание 2-е переработанное и дополненное. Под ред А.В. Солодова. М.: Воениздат, 1977, - 400 с. 2. Визуальный целевой знак для контроля соосности объектов. Авторское свид. СССР №1550831, кл.G 01 в 11/27, 1988.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Научные концепции развития технологии машиностроения, механической и физико-технической обработки

Новиков Ф.В., Якимов А.В., Новиков Г.В., Якимов А.А. Кинематика формирования срезаемого слоя при лезвийной и абразивной обработке.	3
Новиков Ф.В., Фадеев В.А. Эффективный способ повышения качества финишной механической обработки.	8
Новиков Ф.В. Оптимизация структуры и параметров технологической операции с учетом ограничений по качеству обработки.	12
Новиков Г.В. Высокопроизводительные технологии шлифования алмазными кругами на металлических связках.	18
Якимов А.В., Дмитриева С.Ю. Физические процессы, протекающие в зоне резания сплошного и прерывистого кругов.	21
Ларшин В.П., Лищенко Н.В. Диагностика резбошлифования ходовых винтов в системе управления качеством продукции.	25
Ларшин В.П. Оптимизация процесса зубошлифования методом геометрического программирования.	31
Ларшин В.П., Бажанов А.И., Якимов А.В. Оптимизация технических систем, как метод синтеза и управления.	34
Лавриненко В.И., Шепелев А.А. От синтеза алмазов к алмазному инструменту.	37
Шепелев А.А., Сороченко В.Г. Высокоэффективные технологии алмазно-абразивной обработки полимерных композиционных материалов.	40
Мельничук Ю.О., Клименко С.А. Температура різання при точінні покриттів з аморфно-кристалічною структурою.	43
Филатов Ю.Д., Скрыбин В.В., Ящук В.П., Сидорко В.И. Контроль качества поверхностей изделий из алюмосиликатных материалов.	44
Карпуть В.Е., Гаврилюк Ю.Р. Зв'язок гнучкості та точності багатонаменклатурних агрегатних верстатів.	46
Хавін Г.Л. Взаємозв'язок зносу інструменту, якості обробленої поверхні з технологічними параметрами при різанні склопластиків.	48
Серховец О.И. Исследование крутильных колебаний в приводах круглошлифовальных станков.	50
Колесник И.А., Проволоцкий А.Е., Негруб С.Л. Контактное взаимодействие эластичного инструмента и обрабатываемой поверхности.	52
Мальшко И.А., Полока Д.А. Влияние угла наклона режущей кромки на угол схода стружки при сверлении.	55
Шепелев А.А., Федоренко В.Т., Дуброва А.Е. Автоматизированная система управления процессом горячего прессования при изготовлении абразивного инструмента из СТМ.	57
Худобин Л.В., Крупенников О.Г., Дормушев А.Е. Формирование дефектных слоев пластин при разрезании заготовки алмазным кругом с внутренней режущей кромкой.	59
Федорович В.А., Русанов В.В. Методология 3D моделирования при определении оптимальных характеристик режущих инструментов из СТМ.	62
Гуцаленко Ю.Г. Рациональное использование алмазных инструментов на металлических связках в производственных процессах шлифования высокопрочных сталей и сплавов.	63
Шелковой А.Н., Рузметов А.Р. Анализ управляющих взаимодействий в человеко-машинной производственной системе.	66
Сизый Ю.А., Погребной Н.А., Кулик Г.Г., Волков О.А. Усовершенствование технологии упрочнения деревообрабатывающих ножей с применением метода ТФО.	67
Фесенко А.В. Применение роторных диспергаторов для кавитационной обработки СОЖ.	71
Татьянченко А.Г. Влияние контактного деформирования инструмента и детали в зоне резания на точность обработки отверстий.	73
Новиков С.Г., Малыхин В.В., Фадеев А.А. Моделирование условий крепления СМП в сборной концевой фрезе.	76
Новиков Ф.В., Дитиненко С.А. Пути улучшения качества обработки при круглом наружном шлифовании твердосплавных инструментов.	78
Ткаченко В. П. Применение износостойкого релитового слоя в торцовых уплотнениях погружного электрооборудования для бурения скважин и в опорах разгрузочных водяных насосов.	84
Королькова М. В., Гнатюк А. П. Повышение стойкости ружейных сверл.	85
Тихенко В. Н. Использование системного подхода при проектировании гидроприводов станков.	86
Малыхин В.В. Работоспособность кругов при алмазно-искровом шлифовании композиции "твердый сплав Т15К6-сталь 45".	88

Морачковский О.К., Новиков Ф.В. Устойчивость магнитного давления при формообразовании поверхностей.	91
Чистяк В.Г. Исследования процесса соударения твердых тел при импульсной клепке.	93
Умінський С.М. Підвищення ефективності відробки методами вільного обкату.	96
Умінський С.М., Якімов О.О. Визначення параметрів верстатного зачеплення при обробці методами повздовжнього шевінгування.	98
Умінський С.М. Вплив параметрів верстатного зачеплення на показники точності при обробці методами обкату.	100
Умінський С.М. Підвищення технологічності відробки при використанні методів обкату.	102
Гусарев В.С. Алгоритмы функционирования и производительность многопоточных технологических систем.	105
Куц В.В., Горохов А.А. Автоматизированный расчет параметров наладки делительных головок для изготовления корпусов сборных фрез.	106
Куц В.В. Описание производящих поверхностей сборных фасонных фрез на основе параметров дискретного представления профиля обрабатываемой поверхности.	108
Куц В.В. Выявление точек режущих кромок сменных многогранных пластин сборных фасонных фрез расположенных внутри припуска.	109

2. Прогрессивные технологии, оборудование, инструменты и технологические системы

Скобло Т.С., Поздняков Н. Г. Оценка качества закаленных твч гильз по коэрцитивной силе.	111
Скобло Т.С., Сидашенко А.И., Гончаренко А.А. Расчет температурного поля в шлицевой части вала при его восстановлении.	113
Скобло Т. С., Сидашенко А. И., Марченко М. В. Оценка прочности втулок цилиндров и факторы, влияющие на его уровень.	117
Скобло Т.С., Коломиец В.В., Ридный Р.В. К повышению износостойкости трущихся поверхностей деталей, восстановленных нанесением покрытий.	120
Солнцев Л.А., Мощенок В.И., Лалазарова Н.А., Арутюнян С.А, Путятин Л.И. Улучшение обрабатываемости высокопрочных чугунов с различной микроструктурой.	122
Бондаренко С.И. Исследование влияния рекристаллизационного отжига на процесс образования аустенита в деформированном высокопрочном чугуне.	124
Гладкий И.П., Мощенок В.И., Глушкова Д.Б.,Тарабанова В.П., Мищенко Л.Д. Улучшение свойств роторной стали.	127
Мощенок В.И., Глушкова Д.Б., Тарабанова В.П., Жадан А.И. Влияние азотирования на свойства экономнолегированной стали повышенной обрабатываемости резанием.	129
Калин Н.А., Дощечкина И.В. Разработка электродов с карбидообразующим покрытием для холодной сварки чугуна.	130
Влащенко Г.И., Листопад И.А. К вопросу испытания тяговой способности конических шкивов.	132
Обыхвист А.В. Результаты очистки с одновременным сортированием семян гречки.	134
Любченко А.П., Меланчук В.Ю., Тихомиров Б.В., Яворович С.И. Вихретоковый метод контроля тонкостенных труб из неферромагнитных материалов.	136
Бабай Н.П., Мельничук Н.С., Любченко А.П. Состав для удаления окалина с поверхности углеродистой стали и чугуна.	137
Цюрюпа В.Н., Сатановский Е.А., Литвинова В.А. Функциональные гальванические покрытия хромом, никелем и их сплавами.	138
Олейник А.К. Особенности приработки высокопрочного чугуна при насыщении поверхностей трения ультрадисперсными частицами.	138
Каракуркчи Д. А., Орехов С.Л. Пьезосорбционные сенсоры химических веществ в мониторинге химико-технологических процессов.	139
Пашкова Г. И. О термической обработке коленчатых валов мощных транспортных дизелей.	142
Молчанова Л.В., Маринина Л.М. К вопросу о разрушении хромо-никелевых сталей.	144
Макурин Н.С., Шаполов А.Е. Создание производственно - технологических систем.	146
Сапрыгин Х.М. Об оценке точности расчетов параметров прокатки профилей.	151
Підгурський М.І. Застосування критеріїв механіки втомного руйнування до оцінки початкової дефектності зварних з'єднань сільськогосподарських машин.	153
Хомик Н.І., Довбуш А.Д. Визначення ресурсу роботи головок прутків полотна транспортера.	156
Ярошенко В.Ф. Екологічно чисті гальма для транспортних засобів.	160
Козаченко О.В. До визначення коефіцієнта корисної дії робочих органів ґрунтообробних машин.	163
Бойко А.І., Новицький А.В., Карабиньош С.С. Оцінка ремонтпридатності кормоприготувальних машин.	167
Шмат К. И., Самарин А. Е. Модульно-блочный уборочно-транспортный агрегат для уборки кукурузы.	169

Мацевитый В.М., Казак И.Б. Соотношение между микротвердостью вакуумно-плазменных покрытий и их износостойкостью при трении в среде авиационного топлива.	171
Воинов А.П., Воинова С.А., Чернуха Д.В. Проблематика повышения эффективности использования отоплеческой теплоты потребителями.	173
Воинов А.П., Воинова С.А., Чернуха Д.В. Пути применения компьютерных технологий в системах теплоснабжения.	175
Бажанов А.И. Полигон для тензометрических исследований нагруженности прицепов.	176
Дудин А.Т. Перспективные конструкции автомобильных двигателей.	178
Крюк А.Г., Браташевский А.Ю., Дудко П.Д. Обеспечение выхода на рынок промышленной и интеллектуальной продукции.	184
Браташевський О.Ю., Полякова А.Г., Горбачова Л.В., Польотов В.А., Каплуновський В.О. Дослідження метостабільної структури холодно-деформованої сталі 25.	185

3. Разработка и применение компьютерных технологий

Ткачук Н.А., Кохановский В.И., Ткачук А.В., Капустин А.А. Программно-аппаратный комплекс для анализа и синтеза моделей элементов сложных механических систем: метод конечных элементов и голографическая интерферометрия.	188
Ковальчук А.Н., Кохановский В.И., Липовецкий Л.С., Федоренко Г.Л. Исследование напряженно-деформированного состояния скребков конвейеров в процессе эксплуатации.	194
Ковальчук А.Н., Кохановский В.И., Липовецкий Л.С., Федоренко Г.Л. Опыт внедрения компьютерных технологий сквозного цикла на машиностроительном предприятии.	197
Горбатюк Н.В. Оптимизация синтеза объемной гидромеханической передачи.	199
Федоров А. И. Метод ускоренных динамических испытаний вентиляторов на надежность.	204
Комкова О.А. Релаксація Гаврил'яка – Негамі.	207
Сметанкина Н.В. Минимизация массы многослойных композитных пластин при импульсном нагружении.	211
Божко А.Е., Белых В.И., Мягкохлеб К.Б. Математическая модель и структурная схема трехкоординатного электромагнитного вибростенда.	213
Дудин А.Т. Некоторые взгляды на механику разрушения.	216
Невлюдов И.Ш., Бондаренко А.С. Адекватность представления навигационных подсистем мобильных роботов сетями Петри.	221
Невлюдов И.Ш., Литвинова Е.И., Евсеев В.В., Невлюдова В.В. Автоматизированная система расчета научно-обоснованных норм труда и трудоемкости изготовления продукции.	224
Новоселов С.П., Бабий Я.И. Автоматизированная система контроля доступа.	225
Васильцова Н.В., Евланов М.В., Панферова И.Ю. Разработка метамоделей требований к информационной системе.	227
Савран А. Е., Новоселов С. П., Зыгин С. Е., Денисов С. В. Автоматизированная система управление подачи топлива.	229
Евланов М.В., Васильева М.В. Влияние организационной структуры предприятия на структуру информационного комплекса автоматизированной системы управления предприятием.	231
Филипенко А. И., Сычева О. В. Определение параметров формы сварного соединения оптических волокон.	233
Зыгин С.Е. Усовершенствование метода защиты программного обеспечения с использованием аппаратных ключей.	235
Кулешова М.Ф., Тохтарь Г.И., Щербак О.В. Об угловом ускорении звена, совершающего плоско-параллельное движение в стержневом плоском механизме.	236
Жолткевич Г. Н., Игнатюк С. Ю. К проблеме интеграции компонентов автоматизированных систем подготовки производства.	238

4. Экономика и организация производства

Попов А.Е. Экономические аспекты корпоративных отношений акционеров.	243
Азаренков Г.Ф. Страхова, інвестиційна та інноваційна діяльність – точки дотику.	245
Будник М.Н. планирование инвестиционной деятельности предприятия.	246
Колодзєв О.М. Визначення ролі банківського сектора в контексті активізації інноваційних процесів трансформаційного розвитку економіки України.	249
Пилипенко А.А. Розробка системи стратегічного управління альянсом підприємств.	251
Водовозов Е.Н. Последовательность осуществления реструктуризации предприятия.	254
Гавриш О.Н. Экономическая оценка и государственное регулирования инновационной деятельности.	256
Еремейчук Р.А. Моделирование устойчивых трансформационных процессов и изменений на предприятии.	259
Жуков Ю.С. Групові об'єднання підприємств в сучасних економічних умовах.	260

Иполитова И.Я. Факторный анализ влияния ресурсоемкости на финансово-хозяйственную деятельность предприятия.	263
Казаков А.Н. Система факторов формирования инвестиционной привлекательности региона.	265
Кожина О.М. Портфельний аналіз як інструмент управління матеріальним забезпеченням виробництва.	267
Котов А.Н. Стратегическое планирование формирования капитала предприятия.	269
Писарчук О.В. Оцінка вартості підприємства в системі управління його розвитком.	271
Ткаченко О.В. Ресурсне обґрунтування маркетингової стратегії зовнішньоекономічної діяльності підприємства.	273
Савченко Н.Н. Повышение эффективности профессиональной подготовки персонала на предприятии.	275
Савченко Н.Ф., Гришко Н.М. Технологические аспекты проектирования технологических процессов изготовления крупногабаритных изделий.	277
Шкурупій Ю.В. Оцінка ризику інвестування підприємства при входженні його в процедуру санації.	279
Шкурупій В.Г. Оценка эксплуатационных свойств упругих выдвижных ленточных элементов.	281

Научное издание

Труды 10-й Международной научно-технической конференции

Физические и компьютерные технологии

28-30 сентября 2004 года, г. Харьков

Составили: Новиков Федор Васильевич
Якимов Александр Васильевич

Ответственный за выпуск
Фадеев В.А.

Оформление оригинал-макета
Бондарь Н.Б., Новиков Д.Ф.

Подписано к печати 16.09.2004г. Формат 60x88/8.
Бумага офсетная. Усл.-печ. л. 37,7. Уч.-изл. л. 33,2
Тираж 300. Заказ № 1675