

*16 - я Международная
научно-
техническая
конференция*

*ФИЗИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮ-
ТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ*

*15 – 16 сентября
2010 г*

г. Харьков

Харьковская научно-производственная корпорация "ФЭД"
Харьковский национальный экономический университет
Одесский национальный политехнический университет
Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт"
Ассоциация технологов-машиностроителей Украины
Институт сверхтвердых материалов НАН Украины
Институт проблем машиностроения НАН Украины
Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»
Харьковский национальный технический университет радиоэлектроники
Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
Харьковская государственная академия железнодорожного транспорта
Донецкий национальный технический университет
Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь
Сумской государственный университет
Национальная Металлургическая Академия Украины
Севастопольский национальный технический университет
Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля
Луцкий государственный технический университет
Одесское отделение Инженерной Академии Украины
Московский государственный открытый 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"
Харьковское Государственное Авиационное производственное предприятие
ОАО ХМЗ "Свет шахтера"
ОАО Завод "Потенциал"
ЗАО Завод "Южкабель"
НТК "Эльбор-4", г. Харьков
Высшая техническая школа, Цвикау, Германия
Международная академия по развитию технологий, Кельн, Германия
Компания "Foxenergy", Верона, Италия
Жешувский технологический университет, Польша
Кафедра UNESCO "Интеллектуальное моделирование и адаптация нетрадиционных технологий к проблемам перспективного обучения и общественного прогресса"

ТРУДЫ 16-Й МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО- ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

"ФИЗИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ"

**INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND
TECHNICAL CONFERENCE**

Харьков 2010

УДК 62-65: 621.382.82

Физические и компьютерные технологии.

Труды 16-й Международной научно-технической конференции, 15-16 сентября 2010г.
– Харьков: ХНПК «ФЭД», 2010. – 235 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, электрофизики и электроэнергетики, экономики и организации производства; 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)	Крюк А.Г., к.т.н.	(Харьков)
Новиков Ф.В., д.т.н.	(Харьков)	Ларшин В.П., д.т.н.	(Одесса)
Фадеев В.А., д.т.н.	(Харьков)	Малыхин В.В., к.т.н.	(Курск)
<u>Члены совета:</u>		Морачковский О.К., д.т.н.	(Харьков)
Борисевич В.К., д.т.н.	(Харьков)	Новиков Г.В., к.т.н.	(Харьков)
Воробьев Ю.С., д.т.н.	(Харьков)	Проволоцкий А.Е., д.т.н.	(Днепропетровск)
Гринева В.Н., д.э.н.	(Харьков)	Петраков Ю.В., д.т.н.	(Киев)
Дитиненко С.А., к.т.н.	(Харьков)	Савченко Н.Ф., к.т.н.	(Харьков)
Клименко С.А., д.т.н.	(Киев)	Шкурупий В.Г., к.т.н.	(Харьков)
Ковальчук А.Н., к.т.н.	(Харьков)	Ямников А.С., д.т.н.	(Тула)
Коломиец В.В., д.т.н.	(Харьков)		

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ:

Андилахай А.А., к.т.н.	(Мариуполь)	Новоселов Ю.К., д.т.н.	(Севастополь)
Гапонов В.С., д.т.н.	(Харьков)	Новиков С.Г., к.т.н.	(Курск)
Золотарев В.М., к.т.н.	(Харьков)	Оргиян А.А., д.т.н.	(Одесса)
Ерошин С.С., д.т.н.	(Луганск)	Осипов В.А., к.т.н.	(Сумы)
Иванов Е.И., к.т.н.	(Мариуполь)	Пермяков А.А., д.т.н.	(Харьков)
Карпушенко В.П., к.э.н.	(Харьков)	Рябенков И.А., к.т.н.	(Харьков)
Кленов О.С.	(Харьков)	Свищев В.И., д.т.н.	(Пермь)
Королев А.В., д.т.н.	(Саратов)	Сизый Ю.А., д.т.н.	(Харьков)
Лавриненко В.И., д.т.н.	(Киев)	Скобло Т.С., д.т.н.	(Харьков)
Лебедев В.Г., д.т.н.	(Одесса)	Степанов М.С., д.т.н.	(Харьков)
Линчевский П.А., д.т.н.	(Одесса)	Тернюк Н.Э., д.т.н.	(Харьков)
Макаров В.Ф., д.т.н.	(Пермь)	Шепелев А.А., д.т.н.	(Киев)
Марчук В.И., д.т.н.	(Луцк)	Усов А.В., д.т.н.	(Одесса)
Матюха П.Г., д.т.н.	(Донецк)	Худобин Л.В., д.т.н.	(Ульяновск)
Назаров Ю.Ф., д.т.н.	(Москва)		

Труды воспроизводятся непосредственно с авторских оригиналов.

**10-ЛЕТИЮ ПРОВЕДЕНИЯ
МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
”ФИЗИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ”
П О С В Я Щ А Е Т С Я**

10 лет назад, 22 – 26 мая 2000 года, в очень солнечные теплые майские дни в Актовом зале Харьковского машиностроительного завода ”ФЭД” состоялась наша первая конференция, тогда еще под названием “Проблемы теории и практики технологии машиностроения, механической и физико-технической обработки”. Конференция была проведена по инициативе больших энтузиастов по популяризации научно-технических знаний профессора Одесского национального политехнического университета Якимова Александра Васильевича, профессора Харьковского национального экономического университета Новикова Федора Васильевича и профессора, главного инженера Харьковского машиностроительного завода ”ФЭД” Фадеева Валерия Андреевича. На удивление, конференция превзошла все ожидания и получила большой резонанс не только в городе Харькове. Незабываем подъем, который царил тогда на заводе “ФЭД”. Актовый зал завода, вмещающий 300 человек, был полностью заполнен. Все выступающие были едины в желании помочь производству “встать на ноги”. В докладах Генерального директора завода Жданова А.А., главного инженера Фадеева В.А., профессоров Якимова А.В. и Новикова Ф.В. был раскрыт реальный потенциал производства и науки, а также те возможности, которые открываются от их тесного союза. В течение двух дней с необычайным вниманием были выслушаны интересные доклады ученых и специалистов Харькова, Украины и России (профессоров Ямникова А.С. (г. Тула, Россия), Морачковского О.К., Грабченко А.И., доцентов Загребельного В.Н., Гришко Я.А., аспиранта Богуслаева А.В. и многих других), а первые экскурсии по заводу произвели на участников конференции неизгладимое впечатление от увиденных сложнейших агрегатов авиационной техники, которые изготавливаются на заводе.

После первой конференции было проведено еще 14 конференций и все они оставили глубокий след в сердцах и душах присутствующих и в первую очередь своей необычностью. Необычность состояла в том, что под “одной крышей” собрались производственники и ученые, творческая заводская и университетская молодежь, убеленные сединой профессора. Пожалуй, это одна из немногих конференций, проводимых в Украине, в заводских стенах, где слышен звук работающих станков, а выступающим не без труда приходится отвечать на сложные практические вопросы заводских специалистов. В этом особенность наших конференций, которые позволили приблизить академическую науку к заводским цехам, услышать злободневные проблемы, которыми живет производство. Наверное, под впечатлением конференций, многие ученые и университетские специалисты стали совсем по-другому смотреть на объекты и предметы своих исследований, открыли для себя совершенно новый мир науки и техники, требующий новых подходов и решений.

Одна из главных задач конференций – привлечь творческую молодежь к

решению актуальных научно-технических и производственных проблем. Поэтому не случайно, основными докладчиками на конференциях были молодые ученые и специалисты. Многие из них здесь получили настоящую “путевку в мир Науки и Знаний”, успешно подготовили и защитили не только кандидатские, но и докторские диссертации. Наиболее активные участники конференций предложили и внедрили на заводе “ФЭД” свои разработки.

Подводя итоги 10-летия проведения наших конференций, необходимо отметить большую работу по их организации руководителей конференций профессоров Якимова А.В., Новикова Ф.В. и Фадеева В.А. Благодаря их усилиям к каждой конференции готовились и издавались большого объема сборники научных трудов конференции и ВАКовские сборники, специально предоставленные Харьковским национальным техническим университетом сельского хозяйства, Одесским национальным политехническим университетом, Инженерной академией Украины, в которых печатались научные статьи участников конференций.

В рамках проводимых конференций под общей редакцией проф. Новикова Ф.В. и Якимова А.В. было подготовлено 10-томное издание под общим названием “Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения”. В авторский коллектив издания вошли ведущие ученые-технологи Украины и России. Издание носит энциклопедический характер и охватывает все основные теоретические и практические вопросы, относящиеся к специальностям технологии машиностроения; механической и физико-технической обработки материалов. Данное издание получило широкое признание, весьма полезно как для научных работников, так и для заводских специалистов, а также для лиц, углубляющих свои знания в технологической области.

В рамках проводимых конференций и с грифом конференций также был подготовлен и издан ряд учебных пособий для студентов по актуальным проблемам техники и технологий.

В работе конференций приняло участие большое количество различных по направлениям научных школ города Харькова, Украины, России и стран дальнего зарубежья. Среди них в первую очередь следует отметить всемирно известную научную технологическую школу профессора Якимова А.В., которая сегодня охватывает не только город Пермь (где родился и начал трудовую деятельность Александр Васильевич Якимов) и Одессу (где он живет и работает сейчас), но и наш родной город Харьков. Достаточно сказать, что под впечатлением прекрасных научных работ проф. Якимова А.В. его ученик-харьковчанин Новиков Ф.В. стал доктором технических наук и профессором, а харьковчанин – главный инженер завода “ФЭД” – Фадеев В.А. подготовил и защитил кандидатскую и докторскую диссертации и также стал профессором.

В этом году Александру Васильевичу Якимову исполнилось 85 лет. Он по-прежнему полон сил и творческих замыслов. Пишет интересные книги, учит студентов, готовит аспирантов к покорению самых высоких вершин науки. Этой знаменательной юбилейной дате мы посвящаем нашу очередную 16-ю по счету конференцию и желаем Александру Васильевичу крепкого здоровья, счастья и больших творческих успехов в научной и педагогической работе. Желаем написать еще много учебников и монографий, подготовить не один десяток

кандидатов и докторов наук и возвысить его любимую дисциплину – технологию машиностроения – до уровня академических наук, а это позволит нам создавать лучше, быстрее и экономичнее самолеты, холодильники и многое-многое другое... И еще с гордостью можно сказать: нам очень повезло жить в эпоху Александра Васильевича – выдающегося ученого, который поражает нас своими незаурядными разносторонними знаниями в области механики, математики, теплофизики, материаловедения, технологии машиностроения и других наук. Трудно назвать человека, который бы так глубоко понимал ”весь букет” фундаментальных наук и мог их эффективно использовать для решения практических задач. Его основополагающие решения по тепловым и механическим процессам, возникающим при резании материалов, и разработанные высокоэффективные технологии прерывистого шлифования получили всеобщее признание и утвердили Александра Васильевича Якимова как мирового классика технологии машиностроения. Чего только стоят его работы по теории зубошлифования – одного из самых сложных видов механической обработки. Лишь в его книгах можно легко и просто разобраться с этим сложным с кинематической и теплофизической точек зрения процессом. Лаконично и в доступной форме написанные им книги по технологии машиностроения стали настольными книгами для целых поколений специалистов и студентов.

Александр Васильевич вобрал в себя лучшие качества, присущие человеку: простоту, скромность, честность, порядочность, отзывчивость, желание прийти на помощь человеку в трудную минуту. За эти прекрасные человеческие качества мы его очень любим и ценим. И еще Александра Васильевича Якимова можно по-настоящему назвать “отцом” наших конференций. Ему по праву принадлежит идея организации и проведения серии научно-технических конференций по проблемам машиностроения в таком мощном индустриальном городе как наш Харьков. Эта идея впервые возникла в 1999 году на пороге нового тысячелетия и совпала с возрождением экономики Украины, становлением новых производственных отношений и первыми успехами харьковских предприятий и в особенности завода “ФЭД”, который получил первые серьезные заказы после долгого застоя и блестяще с ними справился, что стало мощным импульсом возрождения былых достижений трудового коллектива завода. Несомненно, огромная заслуга в этом Генерального директора завода Жданова Александра Андреевича и главного инженера Фадеева Валерия Андреевича. Мы благодарны им за то, что они предоставили нам все возможности для проведения конференций в стенах завода, постоянно в них участвовали и выступали с интересными докладами, вдохновляли нас производственными успехами прославленного предприятия.

Сегодня завод “ФЭД” – флагман отечественного машиностроения. Его продукция широко используется в авиационной и космической отраслях Украины и России. По велению времени идет техническое перевооружение завода, приобретаются новые современные высокооборотные станки с ЧПУ, которые приходят на смену устаревшему оборудованию. Обработка на них ответственных высокоточных деталей гидро- и топливоаппаратуры авиационного назначения позволила кардинальным образом изменить суть технологического процесса: значительно уменьшилось количество технологических операций, потребляемых инструментов

и рабочих-станочников, занятых в производстве, повысилось качество и надежность обработанных деталей. Все это делает машиностроительную продукцию завода вполне конкурентоспособной с мировыми лидерами производства аналогичной продукции. Наверное, немалая заслуга в этом и проводимых нами конференций, позволивших ознакомить трудовой коллектив завода с последними достижениями науки и техники, привлечь многие фирмы и компании к сотрудничеству с заводом по внедрению новых станков, инструментов и технологий.

Заслугой наших конференций является и то, что на заводе “ФЭД” выросла целая плеяда кандидатов наук, а главный инженер Фадеев В.А. защитил докторскую диссертацию, посвященную научному обоснованию новых возможностей повышения эффективности агрегатостроения – основного направления деятельности завода. В своей работе Валерий Андреевич на научной основе определил основные направления модернизации производственного процесса завода и выпуска высококачественной и надежной авиационной техники, что успешно реализуется на практике. В 2009 году Фадеев В.А. стал Лауреатом Государственной премии Украины.

Заслуживает особой благодарности работа по организации и популяризации наших конференций, которую проводит профессор Одесского национального политехнического университета Ларшин В.П. – один из учеников проф. Якимова А.В. Василий Петрович Ларшин – автор большого количества изобретений и научных трудов. Выпускник Пермского политехнического института, ставший в последствии одним из самых молодых профессоров Одесского политехнического университета, он воплотил в себе идеалы научной школы проф. Якимова А.В., плодотворно работает над разработкой и внедрением эффективных технологических процессов в производство и с не меньшим успехом обучает технологическим наукам студенческую молодежь.

В работе конференций постоянно принимает участие кафедра техники и технологий Харьковского национального экономического университета (в дальнейшем ХНЭУ), возглавляемая к.т.н., доцентом Крюк А.Г. Преподаватели кафедры: доценты Дитиненко С.А., Шкурупий В.Г., Савченко Н.Ф., Чистяк В.Г. неоднократно выступали с докладами на конференциях и участвовали во внедрении новых технологических процессов обработки деталей на ХМЗ “ФЭД”, а Дитиненко С.А. и Шкурупий В.Г. успешно защитили кандидатские диссертации. Большое внимание к подготовке конференций уделял замечательный человек, видный ученый, педагог и Учитель для многих из нас профессор Дудко Петр Дмитриевич, которого уже почти 2 года нет с нами, но оставившего о себе добрую память.

В развитии предприятия особое место занимает экономика производства. Поэтому в рамках конференции была организована секция “Экономика и организация производства” под руководством д.э.н., профессора, проректора ХНЭУ Гриновой В.Н. На секции заслушано большое количество докладов ученых-экономистов, аспирантов и студентов ХНЭУ, НТУ “ХПИ” и т.д. Особо следует выделить доклады докторов экономических наук Орлова П.А., Тимофеева В.Н.

Следует отметить активное участие в наших конференциях коллективов многих кафедр НТУ “ХПИ”: технологии машиностроения (зав. каф. проф. Тимофеев Ю.В.), динамики и прочности машин (зав. каф. проф. Львов Г.И.), теоретической механики (зав. каф. проф. Морачковский О.К.), сопротивления материалов

(зав. каф. проф. Хавин В.Л.), обработка металлов давлением (зав. каф. проф. Евстратов В.А.), детали машин (зав. каф. проф. Гапонов В.С.), колесных и гусеничных машин (зав. каф. проф. Александров Е.Е.), экономики (зав. каф. проф. Тимофеев В.Н.) и других. С прекрасными докладами постоянно выступали профессора Сизый Ю.А., Пермяков А.А., Шелковой А.Н., Ткачук Н.А., Степанов М.С., Бреславский Д.В., Шатохин В.М., Геворкян Э.С., доценты Столбовой А.С., Рамашов Ю.В., Петков А.А., Фесенко А.В., Серховец О.И., Хавин Г.Л., Громов В.А.

Большую работу по организации наших конференций проводят научные коллективы кафедр Харьковского национального технического университета сельского хозяйства под руководством профессоров Коломийца В.В. и Скобло Т.С.; кафедры “Материалы и технология изготовления изделий транспортного назначения” Академии железнодорожного транспорта (г. Харьков), руководимой профессором Тимофеевой Л.А.; кафедры технологии машиностроения Приазовского государственного технического университета (г. Мариуполь), руководимой доцентом Андилахай А.А.); Института сверхтвердых материалов НАН Украины имени В.Н. Бакуля и Ассоциации технологов-машиностроителей Украины, руководимой проф. Клименко С.А.; отдела Института проблем машиностроения НАН Украины под руководством проф. Воробьева Ю.С.; кафедры технологии машиностроения Национальной металлургической академии Украины, руководимой проф. Проволоцким А.Е.; кафедры приборостроения Луцкого национального технического университета, руководимой проф. Марчуком В.И.; Донецкого национального технического университета; НТУ “Киевский политехнический институт” и многих других организаций.

Заслуживают особого внимания доклады профессоров Борисевича В.К., Костюка Г.И., Мовшовича А.Я., Тернюка Н.Э., (г. Харьков), Лавриненко В.И. (г. Киев), Усова А.В., (г. Одесса), Гурья И.В. (г. Львов), кандидатов технических наук Наддачина В.Б. (г. Одесса), Радченко С.Г. (г. Киев), Настасенко В.А. (г. Херсон), Иноземцева К.А. (г. Курск), Колодяжного А.В., Вакуленко К.В., Милешкина М.Б., Сметанкиной Н.В., Тарабановой В.П., Романова А.А. (г. Харьков), специалистов предприятий Кленова О.С., Макутонина В.Б., Гулюк А.А.

Очень интересные доклады постоянно представляли на конференции Дудин А.Т. (г. Евпатория), кандидаты технических наук Новиков Г.В., Науменко А.А. (г. Харьков), Якимов А.А. (г. Одесса), Иванов Е.И., Иванов И.Е. (г. Мариуполь), Осипов В.А. (г. Сумы), доктора технических наук, профессора Оборский Г.А., Товстоногий В.М., Линчевский П.А., Оргиян А.А., Деревянченко А.Г., Лебедев В.Г. (г. Одесса), Матюха П.Г. (г. Донецк), Карпусь В.Е. (г. Харьков), Новоселов Ю.К. (г. Севастополь) и другие.

В конференциях постоянно участвовали ученые из университетов России: Московского государственного открытого университета (научная школа проф. Назарова Ю.Ф.), Тульского государственного университета (научная школа проф. Ямникова А.С.), Курского государственного технического университета (научная школа проф. Емельянова С.Г.), Ульяновского государственного технического университета (научная школа проф. Худобина Л.В.), Саратовского государственного технического университета (научная школа проф. Королева А.В.), Пермского государственного технического университета (научная школа проф. Свирицева В.И.).

Активное участие в конференциях принимали специалисты машиностроительных предприятий: ГП "Завод им. Малышева" (профессора Любченко А.П., Лобанов В.К.), АО "Мотор - Січ" (главный инженер Жеманюк П.Д.), Харьковское государственное Авиационное производственное предприятие, ПО "Коммунар", ОАО ХМЗ "Свет шахтера" (главный инженер к.т.н. Ковальчук А.Н.), ОАО Завод "Потенциал" (директор к.т.н. Ткаченко В.П.), ЗАО Завод "Южкабель" (генеральный директор, к.т.н. Золотарев В.М., технический директор к.э.н. Карпушенко В.П.), ОАО "Харьковский завод "Гидропривод" (директор к.т.н. Яценко С.М.).

Фактически на всех конференциях выступал с докладами к.т.н., доцент Курского государственного технического университета, член оргкомитета конференции Малыхин В.В., выпускник аспирантуры Харьковского политехнического института, специалист в области обработки материалов резанием. Для него Харьков стал родным городом, и он с удовольствием участвовал в конференциях. Вместе с ним из Курска постоянно приезжали его коллеги и выступали на конференциях с интересными докладами. Среди них особенно хочется отметить к.т.н., доцента Новикова С.Г., замечательного и очень увлеченного наукой человека, который с юмором может рассказать о серьезных научных математических результатах.

Особая благодарность за большую работу по организации конференций Бондарь Надежде Борисовне. Она очень оперативно и профессионально составляла оригинал-макеты сборников и программ конференций.

Наряду с университетской академической наукой на конференциях был широко представлен научно-технический потенциал частных фирм и компаний. Сейчас частный капитал – мощный двигатель машиностроения. На него приходится львиная доля поставок на предприятия технологического оборудования, инструментов и технологий. Он четко отслеживает "рынок", быстро реагирует на все изменения в нем. Но при этом частные фирмы и компании заняты не только коммерческими вопросами, они еще и изготавливают прекрасные инструменты, разрабатывают наукоемкие технологии и, конечно же, могут предложить большой спектр современных (к сожалению, импортных) станков, которые так нужны предприятиям для изготовления высококачественной наукоемкой машиностроительной продукции, успешно конкурирующей с зарубежными аналогами. Такой высокий уровень развития малого бизнеса достигнут благодаря тому, что многие руководители фирм и компаний являются кандидатами наук и серьезно занимаются решением научных проблем. Поэтому в программе настоящей конференции и в сборнике материалов Вы не случайно увидите достаточно много докладов представителей частных фирм и компаний, занимающихся научно-производственной деятельностью. Будем надеяться, что участие в наших конференциях поможет им поближе познакомиться с проблемами теории и практики машиностроения, удачно представить свои разработки и установить полезные деловые контакты с работниками предприятий.

Желаем всем участникам конференции крепкого здоровья, счастья, благополучия, успехов в работе и самых хороших впечатлений, надежд и ожиданий от нашей сегодняшней конференции!

Оргкомитет конференции

Поздравляем



к 85-летию
доктора технических
наук, Заслуженного
деятеля
науки Украины,
Лауреата
Государственной
премии Украины,
профессора

ЯКИМОВА
АЛЕКСАНДРА
ВАСИЛЬЕВИЧА

В этом году исполнилось 85 лет со дня рождения профессора Одесского национального политехнического университета Якимова Александра Васильевича – выдающегося ученого-технолога, организатора всемирно известной научной технологической школы и основоположника учения по финишным методам алмазно-абразивной обработки деталей машин, изготовленных из конструкционных машиноподелочных сталей, металлов и сплавов, в том числе из труднообрабатываемых материалов и материалов, склонных к образованию шлифовочных дефектов (прижогов и микротрещин). Стоявший у истоков созданных им научных направлений, он подготовил плеяду ученых и единомышленников, которые успешно работают, продолжая традиции его научной школы не только в Украине (Одесса, Харьков, Киев, Севастополь, Хмельницкий и др.), но также в России (Пермь, Ижевск, Москва, Луга, Волжский и др.) и других странах ближнего и дальнего зарубежья (в том числе США).

Александр Васильевич Якимов родился в г. Чермоз Пермской области в семье рабочего. Его отец работал прокатчиком на металлургическом заводе, мать была домохозяйкой. После окончания семи классов школы в 1939 году он

поступил учиться в механический техникум. В 1943 году призван в ряды Советской Армии. Сначала в Челябинское авиационное училище штурманов (1943-1944 годы), а после окончания – в Высшую школу штурманов в г.Рязани (с 1944 по 1946 годы). В 1946 году демобилизовался и поступил работать конструктором на машиностроительный завод им. Я.М.Свердлова (1946-1952 годы) в г.Перми. Одновременно поступил учиться на заочное отделение моторного факультета Московского авиационного института (МАИ). После окончания МАИ (в декабре 1952 года) поступил в аспирантуру МАИ на кафедре “Производство авиадвигателей”. В 1956 году в МАИ защитил кандидатскую диссертацию по теме “Исследование жесткости металлорежущих станков типа МААГ”. После окончания аспирантуры в 1956 году был направлен на работу в Запорожский машиностроительный институт, где работал сначала старшим преподавателем (с 1956 по 1958 годы) и по совместительству – заместителем декана механико-технологического факультета (МТФ), а затем – доцентом кафедры “Станки и режущий инструмент”. В 1961 году по конкурсу перешел работать в Пермский политехнический институт (ППИ) сначала в должности доцента кафедры “Станки и режущий инструмент” (1961-1963 годы) и по совместительству деканом МТФ, а затем (с 1963 по 1974 годы) – заведующим кафедрой “Технология машиностроения”. Работая заведующим кафедрой, А.В.Якимов смог объединить научные интересы кафедр технологии машиностроения, физики, автоматики и телемеханики, металловедения и термической обработки, сопротивления материалов, металлорежущих станков и инструментов. Это творческое объединение позволило, с одной стороны, повысить научный и теоретический уровень работ, выполняемых для промышленности, с другой – создать условия для роста кадров. Так в 1963 году была защищена кандидатская диссертация по тепловым процессам при шлифовании заведующим кафедрой физики В.А.Сипайловым, который в 1973 году успешно защитил докторскую диссертацию на тему “Основы теории тепловых процессов при шлифовании металлов”. Под руководством А.В.Якимова успешно выполняли научные работы многие другие сотрудники указанных кафедр и промышленных предприятий. Например, старший преподаватель кафедры физики Ханжин Н.Н. в 1968 году защитил кандидатскую диссертацию по тепловым процессам при резьбошлифовании. Старший научный сотрудник Головизин А.С. (завод им. Я.М.Свердлова) защитил диссертацию по шлифованию конических зубчатых колес с круговыми зубьями. Сотрудник кафедры автоматики и телемеханики ППИ Зуев В.Н. и аспиранты кафедры технологии машиностроения Бояршинов Ю.А., Перов Э.Н., Ушатов Л.В. по заказу Московского завода шлифовальных станков МСЗ разработали адаптивные системы управления качеством поверхностного слоя при зубошлифовании для станков типа МААГ (мод.5851) и Найльс (мод.5831). Аспиранты Потемкин В.И., Кудашкин В.Н., Вечер Р.И. обосновали область рационального применения прерывистых кругов при шлифовании инструментов, штампов и деталей турбобуров. Аспиранту Казимирчику Ю.А. впервые удалось произвести измерение температуры в области единичного зерна при шлифовании. Аспиранты Костин Н.В. и Грисенко Е.В. провели комплексное исследование процесса ленточного прерывистого шлифова-

ния жаропрочных и титановых сплавов, а также древесно-стружечных плит. Аспирант Кигель И.Г. обосновал возможность и эффективность применения прерывистых алмазных кругов при шлифовании твердых сплавов. Сотрудник кафедры физики Ярмонов Н.А. провел теоретическое исследование процесса шлифования труднообрабатываемых материалов прерывистыми и композиционными кругами. Так под руководством А.В.Якимова начинает формироваться научная школа по тепловым явлениям при шлифовании и управлению качеством поверхностного слоя деталей машин.

Здесь следует отметить, что ученые десятилетиями бились над решением проблемы управления качеством поверхностного слоя деталей машин при шлифовании. До 35-40 % дорогостоящих деталей, имеющих высокую точность после шлифования, уходило в неисправимый брак. Причина – скрытые от глаза прижоги и микротрещины, возникающие при обработке металлов и сплавов абразивными инструментами под воздействием высоких температур в зоне резания. Многочисленные убытки воспринимались как неизбежное зло. Даже подбор заниженных, так называемых «щадящих», режимов шлифования, в несколько раз снижающих производительность обработки, не позволял полностью устранить шлифовочные дефекты. Как следствие, долговечность подшипников снижалась в 3 раза, зубчатых колес – в 5-8 раз, стойкость штампов – в 30 раз. Системный подход к решению комплексной проблемы позволил уже в те годы осуществить прорыв в технологии шлифования ответственных деталей машин и сформулировать основные направления по автоматизации шлифовальных станков и технологии изготовления абразивного инструмента. Метод прерывистого шлифования, предложенный группой ученых под руководством заведующего кафедрой технологии машиностроения ППИ А.В.Якимова, позволил решить проблему. Сущность метода можно понять при сравнении времени теплового насыщения (время, в течении которого температура шлифования достигает установившегося значения) с временем действия теплового источника в зоне контакта круга и заготовки. Поскольку указанные промежутки времени сопоставимы по величине, то появляется возможность управлять теплонапряженностью прерывистого шлифования за счет регулирования количества и размеров режущих выступов на абразивном или алмазном шлифовальном круге. Новаторская технологическая идея прерывистого шлифования легла в основу докторской диссертации А.В.Якимова, которую он защищает в 1970 году в МАИ по теме “Технологические основы процесса шлифования кругами с прерывистой рабочей поверхностью”. В 1972 году ему присваивают ученое звание профессора.

С 1974 года научная и педагогическая деятельность профессора А.В.Якимова продолжается в Одесском политехническом институте (ныне Одесский национальный политехнический университет, далее ОНПУ), куда он приглашен по конкурсу на должность заведующего кафедрой технологии машиностроения и где продолжает успешно руководить созданной им научной школой. Вслед за своим учителем потянулись в Одессу из Перми сотрудники ППИ: Евсин Е.А., Мубаракшин Р.М., Гольдин Г.В., Чистяков М.В., Политов М.Ф., Маленьких С.М., Стефаненков П.Н., Бахвалов В.А., Ложкина Л.А. (ка-

федра технологии машиностроения), Паршаков А.Н. (кафедра физики), Донсков А.С. (кафедра динамики и прочности машин), Свирцев В.И. (кафедра теории механизмов и машин), Ларшин В.П. (кафедра автоматики и телемеханики). Кроме того, в аспирантуре Одесского политехнического у профессора А.В.Якимова обучились и стали кандидатами наук Бирюков П.К. (г. Лысьва), Коротков В.С. (г. Днепродзержинск), Мокронос Л.А. (г. Свердловск), Сиротин В.П. (г. Волжский), Наумов А.К. и Шамлиев В.К. (г. Севастополь) и другие. Каждый из перечисленных аспирантов внес в совершенствование технологии шлифования и других финишных методов обработки свой научный вклад. Например, Евсин Е.А. разработал оригинальный способ управления теплонапряженностью процесса алмазного выглаживания, что позволило решить проблему увеличения производительности этого метода упрочняющей финишной обработки (после защиты диссертации Евсин Е.А. возглавил кафедру технологии машиностроения ППИ). Стефаненков П.Н. разработал новый способ нанесения регулярного рельефа на рабочую поверхность шлифовального круга, используя для этой цели автоколебания в системе. Бахвалов В.А. установил связь структуры материала с предрасположенностью его к трещинообразованию при шлифовании и предложил пути устранения влияния технологической наследственности. Паршаков А.Н. выполнил комплекс теоретических исследований тепловых явлений, установил связь свойств упруго-демпфирующих элементов с качеством поверхностного слоя деталей при шлифовании. Политов М.Ф. разработал способ упрочняющего шлифования и обосновал метод управления физико-механическими свойствами упрочненного «белого» слоя путем применения адаптивной системы управления. В помощь аспирантам привлекались инженеры-исследователи кафедры технологии машиностроения Одесского политехнического института (ОПИ), каждому из которых профессором А.В.Якимовым была определена область будущей диссертационной работы, подкрепленная запросами машиностроительных предприятий. Темы диссертационных работ получили и преподаватели этой кафедры. В последствии аспирантами стали сотрудники кафедры (Ница А.Н., Шарков В.А., Буюкли И.М., Новак Г.А., Усов А.В., Наддачин В.Б., Ковальчук Е.Н., Анельчик В.Д., Сазонов И.П., Соловьева Л.П., Соколов В.Ф.), а также работники предприятий: Ткаченко Б.О. (Одесский завод «Стройгидравлика»), Мещанинец А.А. (Генеральный директор производственного объединения «Термопластавтомат» в г. Хмельницкий) и Рахмани Абдул Кудус (Афганистан).

Развивая идеи своей докторской диссертации, профессор А.В.Якимов успешно руководит аспирантами и докторантами, которые всесторонне изучают различные аспекты технологии прерывистого шлифования, а также разрабатывают методы автоматического управления качеством поверхностного слоя ответственных деталей машин при их финишной обработке. По этим направлениям защищаются десятки кандидатских диссертаций, а также докторские работы. Широкое внедрение в 70-е и 80-е годы алмазных шлифовальных кругов (проектирование новых конструкций алмазных кругов проводилось в Институте сверхтвердых материалов АН УССР под руководством профессора Якимова А.В.) дало процессу прерывистого шлифования новый импульс для дальнейше-

го развития. Оказалось, что помимо снижения теплонапряженности и увеличения режущей способности прерывистых алмазных кругов, метод прерывистого алмазного шлифования позволяет существенно экономить дорогостоящее алмазное сырье – природные и искусственные алмазы. Например, при изготовлении прерывистых алмазных кругов одно и то же количество алмазного сырья позволяет изготовить на его основе большее количество алмазных прерывистых кругов (по сравнению с аналогичными сплошными кругами). Успешное внедрение прерывистых алмазных кругов на многочисленных самолето-, мото- и станкостроительных заводах послужило убедительным обоснованием для присвоения профессору А.В. Якимову почетных званий Заслуженного деятеля науки и техники Украины (1982 год) и Лауреата государственной премии Украины (1986 год). Лауреатами государственной премии Украины также стали руководимые им исследователи из Института сверхтвердых материалов (г. Киев), НИАТ (г. Москва), НИИ деревообработки (г. Киев) и УралВНИИАШ (г. Челябинск).

В Одесском политехническом, окончательно сформировались два основных научных направления исследовательских работ по управлению процессами абразивно-алмазной обработки:

- внесение в технологическую систему новых конструктивно-технологических элементов (прерывистое шлифование, упруго-демпфирующее крепление инструмента, новые технологии правки шлифовальных кругов, технологические смазочные составы и т.п.);
- автоматическое (адаптивное, интеллектуальное, компьютерное) управление процессом алмазно-абразивной обработки на основе использования информации, возникающей при обработке. В первом случае управление является разомкнутым (без использования обратной связи по технологическим параметрам), во втором – замкнутым (корректировка процесса обработки производится при помощи цепи обратной связи). По обоим этим направлениям под руководством профессора А.В.Якимова выполняются кандидатские диссертации, а в 1995 году – обобщающая докторская работа автора данной статьи Ларшина В.П., объединившая оба направления в единую интегрированную технологическую систему, в которой учитывается единый механизм производства и его подготовки. Было установлено, что за счет общей (в отличие от частичной) оптимизации эффективность интегрированных систем оказывается выше, чем эффективность обособленных систем проектирования и обработки. Новый подход к автоматизации проектирования и производства соответствовал перспективному направлению в технологии машиностроения – разработке интегрированных производственных систем (в зарубежной литературе такие системы получили название Computer-Integrated Manufacturing Systems) на основе всестороннего использования компьютерных технологий как на подготовительной, так и на исполнительной фазе производственного процесса. Практическому осуществлению этого похода способствовали быстрые темпы развития аппаратного и программного обеспечения компьютерных систем с открытой архитектурой. В настоящее время интегрированные производственные системы получили дальнейшее развитие в виде CALS технологий (Continuous Acquisition and

Life cycle Support – непрерывная информационная поддержка жизненного цикла изделия).

В 1998 году профессор А.В. Якимов становится действительным членом Инженерной Академии Украины. К этому времени он – автор многочисленных монографий, учебных пособий и учебников. Участие его в работе Инженерной Академии Украины приводит к возникновению еще одного направления научно-просветительской деятельности профессора А.В. Якимова – организация и проведение в Украине крупных международных конференций по тематике физических и компьютерных технологий в машиностроении. Ежегодными (а иногда и дважды в год) становятся такие конференции, проводимые под председательством профессоров Новикова Ф.В. и А.В. Якимова в г. Харькове на базе Харьковского государственного предприятия “ХМЗ ФЭД”. Труды этих конференций содержат развернутые материалы по современным технологическим исследованиям и разработкам, включая вопросы методического обеспечения учебного процесса. Они издаются в виде специальных выпусков “Вісник інженерної Академії України”, “Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства”, а также в виде отдельных трудов указанной международной конференции. Участие в работе конференции известных научных школ стран СНГ предоставило возможность объединения творческих усилий, что нашло отражение в решении подготовить под редакцией профессоров Новикова Ф.В. и Якимова А.В. 10-томное издание материалов по современным направлениям развития технологии машиностроения. В период с 2003 по 2008 годы изданы все 10 томов.

Профессор А.В. Якимов подготовил 55 кандидатов и 6 докторов технических наук. Его ученики продолжают развивать идеи своего учителя. Среди них известные ученые и педагоги:

- Свирщев В.И. (профессор кафедры технологии машиностроения Пермского государственного технического университета),
- Новоселов Ю.К. (бывший директор департамента Севастопольского приборостроительного института, профессор),
- Новиков Ф.В. (сопредседатель организационного комитета указанной выше международной научно-технической конференции, профессор кафедры техники и технологий Харьковского национального экономического университета),
- Анельчик Д.Е. (бывший профессор кафедры металлорежущих станков и систем ОНПУ),
- Усов А.В. (заведующий кафедрой математики ОНПУ, Лауреат государственной премии Украины, профессор),
- Ларшин В.П. (профессор кафедры технологии машиностроения ОНПУ),
- Марчук В.И. (заведующий кафедрой приборостроения Луцкого национального технического университета, профессор),
- Калинин Е.П. (профессор Петербургского политехнического университета) и другие.

Многие ученики профессора А.В.Якимова занимают ответственные

должности в промышленности. Например, Борисов В.А. – Генеральный директор Лужского научно-производственного объединения абразивов и шлифования (это предприятие выпускает 40% от общего объема абразивной продукции России). Головизин А.С. – директор научно-производственного объединения в г. Симферополе. Вечер Р.И. – директор крупного НИИ машиностроения в г. Гомеле. Мокронос Е.Д. – Генеральный директор объединения «Пермская нефтяная компания» в г. Перми и другие.

Творческая работа в научной школе профессора А.В.Якимова основана на преемственности принимаемых решений, заключающейся в том, что в новых решениях использованы предыдущие разработки, проверенные лабораторной и заводской практикой. Характерными чертами научной школы профессора А.В.Якимова являются доброжелательная обстановка в творческом коллективе и неразрывная связь научных исследований с промышленностью и учебным процессом в вузе. Это позволяет существенно улучшить качество подготовки молодых специалистов, устранить известное противоречие между разработкой новых прогрессивных технологий и производством, где эти технологии внедряются. Следует заметить, что вузовская кафедра – это не лаборатория НИИ. Ее первейшая забота – обучение студентов и подготовка инженерных кадров для машиностроительных заводов Украины. На эту сторону дела у Александра Васильевича Якимова есть своя выработанная годами точка зрения. Он считает, что научно-технический прогресс и воспитание инженера неотделимы друг от друга. В период рыночных отношений студентов следует приобщать к новому, учить мыслить, прививать им навыки исследователя. А для этого нужно каждого студента с первого дня его пребывания в вузе погрузить в атмосферу творчества, непрерывного научного поиска. Важность студенческой научной работы трудно переоценить. Это ведь аксиома: чем увлеченней человек своим делом, тем большей отдачи можно от него ожидать, тем притягательней сила его примера. Доказательство тому долго искать не надо. Творческий путь каждого из учеников профессора А.В.Якимова начинался с занятий в научных кружках вузов. Причем, все они не только успешно осваивали программу обучения, но и создавали серьезный задел для своих будущих научных работ. Например, студенческие разработки автора этой статьи Ларшина В.П. в области адаптивных систем управления зубошлифовальными станками были использованы при создании автоматизированных зубошлифовальных станков. Увлеченность творческой работой под руководством профессора А.В.Якимова позволила Ларшину В.П. в 27 лет защитить кандидатскую диссертацию по технологии машиностроения, а затем в 42 года – и докторскую работу. В таком же молодом возрасте Новиковым Ф.В. (под руководством профессора А.В. Якимова) была подготовлена и защищена замечательная докторская диссертация «Физические и кинематические основы высокопроизводительного алмазного шлифования».

В настоящее время профессор А.В.Якимов работает на кафедре технологии машиностроения ОНПУ, которая в последние годы проводит комплекс научно-исследовательских работ по анализу и синтезу технологических процессов изготовления зубчатых колес. Выполняются фундаментальные теоретические разработки по изучению термодинамических процессов, протекающих

в зоне контакта шлифовального круга. Эта информация необходима для создания новых более прогрессивных способов шлифования зубчатых колес, позволяющих увеличить производительность обработки и стабилизировать режущую способность кругов и качество поверхностного слоя. Выполняются другие научно-исследовательские работы, например, разработка подсистемы САПР шлифовальных операций (на примере шлифования вырубных штампов с применением твердых технологических смазок), разработка технологического обеспечения компьютерной системы диагностики процесса резьбошлифования ходовых винтов. Выполняются также хозяйственные научно-исследовательские работы по заказу машиностроительных предприятий Украины и России.

Итоги долгих научных исследований и экспериментов профессор А.В. Якимов изложил в большом количестве научных и учебных работ. Этим работ более 300, среди них свыше 80 изобретений, более 18 учебных пособий и учебников. Среди крупных работ можно отметить, например, монографии: Прерывистое шлифование, Оптимизация процесса шлифования, Абразивно-алмазная обработка фасонных поверхностей, Качество изготовления зубчатых колес и другие. Кроме того, под его редакцией вышли, например, такие учебные пособия как: Технология автоматизированного машиностроения, Управление процессом шлифования, Оптимизация технологических процессов в машиностроении, Основы тепловых явлений при шлифовании деталей машин и другие. Издательская деятельность профессора А.В.Якимова продолжается. Так, например, в книжных издательствах Украины (2001 год) и России (2002 год) вышли из печати учебники “Теоретические основы технологии машиностроения” и “Технология машиностроения” под редакцией профессора А.В. Якимова. И в дальнейшем желаем Александру Васильевичу также плодотворно трудиться, радовать всех нас новыми книгами, открытиями и изобретениями.

Доктор технических наук, профессор Ларшин В.П.

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

УДК 621.923

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ШЛИФОВАНИЯ ВНУТРЕННИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Новиков Ф.В., докт. техн. наук, проф., **Дитиненко С.А.**, канд. техн. наук, доц.
(Харьковский национальный экономический университет),

Бережной Р.А. (ОАО Харьковский машиностроительный завод "Свет шахтера")

Grounded conditions to reduce the basic processing time for internal grinding, taking into account limitations on the accuracy of the size of the manufacturing surface.

При финишной обработке внутренних цилиндрических поверхностей деталей машин возникают проблемы, связанные с высокой трудоемкостью обеспечения требуемых параметров точности обработки [1,2,3]. В особой мере это относится к операциям шлифования внутренних цилиндрических поверхностей зубчатых колес для приводов шахтных конвейеров, точность изготовления которых должна соответствовать 6–7 качеству, радиальное биение – до 0,01 мм, шероховатость поверхности – $R_a=0,63$ мкм и менее. Как показывает практика, длительность операции внутреннего шлифования зубчатого колеса составляет до трех часов и более. Основной причиной низкой эффективности обработки являются возникающие (из-за низкой жесткости элементов технологической системы) упругие перемещения, которые вызывают значительные погрешности обработки и требуют длительного времени для их устранения. В связи с этим целью работы является обоснование условий уменьшения продолжительности обработки при обеспечении заданной точности обрабатываемых поверхностей.

Для решения поставленной задачи воспользуемся аналитическими зависимостями для определения упругого перемещения y , полученными применительно к круглому наружному (внутреннему) шлифованию по жесткой схеме (врезное шлифование со скоростью V_0) и по схеме выхаживания [4,5]:

$$y = y_{уст} \cdot \left(1 - e^{-\frac{\tau}{B}} \right), \quad (1)$$

$$y = y_0 \cdot e^{-\frac{\tau}{B}}, \quad (2)$$

где $y_{уст} = B \cdot V_0$ – величина упругого перемещения, возникающего в технологической системе в установившемся во времени τ процессе шлифования, м;

$B = \frac{\sigma}{c \cdot K_{ш} \cdot V_{кр}} \cdot F$ – постоянная времени образования упругого перемещения в

технологической системе, с; c – приведенная жесткость технологической системы в радиальном направлении, Н/м; $K_{ш} = P_z / P_y$ – коэффициент шлифования; P_z, P_y – соответственно тангенциальная и радиальная составляющие силы

резания при шлифовании, Н; σ – условное напряжение резания при шлифовании, Н/м²; F – площадь поперечного сечения обрабатываемого образца, м²; $V_{кр}$ – скорость круга, м/с; y_0 – начальный натяг в технологической системе, м.

При плоском (внутреннем продольном) многопроходном шлифовании по жесткой схеме и по схеме выхаживания величина y определяется

$$y = y_{уст} \cdot \left(1 - e^{-\frac{n}{B_1}} \right), \quad (3)$$

$$y = y_0 \cdot e^{-\frac{n}{B_1}}, \quad (4)$$

где $y_{уст} = B_1 \cdot t$; t – глубина шлифования, м; $B_1 = \frac{\sigma \cdot H \cdot V_{дет}}{c \cdot K_{ш} \cdot V_{кр}}$ – безразмерный параметр; H – ширина шлифования, м; $V_{дет}$ – скорость детали, м/с.

Между параметрами B и B_1 существует связь

$$B_1 = \frac{B}{\tau_0}, \quad (5)$$

где $\tau_0 = L / S_{прод}$ – время одного продольного хода круга, с; L – длина хода круга, м; $S_{прод}$ – скорость продольной подачи, м/с.

Первоначально определим параметр B применительно к круглому внутреннему шлифованию по схеме продольного выхаживания отверстия (диаметром 100 мм и высотой 150 мм) зубчатого колеса, изготовленного из стали 18ХГН2МФБ твердостью HRC 57...63. Обработка производилась на внутришлифовальном станке мод. 3К229В абразивным кругом 100x20x63 25А 25 СМ1 8 с режимом шлифования: $V_{кр} = 35$ м/с; $V_{дет} = 30$ м/мин; $S_{прод} = 1,5$ м/мин. Перебег круга составлял 1/3 его высоты. Время одного продольного хода круга равно $\tau_0 = 7$ с.

На рис. 1 приведены экспериментально установленные значения y с течением времени обработки τ при шлифовании по схеме выхаживания с начальным натягом, равным $y_0 = 0,3$ мм. Как видно, величина y во времени τ непрерывно уменьшается. Подчиним данную закономерность аналитической зависимости

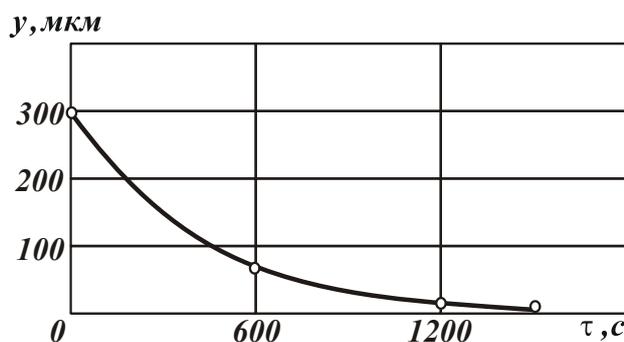


Рис. 1. Зависимость величины y от времени обработки τ .

(2), для чего разрешим ее относительно параметра $B = \frac{\tau}{\ln(y_0 / y)}$.

Расчетами установлено, что параметр B изменяется в небольших пределах (420...441 с). Это свидетельствует о том, что величина y изменяется во времени по экспоненциальному закону, описываемому зависимостью (2).

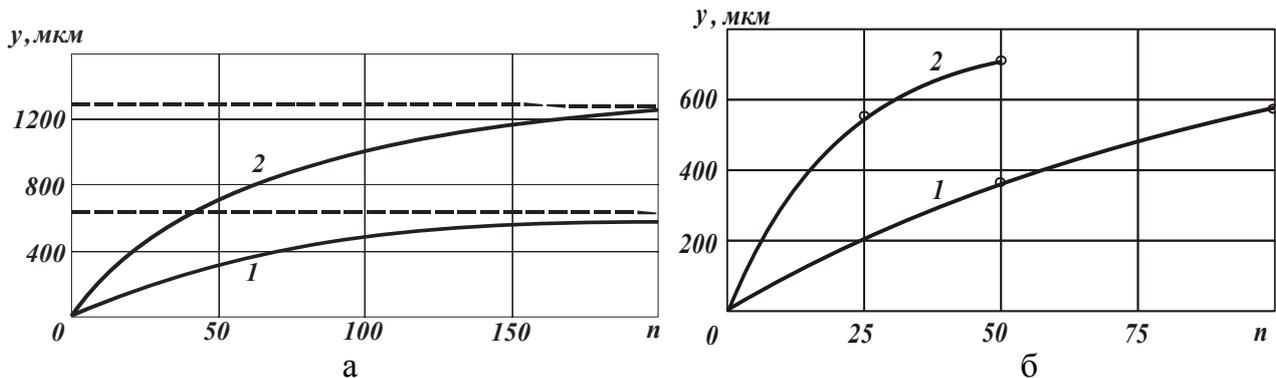


Рис. 2. Зависимость величины y от количества проходов круга n : 1 – $t=0,01$ мм; 2 – $t=0,02$ мм; а – расчетные значения; б – экспериментальные значения.

Зная параметр B , на основе зависимости (5) определим безразмерный параметр B_1 для $\tau_0=7$ с. Принимая $B=420\dots441$ с, установлено $B_1=60\dots63$. Такие большие значения B_1 свидетельствуют о том, что величина упругого перемещения y существенно превышает значения фактической глубины шлифования t_ϕ . Следовательно, при многопроходном внутреннем шлифовании по жесткой схеме (в соответствии с зависимостью (3)) будут образовываться в технологической системе значительные упругие перемещения. Величина $y_{уст} = B_1 \cdot t = 63 \cdot t$, входящая в зависимость (3), будет многократно превышать номинальную глубину шлифования t и даже величину снимаемого припуска, рис. 2,а. Выполнение условия $t_\phi \rightarrow t$ возможно при весьма большом количестве проходов круга $n > 3 \cdot B_1 = 190$. Практически весь процесс съема припуска будет протекать в неустановившемся режиме. Поэтому с целью сокращения трудоемкости обработки целесообразно шлифование вести не по жесткой схеме, которая на заключительном этапе требует продолжительного выхаживания, а по упругой схеме с начальным натягом в системе, кратным величине снимаемого припуска (т.е. весь припуск необходимо снимать по схеме выхаживания).

Для оценки достоверности сделанного вывода были проведены экспериментальные исследования величины упругого перемещения y в зависимости от количества проходов круга n при внутреннем шлифовании по жесткой схеме. Как следует из рис. 2,б, имеет место значительное увеличение упругого перемещения y с увеличением количества проходов круга n . При $t=0,02$ мм через 50 проходов круга величина y достигала значения 0,7 мм, т.е. при врезании круга в обрабатываемую деталь на глубину 1 мм было удалено всего 0,3 мм припуска. При дальнейшей обработке наблюдалось существенное увеличение упругого перемещения в технологической системе, что не позволило продолжать процесс шлифования. Следовательно, удалить весь припуск (1 мм) в данных условиях не представляется возможным. В связи с этим были проведены опыты с меньшей глубиной шлифования $t=0,01$ мм. Через 50 проходов круга упругое перемещение равно $y=370$ мкм, а через 100 проходов – $y=550$ мкм. Как видно, и в этом случае имеют место значительные упругие перемещения в технологической системе, что не позволяет удалить весь снимаемый припуск.

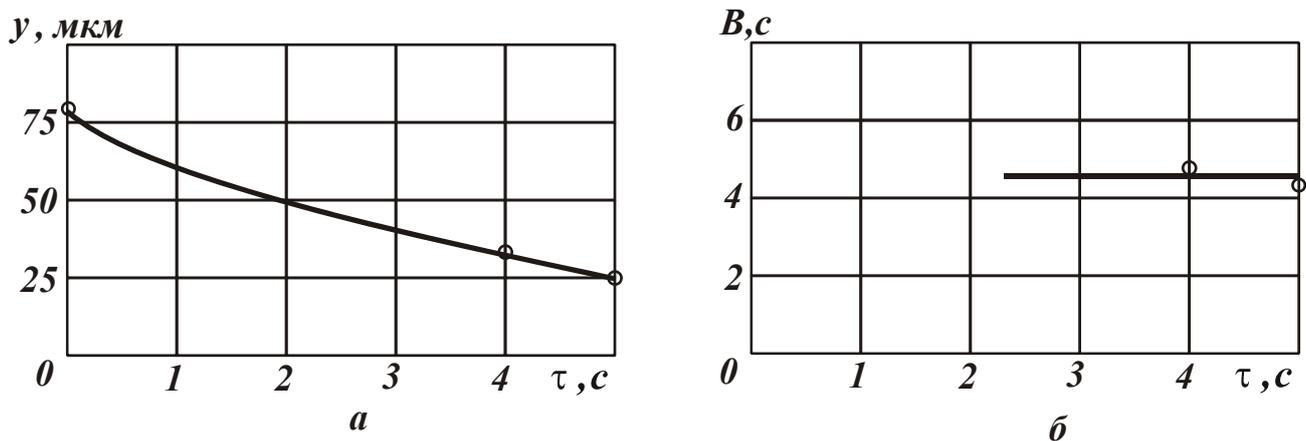


Рис. 3. Зависимости величины y (а) и параметра B (б) от времени обработки τ .

Очевидно, для того чтобы уменьшить величину упругого перемещения в технологической системе, необходимо значительно уменьшить глубину шлифования t . Однако, это ведет к снижению производительности обработки, что не эффективно. Таким образом, экспериментально показано, что ведение процесса внутреннего шлифования по жесткой схеме в данных условиях не целесообразно. Такие большие значения y и безразмерного параметра B_1 обусловлены низкой жесткостью технологической системы, равной $c=260$ кГс/мм.

Для сравнения были определены параметры B и B_1 при круглом наружном и плоском шлифовании. В первом случае измерения величины упругого перемещения y производились при круглом наружном шлифовании по схеме выхаживания на круглошлифовальном станке мод. 3У143МВ. Обработывалась цилиндрическая деталь из стали 45 абразивным кругом 1А1 400х80х203 24А 40 СМ1 К6, скорость круга – $V_{кр}=35$ м/с, скорость детали – $V_{дет}=13,2$ м/мин, начальный натяг в технологической системе – $y_0=80$ мкм. Как следует из рис. 3,а, через 4 с шлифования величина упругого перемещения уменьшилась с 80 мкм до 35 мкм, а через 5 с шлифования – до 25 мкм.

Используя расчетную зависимость и экспериментальные значения упругого перемещения $y=35$ мкм и 25 мкм соответственно для $\tau=4$ с и 5с, определен параметр B . В первом случае он равен 4,88с, во втором случае – 4,27с, рис. 3,б. По сравнению с внутренним шлифованием (рис. 2,б), при круглом наружном шлифовании параметр B значительно меньше. Это связано с более высокой жесткостью технологической системы при круглом наружном шлифовании.

Были также проведены экспериментальные исследования упругих перемещений при плоском шлифовании по жесткой схеме на плоскошлифовальном станке мод. 3Л722В с использованием абразивного круга 1А1 400х80х203 24А 40 СМ1 К6. Съем припуска осуществлялся за один проход круга с глубиной шлифования $t=0,05$ мм; $V_{кр}=35$ м/с; $V_{дет}=24$ м/мин. В результате установлено, что фактическая глубина шлифования при этом составила $t_{ф}=30$ мкм, а $y=20$ мкм. Для определения безразмерного параметра B_1 была использована аналитическая зависимость (4). Подставляя в нее исходные данные: $n=1$; $y=20$ мкм; $t=50$ мкм, получено уравнение относительно неизвестной величины B_1 :

$$B_1 \cdot \left(1 - e^{-\frac{1}{B_1}} \right) = 0,4 . \quad (6)$$

Решая уравнение, установлено $B_1=0,45$. Как видно, данное значение B_1 значительно меньше аналогичных значений $B_1=60\dots63$, полученных при круглом внутреннем продольном шлифовании. Это связано с более высокой жесткостью технологической системы при плоском шлифовании.

Как показывает практика шлифования внутренних цилиндрических поверхностей зубчатых колес приводов шахтных конвейеров, на точность обработки значительное влияние оказывают термоупругие деформации детали, возникающие в процессе шлифования. Особенно опасен неравномерный нагрев обрабатываемой детали. Поэтому с целью обеспечения равномерного охлаждения после шлифования обрабатываемая деталь не снимается со станка до ее полного охлаждения. Это приводит к повышению трудоемкости операции шлифования. Чтобы оценить возможности уменьшения степени нагрева детали при шлифовании, определим работу резания, которая практически полностью превращается в теплоту. Количество тепла, выделяющегося при резании, равно

$$Q = \int_0^{\tau} N(\tau) \cdot d\tau , \quad (7)$$

где $N(\tau) = P_z(\tau) \cdot V_{кр}$ – мощность шлифования, Вт.

При врезном шлифовании $P_z(\tau)$ с учетом зависимости (1) выражается

$$P_z(\tau) = K_{ш} \cdot P_y(\tau) = K_{ш} \cdot c \cdot y = K_{ш} \cdot c \cdot y_{уст} \cdot \left(1 - e^{-\frac{\tau}{B}} \right) . \quad (8)$$

Подставляя зависимость (8) в (7), имеем

$$Q_{врез} = K_{ш} \cdot c \cdot B \cdot y_{уст} \cdot \left(\frac{\tau}{B} + e^{-\frac{\tau}{B}} - 1 \right) . \quad (9)$$

При шлифовании этого же образца по схеме выхаживания (с начальным натягом y_0) величина упругого перемещения y определится зависимостью (2). Соответственно, тангенциальная составляющая силы резания $P_z(\tau)$ равна

$$P_z(\tau) = K_{ш} \cdot P_y(\tau) = K_{ш} \cdot c \cdot y = K_{ш} \cdot c \cdot y_0 \cdot e^{-\frac{\tau}{B}} . \quad (10)$$

Подставляя зависимость (10) в (7), имеем

$$Q_{вых} = K_{ш} \cdot c \cdot B \cdot y_0 \cdot \left(1 - e^{-\frac{\tau}{B}} \right) . \quad (11)$$

На рис. 4,а заштрихованным показаны площади, соответствующие значениям $Q_{врез}$ и $Q_{вых}$. Как видно, с увеличением времени обработки τ величины $Q_{врез}$ и $Q_{вых}$ увеличиваются, однако с разной интенсивностью. Так $Q_{врез}$ увеличивается более интенсивно. Поэтому оценим соотношение $Q_{врез}/Q_{вых}$ для

$y_{уст} = y_0$ и $B=440$ с, рис. 4. Как видно, с увеличением τ соотношение $Q_{врез}/Q_{вых}$ увеличивается. При $\tau/B=4$ соотношение $Q_{врез}/Q_{вых}=3,075$. Следовательно, съем всего припуска по схеме выхаживания при внутреннем шлифовании зубчатого колеса позволяет в 3 раза уменьшить тепловыделения по сравнению с врезным шлифованием (по жесткой схеме). Несомненно, это приведет к снижению температуры шлифования и времени охлаждения обрабатываемой детали, что в конечном итоге позволит снизить термоупругие деформации обрабатываемой детали и трудоемкость операции шлифования.

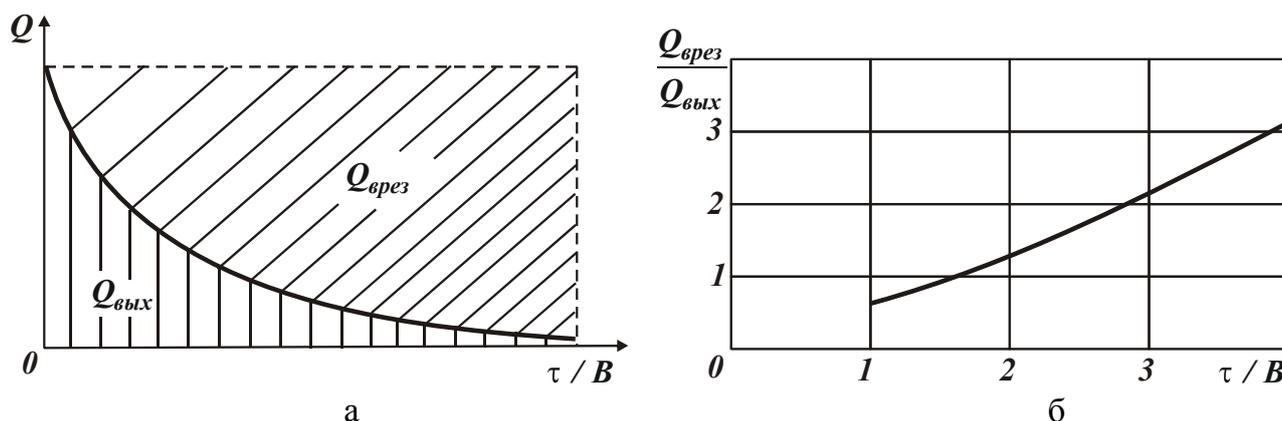


Рис. 4. Характер изменения величин $Q_{врез}$ и $Q_{вых}$ при изменении τ/B (а) и зависимость $Q_{врез}/Q_{вых}$ от τ/B (б).

На финишных операциях обработки внутренних цилиндрических поверхностей зубчатых колес приводов шахтных конвейеров традиционно используется внутреннее продольное шлифование по жесткой схеме с периодическим выхаживанием. Операция обработки весьма трудоемка, длится более трех часов при съеме припуска 0,5 мм на сторону. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования показали, что в условиях шлифования с низкой жесткостью в технологической системе целесообразно съем всего припуска производить по схеме выхаживания, т.е. с отключенной радиальной подачей, создавая в системе начальный натяг, равный или кратный величине снимаемого припуска. При этом эффективность обработки возрастает с увеличением снимаемого припуска. В связи с этим, данная схема обработки положена в основу совершенствования операции внутреннего шлифования зубчатых колес.

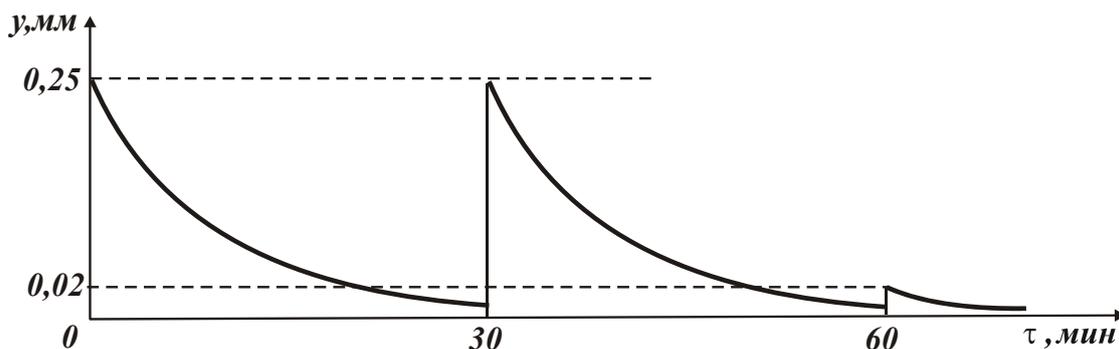


Рис. 5. Характер изменения величины y с течением времени обработки τ .

Опытами установлено, что съём припуска величиной 0,5 мм на сторону может быть произведен за три перехода. На первом переходе в технологической системе создается начальный натяг величиной 0,25 мм, и обработка осуществляется фактически до момента прекращения искрения в зоне резания. При этом обеспечивается точность размера обрабатываемой поверхности на уровне 10–20 мкм. На втором переходе в технологической системе повторно создается натяг величиной 0,25 мм и обработка опять же производится до момента прекращения искрения в зоне резания. Затем оставшийся припуск величиной до 20 мкм удаляется на третьем переходе так же по схеме выхаживания, рис. 5. В результате реализации данной структуры операции внутреннего шлифования производительность обработки увеличилась почти в 2 раза. Продолжительность операции уменьшилась до 2 часов. При этом обеспечиваются требуемые параметры точности и шероховатости обработки. Существенно (с 60 до 30 минут) уменьшилось также время охлаждения обрабатываемой детали после шлифования, которое осуществляется без съема нагретой детали со станка с целью устранения ее термоупругих деформаций и повышения таким образом точности обработки. Это свидетельствует об уменьшении выделяемого при резании тепла, что согласуется с приведенными выше теоретическими решениями.

Список литературы: 1. Управление процессом шлифования / А.В. Якимов, А.Н. Паршаков, В.И. Свершев, В.П. Ларшин. – К.: Техніка, 1983. – 182 с. 2. Тверской М.М. Автоматическое управление режимами обработки деталей на станках / М.М. Тверской. – М.: Машиностроение, 1982. – 208 с. 3. Рябенков И.А. Повышение эффективности финишной обработки деталей гидроаппаратуры на основе выбора рациональной структуры и параметров операций: автореф. дис. на соискание научн. степени канд. техн. наук: спец. 05.02.08 “Технология машиностроения” / И.А. Рябенков. – Одесса, 2009. – 21 с. 4. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общ. ред. Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. В десяти томах. – Т. 1. ”Механика резания материалов” – Одесса: ОНПУ, 2002. – 580 с. 5. Новиков Ф.В. Повышение точности и производительности механической обработки / Ф.В. Новиков, Р.А. Бережной // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – 2009. – Вип. 81. – С. 29-38.

УДК 621.9.079(058)

ТВЁРДЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СМАЗКИ ДЛЯ ЛЕЗВИЙНОЙ И АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ

Ларшин В.П., докт. техн. наук, проф., Лищенко Н.В., канд. техн. наук,
Мочуляк А.В., инженер

(Одесский национальный политехнический университет)

Solid metal-cutting lubricants for edge and abrasive machining are described.

При механической обработке деталей машин из труднообрабатываемых материалов в зоне резания одновременно протекают различные физико-химико-механические явления и процессы, которые сопровождаются непредсказуемым распределением сил и температур в зоне контакта. В этой связи можно говорить о **проблеме сложности явлений и процессов** в зоне резания. В то же время именно эти явления и процессы определяют механизмы формирования поверхностного слоя деталей машин, с одной стороны, и износ режу-

щего инструмента – с другой. Поэтому **управление явлениями и процессами**, которые происходят в зоне контакта, относится к числу актуальных задач в теории резания и технологии машиностроения [1, с. 103].

В ряде исследований установлено, что существует **оптимальная температура** в зоне резания, при которой наблюдается наименьшая интенсивность износа инструмента [2, с.165] или имеет место провал пластичности обрабатываемого материала и повышение его хрупкости [3, с.85]. Одним из методов, позволяющих определять режимы и условия резания, при которых имеет место оптимальная температура в зоне обработки, является **адаптивное управление** процессами резания на станках с ЧПУ и обрабатывающих центрах.

Задача адаптивного управления является комплексной. Ее решение разделяется на ряд этапов. В данной статье рассматриваются технологические предпосылки для решения задачи адаптивного управления, связанные с выбором эффективных смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС). Эти средства способствуют уменьшению тепловыделения (за счет облегчения процесса стружкообразования и уменьшения трения), поглощают и отводят часть выделенной теплоты, снижая тем самым температуру и силу резания. К этому необходимо добавить моющее действие СОТС при удалении стружки и различного рода частиц из зоны резания. СОТС делят на следующие группы [4]: охлаждающие газы; смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ); пластичные смазочные материалы; твердые технологические смазки (ТТС). Последние применяют в тех случаях, когда применение СОЖ затруднено, недопустимо или не обеспечивает требуемого технологического эффекта. ТТС применяют, например, в следующих случаях:

- при обработке, требующей визуального контроля (обработка мелких отверстий);
- при нарезании резьбы в металлах, склонных к сильному налипанию на режущий инструмент;
- при обработке титановых и нержавеющей сталей и сплавов;
- при обработке пластмасс и керамики;
- при шлифовании станин торцом круга, зубошлифовании тарельчатыми кругами, заточке лезвийного инструмента, шлифовании незакалённых сталей.
- при обработке металлов и сплавов, склонных к трещинообразованию.

В литературе не нашло должного отражения направление, связанное с применением ТТС при сверлении мелких отверстий и при шлифовании «всухую». В то же время в работе [5, с.62] сформулировано понятие о **достаточной температуре** в зоне резания, при которой проявляются эффекты разрушения обрабатываемого материала и восстановления изношенной поверхности режущего инструмента (при наличии соответствующих компонентов в СОТС), и которая не приводит к температурным дефектам обработки. Это позволяет целенаправленно подбирать соответствующие **ресурсовосстанавливающие составы** для ТТС. Однако, не известно влияние компонентов этих составов на оптимальную (или достаточную) температуру и силу в зоне резания.

При сверлении мелких отверстий (диаметром меньше 5 мм) сверла не

требуют дополнительного охлаждения, поскольку выделяющееся при резании тепло поглощается обрабатываемой заготовкой (вокруг работающего сверла металлическая окружающая среда, которая как радиатор отводит тепло). В то же время применяемые составы ТТС оказывают существенное влияние на смазочное, химическое и адсорбционное действие. Чаще всего ТТС наносят на рабочую поверхность инструмента (сверло, метчик, абразивный круг) механически. Абразивные круги могут быть также пропитаны (импрегнированы) разогретыми (до температуры плавления) составами ТТС. В качестве компонентов ТТС применяют: графит, нитрид бора, тальк, дисульфид (или диселенид) молибдена, серу и т.д.

Возникает задача проведения сравнительного экспериментального анализа различных ТТС с целью определения наиболее эффективных составов, например, на операции сверления мелкогабаритных отверстий (диаметром до 5 мм) или на операции плоского шлифования. При сверлении мелких отверстий с разными ТТС, определяли количество просверленных отверстий до поломки сверла.

Для сравнительного анализа ТТС на операции сверления испытания проводились на вертикально-фрезерном высокоскоростном станке с ЧПУ модели 6M13BC при сверлении отверстий Ø 2,85 мм сверлами из быстрорежущей стали P18. Обработывались заготовки из нержавеющей стали 14X17H2 и легированной стали 30XГСА.

Методика испытаний содержала следующие этапы и особенности:

1. Выбор режимов сверления (частота вращения сверла n , об/мин; осевая подача S , мм/мин).
2. Последовательное испытание трёх составов ТТС на стеариновой основе при повторении каждого опыта не менее трёх раз.
3. Оценка результатов испытаний по количеству просверленных отверстий (N) до поломки сверла, вызванной его критическим износом.
4. ТТС № 1 использовали одновременно при испытаниях на обычных и форсированных режимах, с одной стороны, и при обработке заготовок из различных материалов, с другой стороны. Это позволило обеспечить преемственность между результатами испытаний на обычных и форсированных режимах при обработке различных указанных выше материалов.

Результаты испытаний приведены в таблицах 1 и 2, соответственно для обработки заготовки из сталей 14X17H2 и 30XГСА.

Таблица 1

Результаты испытаний при обработке заготовки из стали 14X17H2

ТТС	“всухую” (без ТТС)				ТТС № 1
№ опыта	1	2	3	Среднее значение	
Количество (N) просверленных отверстий	8	7	7	7,3	>766
Примечание: 1. Режимы резания: $n = 500$ об/мин; осевая подача $S = 30$ мм/мин; глубина сверления $l = 10$ мм. 2. Для ТТС № 1 указанное число отверстий меньше того числа, при котором произошла бы поломка сверла, т.к. обработку прервали искусственно из-за большой ее длительности.					

Таблица 2

Результаты испытаний при обработке заготовки из стали 30ХГСА

ТТС	“всухую” (без ТТС)				ТТС № 1				ТТС № 2				ТТС № 3			
	№ опыта	1	2	3	Ср.	1	2	3	Ср.	1	2	3	Ср.	1	2	3
Количество (N) просвер- ленных отвер- стий	8	10	12	10	66	71	75	70	129	91	108	109	111	144	168	141

Примечание: 1. Режимы резания: $n = 4000$ об/мин; осевая подача $S = 100$ мм/мин; глубина сверления $l = 10$ мм. 2. Указанные в п. 1 режимы резания являются завышенными, позволяющими уменьшить время работы сверла до его поломки. 3. ТТС № 2 и ТТС № 3 отличаются от ТТС № 1 добавкой специального ресурсостанавливающего вещества типа серпентинита в количестве 5 % и 10 %, соответственно.

Выводы:

1. Применение любого состава ТТС из указанных выше позволяет на обычных (не завышенных) режимах существенно (до 100 раз) увеличить время работы сверла до его поломки по сравнению с обработкой “всухую” (табл.1).
2. При использовании форсированных (завышенных в несколько раз) режимов сверления указанное в п. 1 соотношение (до 100 раз) уменьшается до 7 раз (ТТС № 1 в табл. 2).
3. Добавки специального вещества типа серпентинита позволяют увеличить указанное в п. 2 соотношение до 10,9 и 14, 1 раз, соответственно (ТТС № 2 и ТТС № 3 в табл. 2).
4. С учетом пунктов 1 – 3 можно предположить, что при проведении испытаний на обычных режимах (не завышенных) добавки специального вещества типа серпентинита приведут к увеличению времени работы сверла при использовании ТТС № 2 и ТТС № 3 по сравнению с обработкой “всухую” более чем в 100 раз.

На кафедре технологии машиностроения Одесского национального политехнического университета (ОНПУ) разработаны и предлагаются для промышленного внедрения эффективные составы ТТС на стеариновой основе, которые имеют следующие разновидности.

1. **Неформованная белого цвета ТТС** предназначена для повышения эффективности **сверления отверстий** диаметром до 5 мм и **нарезании резьбы** метчиком (до М5) в труднообрабатываемых материалах, например в деталях из нержавеющей стали, титана и т.п. Для этой цели используется ТТС, которую наносят методом касания на работающий режущий инструмент (сверло или метчик). Перед обработкой первого отверстия режущий инструмент целесообразно нагреть до температуры не менее 55⁰С. При последующей обработке ТТС рационально наносить методом касания перед каждым рабочим ходом инструмента.

2. **Формованная в виде карандашей темного цвета ТТС** предназначена для нанесения на режущую поверхность абразивного инструмента на керамической связке любой зернистости, твердости и структуры на операциях «сухого»

плоского, профильного и круглого шлифования деталей из труднообрабатываемых материалов, а также при сухой заточке режущих инструментов (фрезы, резцы, сверла, развертки, метчики и протяжки). ТТС наносят на режущую поверхность абразивного круга при его рабочей скорости после процесса правки. Для этого карандаш прижимают к поверхности шлифовального круга до появления соответствующего ему цвета на этой поверхности.

Возможна пропитка (импрегнирование) шлифовальных кругов соответствующими составами ТТС по технологии ОНПУ.

Список литературы: 1. Ларшин В.П., Лищенко Н.В., Рибалко А.П. Керування ресурсів і енергосбереження при обробці в машинобудуванні / Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо- и энергосбережении: материалы научн-техн. конф. – Киев: АТМ України, 2009. – С. 102-107. 2. Макаров В.Ф. Резание материалов: учеб. пособие / В.Ф. Макаров. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2009. – 364 с. 3. Макаров В.Ф. Выбор и назначение оптимальных условий протягивания заготовок из труднообрабатываемых материалов: учеб. пособие / В.Ф. Макаров. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. — 396 с. 4. Смазочно-охлаждающие технологические средства и их применение при обработке резанием: Справочник / Л.В. Худобин, А.П. Бабичев, Е.М. Булыжев и др. / Под общ. ред. Л.В. Худобина. – М.: Машиностроение, 2006. – 544 с. 5. Ларшин В.П., Лищенко Н.В., Бажанов А.И. Выбор технологии ресурсовосстанавливающей обработки в машиностроении / Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо- и энергосбережении: материалы научн-техн. конф. – Киев: АТМ України, 2008. – С.56-63.

УДК 621.923

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ НЕЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ МАТЕРИАЛОВ

Якимов А.В., докт. техн. наук, проф.

(Одесский национальный политехнический университет)

Новиков Ф.В., докт. техн. наук, проф.

(Харьковский национальный экономический университет)

This paper presents a new look at the conditions of appearance and the way the mouth injury-damped oscillations in cutting and polishing materials.

Возникающие при механической обработке незатухающие колебания отрицательно влияют на качество и точность обрабатываемых поверхностей. Поэтому поиск причин возникновения и путей устранения колебаний имеет важное теоретическое и практическое значение. Несмотря на большое количество работ в этом направлении, вопрос полностью не решен, что требует проведения

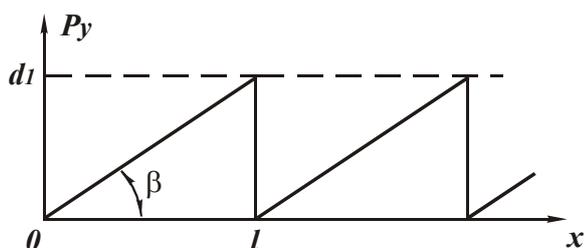


Рис. 1. Изменение параметров d_1 и P_y от времени τ .

дальнейших исследований. Поэтому в настоящей работе предложен новый взгляд на условия возникновения незатухающих колебаний при резании и шлифовании материалов.

Возбуждение незатухающих колебаний при резании может произойти вследствие периодичности процесса стружкообразования, когда толщина упруго-пластически деформируемого слоя материала d_1 и радиальная состав-

ляющая силы резания P_y изменяются по закону, показанному на рис. 1. Максимальное значение P_y достигается в момент отделения элементарного объема материала по условной плоскости сдвига, расположенной под углом β к направлению движения инструмента, и равно

$$P_y = \frac{\sigma}{K_{рез}} \cdot S = \frac{HV}{K_{рез}} \cdot S', \quad (1)$$

где $\sigma = 4 \cdot \tau_{сдв} / K_{рез}$ – условное напряжение резания, Н/м²; $K_{рез} = ctg(\psi - \gamma)$ – коэффициент резания; γ – передний угол инструмента; ψ – условный угол трения на передней поверхности инструмента; $S = a \cdot B$ – площадь поперечного сечения среза, м²; a – толщина среза, м; B – ширина резания, м; HV , $\tau_{сдв}$ – соответственно твердость (по Виккерсу) и предел прочности на сдвиг обрабатываемого материала, Н/м²; $S' = d \cdot B$ – площадь поперечного сечения, подвергающегося упруго-пластическому деформированию (смятию), м².

После преобразований зависимости (1), имеем

$$d_1 = \frac{4 \cdot \tau_{сдв} \cdot tg(\psi - \gamma) \cdot a}{HV}. \quad (2)$$

Толщина упруго-пластически деформируемого слоя материала d_1 тем больше, чем больше толщина среза a , $tg(\psi - \gamma)$ и $\tau_{сдв}/HV$. На участке 0...1 (рис. 1) радиальную составляющую силы резания P_y представим в виде

$$P_y = \frac{HV}{K_{рез}} \cdot S', \quad (3)$$

где $S' = tg\beta \cdot B \cdot x$ – текущее значение площади S' ; $x = V \cdot \tau$ – длина пути, м; V – скорость резания, м/с; τ – время, с.

Параметр $tg\beta$ выражается через известный параметр $tg2\beta = K_{рез}$ с помощью тригонометрической зависимости

$$tg2\beta = \frac{2 \cdot tg\beta}{1 - tg^2\beta}, \quad \text{откуда} \quad tg\beta = \left(\frac{1}{1 + \sqrt{1 + K_{рез}^2}} \right). \quad (4)$$

Колебание одномассовой системы под действием радиальной составляющей силы резания P_y в направлении оси OY опишется уравнением

$$m \cdot \ddot{y} + c \cdot \dot{y} = P_y \quad \text{или} \quad \ddot{y} + k^2 \cdot y = \frac{HV}{K_{рез} \cdot m} \cdot tg\beta \cdot B \cdot V \cdot \tau, \quad (5)$$

где $k^2 = c/m$; k – собственная частота системы, с⁻¹; c – приведенная жесткость системы, Н/м; m – приведенная масса системы, кг.

Частное решение уравнения (5):

$$y = A \cdot \tau, \quad (6)$$

где $A = \frac{HV \cdot tg\beta \cdot B \cdot V}{c \cdot K_{рез}}$.

Общее решение уравнения (5):

$$y = B_1 \cdot \sin k\tau + B_2 \cdot \cos k\tau + A \cdot \tau. \quad (7)$$

При нулевых начальных условиях, т.е. $y(0)=0$ и $\dot{y}(0)=0$ зависимость (7)

примет вид

$$y = -\frac{HV \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot B \cdot V}{c \cdot K_{\text{рез}}} \cdot \sin k\tau + \frac{HV \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot B \cdot V}{c \cdot K_{\text{рез}}} \cdot \tau. \quad (8)$$

Таким образом показано, что увеличивающаяся во времени сила P_y возбуждает колебания массы m с частотой, равной собственной частоте системы k .

Считая, что сила P_y носит периодический характер, определим амплитуду установившихся колебаний, используя два условия совместности

$$\begin{cases} y(0) = y(T), \\ \dot{y}(0) = \dot{y}(T), \end{cases} \quad (9)$$

где $T = l/V$ – период действия возмущающей силы (рис. 1).

Подчиняя зависимость (7) условиям (9), имеем

$$y = \frac{A \cdot T}{2} \cdot \operatorname{ctg} \frac{kT}{2} \cdot \sin k\tau + \frac{A \cdot T}{2} \cdot \cos k\tau + A \cdot \tau \quad \text{или}$$

$$y = A \cdot \left[\frac{T}{2 \sin \frac{kT}{2}} \cdot \sin(k\tau + \phi) + \tau \right], \quad (10)$$

где $\phi = -kT/2$.

С учетом $T = 2\pi/\omega$ (где ω – частота периодических изменений силы P_y) при $k/\omega = n$ (где $n = 1; 2; 3; \dots$ – целое число) $\sin kT/2 = 0$, т.е. в системе наступает резонанс. Имеет место бесконечное множество резонансных состояний, т.к. n – неограниченно. Очевидно, в силу рассеивания энергии резонансы при $n > 1$ проявляться практически не будут. Основное резонансное состояние будет наблюдаться при $n = 1$ ($\omega = k$). При этом определяющим в (10) является первое слагаемое, которое принимает наибольшее значение при $\sin(k\tau + \phi) = 1$, т.е.

$$y_{\max} = A \cdot \frac{T}{2 \sin \frac{kT}{2}}. \quad (11)$$

Параметр T с учетом зависимости (2) описывается

$$T = \frac{4 \cdot \tau_{\text{сдв}} \cdot a}{HV \cdot V} \cdot \frac{\left(1 + \sqrt{1 + K_{\text{рез}}^2}\right)}{K_{\text{рез}}}. \quad (12)$$

Соответственно частота ω равна

$$\omega = \frac{\pi \cdot HV \cdot V}{2 \cdot \tau_{\text{сдв}} \cdot a} \cdot \frac{K_{\text{рез}}}{\left(1 + \sqrt{1 + K_{\text{рез}}^2}\right)}. \quad (13)$$

С увеличением скорости резания V частота увеличивается ω и при $\omega = k$ наступает резонанс. Следовательно, с увеличением V перемещение y_{\max} по (11) первоначально будет возрастать, затем уменьшаться, проходя точку максимума (с учетом диссипативных сил при $\omega = k$ перемещение y_{\max} будет принимать конечное значение).

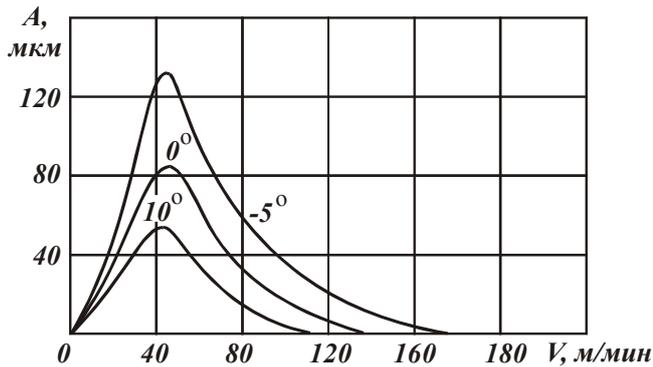


Рис. 2. Влияние скорости резания и переднего угла резца γ на амплитуду колебаний при точении (сталь 40Х, $\varphi = 30^\circ$, $t = 2\text{мм}$, $S = 0,25\text{мм/об}$).

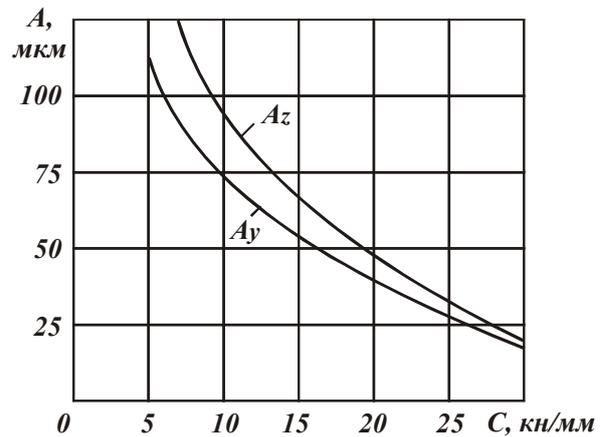


Рис. 3. Зависимость амплитуды колебаний от жесткости системы при точении стали Х15Н5Д2Т.

Зависимость (11) с учетом (12) и (6) опишется

$$y_{max} = \frac{2 \cdot B \cdot \tau_{сдв} \cdot a}{c} \cdot \text{tg}^2(\psi - \gamma) \cdot \frac{1}{\sin \frac{kT}{2}} \quad (14)$$

С увеличением переднего угла инструмента γ , приведенной жесткости c и уменьшением параметров B и $\tau_{сдв}$ при $\omega = k$ перемещение y_{max} будет уменьшаться.

С увеличением толщины среза a в соответствии с зависимостью (13) частота ω уменьшается от ∞ до 0. Следовательно, возможно выполнение условия резонанса ($\omega = k$).

Аналогично скорости резания, с увеличением a перемещение y_{max} первоначально будет возрастать, затем уменьшаться. Входящий в числитель зависимости (14) параметр a усиливает рост y_{max} .

Механические характеристики обрабатываемого материала, входящие в (13) в виде соотношения $HV/\tau_{сдв}$, и параметр $K_{рез}$ на частоту ω влияют несущественно. Однако с увеличением $\tau_{сдв}$ и угла трения ψ перемещение y_{max} значительно возрастает. Таким образом показано доминирующее влияние физических параметров T и ω на интенсивность колебаний. Уменьшить амплитуду колебаний можно исключением резонансного состояния системы путем выбора соотношений параметров обработки в соответствии с зависимостями (12) и (13).

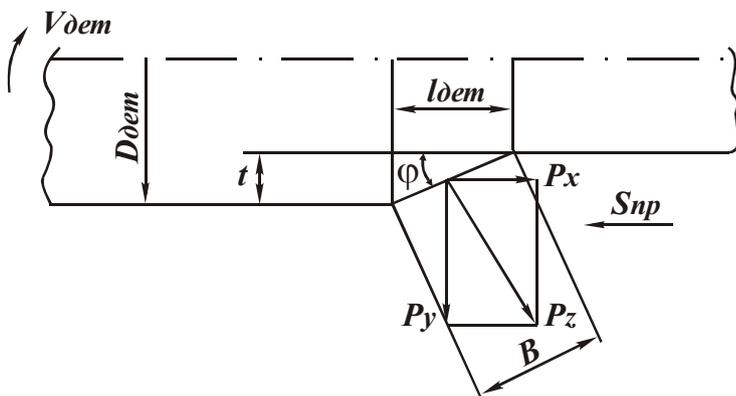


Рис. 4. Расчетная схема продольного точения.

Теоретические данные согласуются с экспериментальными, приведенными в работе [1], рис. 2. С увеличением скорости резания (при постоянной толщине среза) амплитуда колебаний в некотором интервале возрастает, а затем уменьшается. С увеличением жесткости системы c амплитуду

да колебаний уменьшается, рис. 3 [2].

При продольном точении ширину резания B можно представить $B=t/\sin\varphi$ (рис.4), где t – глубина резания, φ – угол резца в плане. Тогда с увеличением t амплитуда колебаний y_{max} , исходя из (14) возрастает, а с увеличением угла резца в плане φ – уменьшается. Приведенные экспериментальные данные, рис. 5 [1] и рис. 6 [2], для продольного точения согласуются с теоретическими результатами.

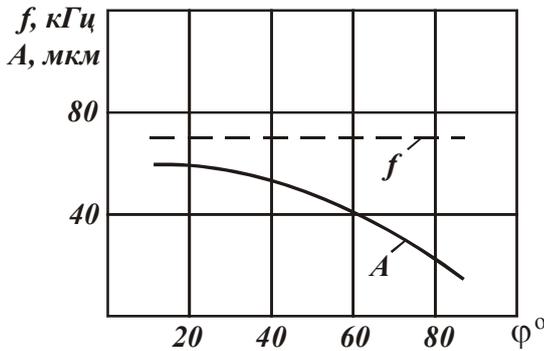


Рис. 5. Влияние главного угла в плане φ на частоту f и амплитуду A колебаний при точении (сталь 40X, $\gamma = 8^\circ$, $t=2$ мм, $S=0,25$ мм/об, $V=45$ м/мин).

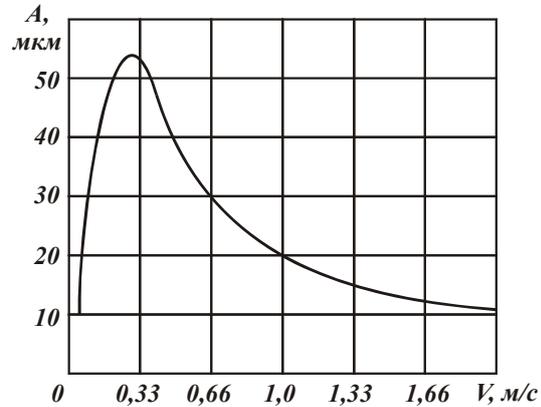


Рис. 6. Зависимость амплитуды колебаний от скорости резания при радиальном точении лопаточным резцом из ВК8 ($\gamma = 0^\circ$, $\alpha=12^\circ$, $b=4$ мм, $S=0,15$ мм/об, сталь X15H5Д2Т).

Рассмотрим условия возникновения вынужденных колебаний при шлифовании материалов. При шлифовании, как и при тонком точении, параметр

$K_{рез}$ описывается зависимостью $K_{рез} = 2 \cdot \beta = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot a \cdot \tau_{сдв}}{HV \cdot \rho}}$. Тогда зависимость

(14) примет вид

$$y_{max} = \frac{2 \cdot B}{c} \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{HV \cdot \rho}{2}\right)} \cdot \tau_{сдв} \cdot a \cdot \frac{1}{\sin \frac{kT}{2}} \quad (15)$$

С учетом $K_{рез} < 1$ и $V=V_{кр}$ зависимость (13) видоизменится

$$\omega = \frac{\pi \cdot V_{кр}}{4} \cdot \sqrt[3]{\frac{2}{\rho} \cdot \left(\frac{HV}{\tau_{сдв} \cdot a}\right)^2} \quad (16)$$

На частоту колебаний ω существенное влияние оказывают три параметра: $V_{кр}$, a и ρ . Поэтому выполнение условия $\omega = k$ возможно при изменении этих трех параметров. Уменьшить амплитуду колебаний y_{max} можно как исключени-

ем резонанса $\left|\sin \frac{kT}{2}\right| > 1$, так и уменьшением параметров B , ρ , a (увеличением

c). Очевидно, наиболее эффективно уменьшить радиус округления режущего зерна ρ путем применения правки круга или режима самозатачивания, т.к. это не требует снижения производительности обработки. Толщину среза отдельным зерном $a = a_z$ при условии $a_z < \rho$ можно представить в виде [3]:

$$a_z = \frac{315 \cdot \pi \cdot \bar{x}^{-3} \cdot V_{дет} \cdot \sqrt{t \cdot \left(\frac{2}{D_{кр}} + \frac{2}{D_{дет}} \right)}}{m \cdot V_{кр} \cdot \rho^2}, \quad (17)$$

где m , \bar{x} – объемная концентрация и зернистость круга (в м); $V_{дет}$ – скорость детали, м/с; $D_{кр}$, $D_{дет}$ – диаметры круга и детали, м; t – глубина шлифования, м.

После подстановки (17) в (15) и (16), имеем

$$y_{max} = \frac{2 \cdot B}{c} \cdot \sqrt[3]{\frac{80 \cdot \pi \cdot \bar{x}^{-3} \cdot V_{дет} \cdot \sqrt{t \cdot \left(\frac{2}{D_{кр}} + \frac{2}{D_{дет}} \right)} \cdot HV^2 \cdot \tau_{сдв}}{m \cdot V_{кр}}} \cdot \frac{1}{\sin kT/2}, \quad (18)$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot V_{кр}}{4} \cdot \sqrt[3]{2 \cdot \rho^3 \cdot \frac{m \cdot V_{кр} \cdot HV}{315 \cdot \pi \cdot \bar{x}^{-3} \cdot V_{дет} \cdot \sqrt{t \cdot \left(\frac{1}{D_{кр}} + \frac{1}{D_{дет}} \right)} \cdot \tau_{сдв}}}. \quad (19)$$

Основное влияние на частоту ω оказывают скорость круга $V_{кр}$, радиус округления зерна ρ и зернистость круга \bar{x} . С увеличением $V_{кр}$, ρ и уменьшением \bar{x} частота ω увеличивается и возможно выполнение условия резонанса $k=\omega$. Следовательно, для устранения колебаний необходимо в первую очередь управлять этими тремя параметрами.

Частота ω также возрастает с увеличением концентрации круга m и уменьшением скорости детали $V_{дет}$ и глубины шлифования t . Учитывая определяющее влияние на y_{max} множителя $\sin kT/2$, в связи с резонансным состоянием системы, с изменением параметров $V_{кр}$, ρ , \bar{x} , m , $V_{дет}$, t амплитуда колебаний может изменяться по экстремальной зависимости, проходя точку максимума. В ограниченных пределах изменения этих параметров возможен только рост или падение y_{max} .

Если $|\sin kT/2| > 0$, то амплитуда колебаний y_{max} , будет увеличиваться с увеличением B , \bar{x} , $V_{дет}$, t , HV , $\tau_{сдв}$ и уменьшением c , m , $V_{кр}$. Теоретические данные согласуются с экспериментальными данными Л.Н. Филимонова [4], Г.Б. Лурье [5] и других исследователей.

Таким образом показано, что возбуждение незатухающих колебаний при резании может происходить от периодически изменяющейся силы резания, обусловленной периодичностью процесса стружкообразования.

Список литературы: 1. Кучма Л.К. Экспериментальные исследования вибраций при резании на токарном станке. – В кн. «Новые исследования в области резания металлов». – М.–Л.: Машгиз, 1948. – С. 100-128. 2. Жарков И.Г. Вибрации при обработке лезвийным инструментом. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отдел., 1986. –184 с. 3. Якимов А.В., Новиков Ф.В., Новиков Г.В., Якимов О.О. Високопродуктивне шліфування: навч. посібник. – К.: ІСДО, 1995. –180 с. 4. Филимонов Л.Н. Висококоростне шліфування. – Л.: Машиностроение, 1979. – 245 с. 5. Лурье Г.Б. Шлифование металлов. – М.: Машиностроение, 1969. – 197 с.

УДК 621.923

КИНЕТИКА ТЕПЛОВОГО И НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЦЕМЕНТИРОВАННОГО СЛОЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Якимов А.А., канд. техн. наук, доц.

(Одесский национальный политехнический университет)

The paper considers the kinetics of the thermal and stress-strain state of case gears for grinding.

Процесс шлифования зубчатых колес сопровождается как тепловым, так и силовым воздействием круга на боковую поверхность зуба шестерни. Силовое воздействие режущих зерен вызывает в тонком поверхностном слое наклеп, что приводит к повышению микротвердости поверхностного слоя и способствует возникновению очагов микроповреждений. В то же время, под воздействием высоких температур происходит релаксация формирующихся напряжений, что приводит к снижению степени наклепа. На поверхности зубчатых колес шлифовочные трещины возникают не в момент действия сил в зоне контакта, а при охлаждении, когда разогретая зона выходит из под круга.

В связи с вышеизложенным, кинетику термомеханических явлений при шлифовании зубчатых колес рассмотрим с позиции тепловой теории [1].

Кривизна эвольвенты зуба в пределах зоны контакта не оказывает существенного влияния на геометрическую схему взаимодействия круга с боковой поверхностью зуба. Поэтому при составлении расчетной схемы принята плоскость, по поверхности которой движется полосовой источник тепла.

Особенностью расчетной схемы для цементируемой детали является представление полуплоскости, состоящей из двух областей: цементированного слоя D_1 и основного металла D_2 . Расчетная схема для определения термоупругопластичного состояния цементированного слоя при шлифовании приведена на рис. 1.

Система координат связана с телом детали. Начало координат - на обрабатываемой поверхности. Система уравнений, определяющих тепловое и напряженно-

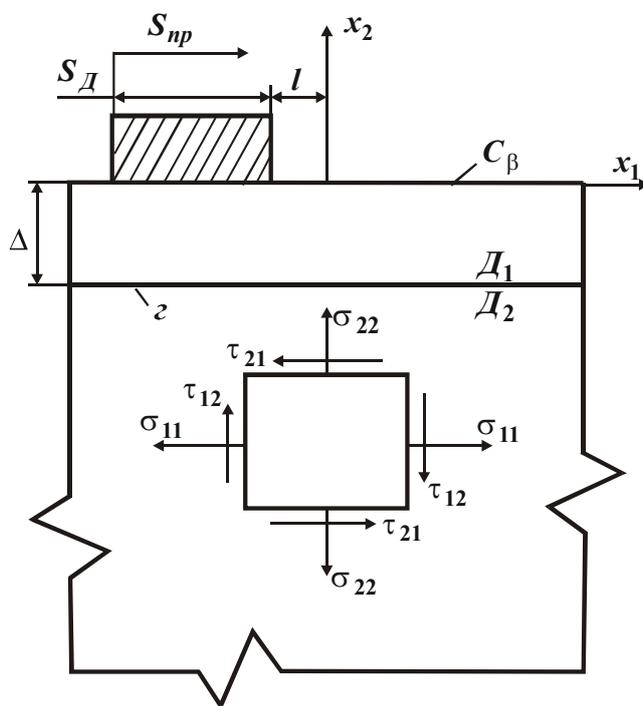


Рис. 1. Расчетная схема к задаче термоупругопластичности при шлифовании.

деформированное состояние поверхности детали с цементированным слоем при шлифовании, включает в себя:

а) уравнение нелинейной задачи нестационарной теплопроводности

$$\rho \cdot c \cdot \frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x_i} \right), \quad (i = 1, 2); \quad (1)$$

б) уравнение теории пластического течения [2]

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (d\sigma_{ij}) = 0, \quad (i, j = 1, 2), \quad (2)$$

$$d\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left[\frac{\partial}{\partial x_j} (du_i) + \frac{\partial}{\partial x_i} (du_j) \right], \quad (i, j = 1, 2, 3), \quad (3)$$

$$d\varepsilon_{ij} = d\varepsilon_{ij}^l + d\varepsilon_{ij}^p + \delta_{ij} d\varepsilon^v, \quad (i, j = 1, 2, 3); \quad (4)$$

в) тепловые и механические начальные условия

$$T(x_{k,0}) = const, \quad (5)$$

$$d\varepsilon_{ij}(x_{k,0}) = d\varepsilon_{oij}(x_k), \quad x_k \in D_1 \quad \text{или} \quad x_k \in D_2, \quad (6)$$

$$d\sigma_{ij}(x_{k,0}) = d\sigma_{oij}(x_k), \quad x_k \in D_1 \quad \text{или} \quad x_k \in D_2; \quad (7)$$

г) граничные условия

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial x_2} \Big|_{\substack{l-C_q < x < l \\ x_2=0}} = q, \quad (8)$$

$$-\lambda_1 \frac{\partial T}{\partial x_2} \Big|_{\substack{x_1 < l-C_q \\ x_1 > l, x_2=0}} = \beta(T_n - T_c), \quad (9)$$

$$\lambda_1 \frac{\partial T}{\partial x_2} \Big|_{x_2=-\Delta \text{ на } \Gamma \in D_1} = \lambda_2 \frac{\partial T}{\partial x_2} \Big|_{x_2=-\Delta \text{ на } \Gamma \in D_2}, \quad (10)$$

$$T \Big|_{x_2=-\Delta \text{ на } \Gamma \in D_1} = T \Big|_{x_2=-\Delta \text{ на } \Gamma \in D_2}, \quad (11)$$

$$P_i \Big|_{x_2=0} = 0, \quad (i = 1, 2) \quad (12)$$

$$P_i \Big|_{x_2=-\Delta \text{ на } \Gamma \in D_1} = P_i \Big|_{x_2=-\Delta \text{ на } \Gamma \in D_2}, \quad (13)$$

$$u_i \Big|_{x_2=-\Delta \text{ на } \Gamma \in D_1} = u_i \Big|_{x_2=-\Delta \text{ на } \Gamma \in D_2}, \quad (14)$$

где $x_i (i = 1, 2)$ – декартовы координаты; $T(x_i, \tau)$ – температура; τ – время; $\rho = \rho(T, \tau)$ – плотность материала; $C = C(T, \tau)$ – теплоемкость; $\lambda = \lambda(T, \tau)$ – теплопроводность; D_1 – область цементированного слоя; D_2 – область основного материала; $\rho_1 C_1 \lambda_1 \in D_1$; $\rho_2 C_2 \lambda_2 \in D_2$; $D_1 + D_2 = D$; $l = l_0 + v\tau$ – координата x_1 передней кромки источника тепла; $P_i(x, i)$ – поверхностные силы; l_0 – координата передней кромки источника при $\tau = 0$; v – скорость движения источника; Δ – толщина цементированного слоя; C_q – граница тела, на которой заданы граничные условия второго рода; $q(x_1)$ – плотность теплового потока на границе C_q ; C_β – граница тела, на которой заданы граничные условия третьего рода $C = C_\beta + C_q$; β – коэффициент теплообмена; T_c – температура охлажда-

ющей среды; $T_n(x_1, \tau)$ – температура поверхности; $\sigma_{ij}(\tau, x_k)$ – компоненты тензора напряжения ($i, j = 1, 2$); $u_i(\tau, x_k)$, $u_j(x_k, \tau)$ – перемещения; $\varepsilon_{ij}(\tau, x_k)$; $\varepsilon_{ij}^l(S_{n,k}, \theta, \tau)$; $\varepsilon_{ij}^p(\sigma, \theta, \tau)$ – компоненты тензора полных деформаций, упругих и пластических; $\varepsilon^m(T, \tau)$ – тепловая и структурная деформация; ε_{oij} – компоненты тензора начальных полных деформаций; σ_{oij} – компоненты тензора начальных напряжений; δ_{ij} – символ Кронекера.

Для оценки изменения прочности материала в процессе шлифования использовалась обобщенная теория прочности Писаренко – Лебедева. Обобщенный критерий разрушения определяется из выражения [3]:

$$\chi\sigma_i + (1 - \chi)\sigma_1 \leq \sigma_b, \quad (15)$$

где $\chi = \sigma_b/\sigma_c$; σ_b – предел прочности на растяжение; σ_c – предел прочности на сжатие; σ_i – интенсивность напряжений; σ_1 – главное напряжение.

Для условий плоско-напряженного состояния с учетом зависимости модуля упругости первого рода E и коэффициента поперечной деформации ν от температуры и времени $\nu = \nu(T, \tau)$ – коэффициент Пуассона, компоненты упругих деформаций можно представить в виде [4]:

$$\begin{aligned} d\varepsilon_{ij}^l = & \frac{1}{E} \left[(1 + \nu) d\sigma_{ij} - \nu \cdot \delta_{ij} d\sigma_{kk} \right] - \\ & - \frac{1}{E^2} \left[(1 - \nu) \cdot \sigma_{ij} - \nu \cdot \delta_{ij} \cdot \sigma_{kk} \right] \cdot \left(\frac{\partial E}{\partial T} dT + \frac{\partial E}{\partial \tau} d\tau \right) + \\ & + \frac{1}{E} (\sigma_{ij} - \delta_{ij} \cdot \sigma_{kk}) \cdot \left(\frac{\partial \nu}{\partial T} dT + \frac{\partial \nu}{\partial \tau} d\tau \right), \quad (i, j = 1, 2). \end{aligned} \quad (16)$$

Деформация от температурного расширения элементов объема равна [4]:

$$d\varepsilon^T = \alpha dT. \quad (17)$$

Коэффициент линейного расширения $\alpha = \alpha(T, \tau)$ несет информацию об изменении линейных размеров элементарного объема материала, как за счет изменения удельного объема при переходе от одной структуры к другой.

Деформация ε^T включает тепловые и структурные изменения объема $\alpha = \alpha(T, \tau)$:

$$d\varepsilon^T = \alpha dT + T \left(\frac{\partial \alpha}{\partial T} dT + \frac{\partial \alpha}{\partial \tau} d\tau \right). \quad (18)$$

В условиях плоско-напряженного состояния выражение для определения полной деформации с учетом термоупругопластичности материала при шлифовании имеет вид [2]:

$$\begin{aligned} d\varepsilon_{ij} = & \frac{1}{E} \left[(1 + \nu) d\sigma_{ij} - \nu \cdot \delta_{ij} d\sigma_{kk} \right] - \frac{1}{E^2} \left[(1 - \nu) \cdot \sigma_{ij} - \nu \cdot \delta_{ij} \cdot \sigma_{kk} \right] \cdot \left(\frac{\partial E}{\partial T} dT + \frac{\partial E}{\partial \tau} d\tau \right) + \\ & + \frac{1}{E} (\sigma_{ij} - \delta_{ij} \sigma_{kk}) + \delta_{ij} \alpha dT + \delta_{ij} \cdot T \left(\frac{\partial \alpha}{\partial T} dT + \frac{\partial \alpha}{\partial \tau} d\tau \right) + \frac{3}{2} \cdot \left(\frac{1}{E_k} - \frac{1}{E} \right) dS_{ij} - \end{aligned}$$

$$-\frac{3}{2} \cdot \frac{S_{ij}^x}{\sigma_i^x} - \left(\frac{1}{E_k} - \frac{1}{E} \right) \cdot \left(\frac{\partial \sigma}{\partial T} dT + \frac{\partial \sigma_\tau}{\partial \tau} d\tau \right) - \frac{\varepsilon_{ij}^p}{(E - E_k)} \cdot \left[\frac{E}{E_k} \left(\frac{\partial E_k}{\partial T} dT + \frac{\partial E_k}{\partial \tau} d\tau \right) - \frac{E_k}{E} \left(\frac{\partial E}{\partial T} dT + \frac{\partial E}{\partial \tau} d\tau \right) \right], \quad (19)$$

где $(i, j = 1, 3)$.

На базе программного комплекса АСПП –TANDEM, разработанного в институте АН УССР Сазоновым И.П. [2] было доказано, что решение (3.19) нелинейной нестационарной задачи теплопроводности и термопластичности может быть использовано для исследования кинетики формирования временных термоупругих напряжений.

Кинетика термопластических явлений в поверхностном слое материала детали при шлифовании и возможность прогнозирования возникновения шлифовочных трещин проводилась на образцах пластин изготовленных из стали 45 с диффузионным покрытием бора. Толщина борид-железного покрытия Fe_2B равна $0,15 \cdot 10^{-3}$ м [2].

На базе полученных экспериментально-теоретических данных Сазонова

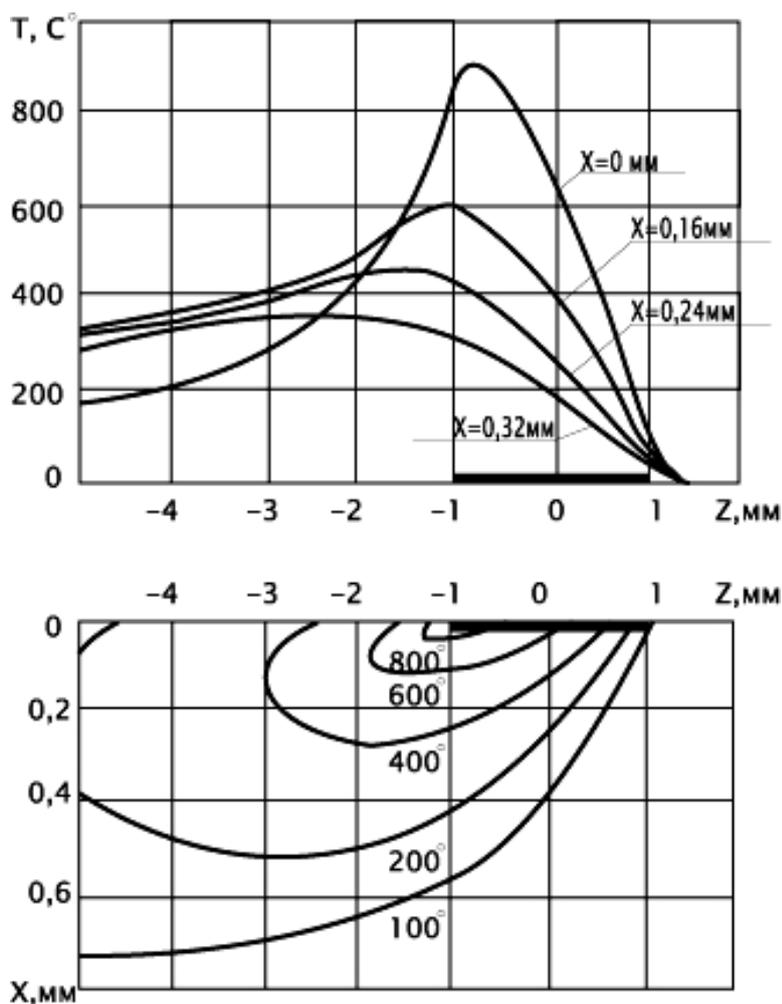


Рис. 2. Температурное поле при шлифовании $a = 6,6$ кал/(см·с $^\circ\text{C}$).

И.П. нами был проведен по аналогии анализ термомеханических явлений, протекающих в зоне шлифования зубчатых колес из цементируемой стали 12Х2Н4А.

Область, охваченная термомеханическими процессами условно разбивается на три зоны: перед тепловым источником, под источником – “зона нагрева” и за источником – “зона охлаждения”. Прочность поверхностного слоя материала оценивалась по обобщенной теории прочности Писаренко – Лебедева. Коэффициент запаса прочности материала определялся по формуле [3]:

$$K(\chi, \tau) = \frac{\sigma_b}{\sigma_s}, \quad (20)$$

где $\sigma_s = \chi \sigma_i + (1 - \chi) \sigma_1$.

Температурное поле в поверхностном слое обрабатываемой детали при шлифовании стали 12Х2Н4А показано на рис. 2. Для наглядности температурное поле представлено в виде кривых распределения температуры на определенных глубинах и в изотермах. Перед источником движется тепловая волна, которая разогревает материал в первой зоне на незначительную глубину.

Максимум температуры на границе первой и второй деформационных зон находится на поверхности.

Максимум температуры во второй зоне расположен на поверхности и смещен к задней кромке источника. В зоне за источником температурная кривая поверхности пересекает кривые распределения температуры в более глубоких слоях. Иными словами, охлаждение поверхности детали приводит к перераспределению температур, при которых температура на поверхности становится ниже, чем в более глубоких слоях. При этих условиях часть теплового потока будет направлена к обработанной поверхности, а часть идет в глубинные слои детали. Если к изотермам построить нормали (линии теплового потока), то можно наглядно показать распределение тепловых потоков по объему детали.

На основании анализа кривой изменения температуры в зоне контакта можно сделать следующие выводы:

1. Охлаждение поверхности оказывает существенное влияние на температурное поле подвижного теплового полосового источника.
2. В зону шлифования охлаждающая жидкость не поступает. Следовательно, тепло, выделяющееся в зоне резания, прежде чем попасть в зону охлаждения проходит через шлифуемый металл.
3. Охлаждение сильно деформирует температурное поле на задней кромке теплового источника и за источником. При этом существенно изменяется скорость нагрева и охлаждения, которые оказывают исключительно большое влияние на характер протекания термического цикла при шлифовании.

Средние скорости нагрева и охлаждения, от которых зависит характер фазоструктурных превращений, определяется из формулы [1]:

$$\frac{\Delta\theta}{\Delta Z} = \frac{1}{\Delta Z} \left\{ \int_{Z_1-H}^{Z_1+H} \exp(-\xi) K_0 \left(\sqrt{X^2 + \xi^2} \right) d\xi - \int_{Z_2-H}^{Z_2+H} \exp(-\xi) K_0 \left(\sqrt{X^2 + \xi^2} \right) d\xi \right\}, \quad (21)$$

где Z_1 и Z_2 – координаты точек, имеющих разную температуру θ_1 и θ_2 ; $\Delta\theta = \theta_1 - \theta_2$; $\Delta Z = Z_1 - Z_2$.

В качестве примера для режима шлифования: $D_{kp} = 250$ мм, $V_d = 3$ м/мин, $n_{ш.к} = 2800$ об/мин, стали 12Х2Н4А ($a = 0,03$ см²/с, $\lambda = 0,04$ кал/см·с°С), коэффициент теплообмена $\alpha = 6,6$ кал/см²·с°С. Для этих условий $\frac{2\alpha \cdot f}{\lambda \cdot V} \approx 1,2$. Относительная полуширина источника $H = 6$, а плотность теплового потока

$q = 720$ кал/(см²·с), $\frac{\Delta\theta}{\Delta Z} = 0,15$, скорость нагрева равна 47454 град/с, а скорость охлаждения 21090 град/с.

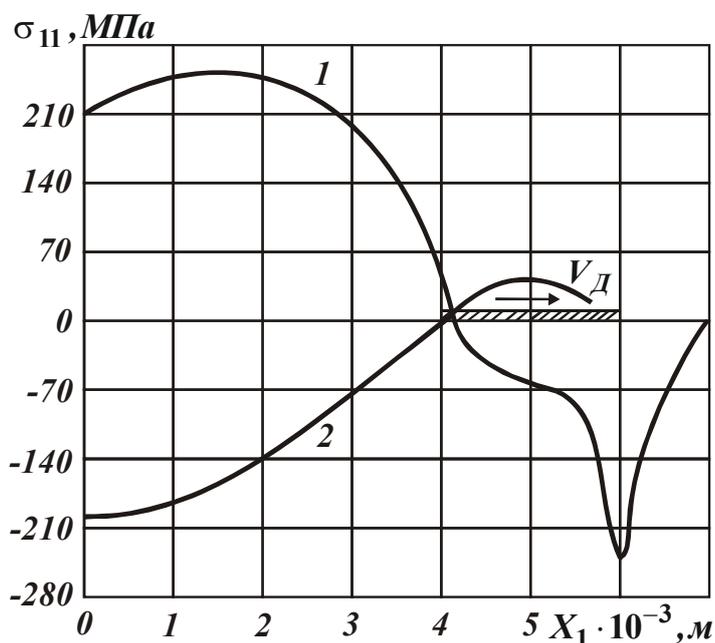


Рис. 3. Кинетика временного напряжения σ_{11} в различных деформационных зонах: в поверхностном слое (1) и на глубине (2).

На рис. 3 представлено распределение нормального напряжения σ_{11} в различных деформационных зонах поверхности [2]. Сложный характер кинетики напряжений в деформационных зонах шлифования определяется знакопеременной пластической деформацией в материале. Высокие температуры, разогревая материал при шлифовании, приводят к появлению термопластических деформаций различного уровня в разных деформационных зонах.

Нагревание материала в первой и второй зонах вызывает расширение его в направлении осей X_1 и X_2 . Деформационное воздействие расширяющегося материала второй зоны и собственное расширение материала первой зоны вызывает появление сжимающих напряжений в направлении оси X_1 , а в направлении X_2 , перпендикулярном обрабатываемой поверхности, возникают растягивающие напряжения $-\sigma_{22}$.

Термомеханические явления во второй деформационной зоне связаны с действием начальных напряжений из первой зоны, с расширением материала от нагрева и снижения предела текучести и увеличения пластичности материала. В результате пластической деформации поверхностных слоев происходит релаксация временных напряжений и уровень сжимающих напряжений уменьшается. На границе цементированного слоя, где температура изменяется незначительно, во второй деформационной зоне формируются временные растягивающие напряжения (кривая 2 рис. 3). Эти напряжения деформируются вследствие деформационного воздействия расширяющихся поверхностных слоев материала.

Особый интерес представляют переходные процессы на границе между второй и третьей деформационными зонами на задней кромке источника. Максимум температуры на поверхности (рис. 3) несколько смещен в глубину второй зоны от задней кромки. Следовательно, охлаждение поверхностного слоя начинается еще раньше выхода материала из этой зоны. Начинаясь снижение температуры вызывает деформацию сужения материала, сопровождающуюся образованием растягивающих напряжений. Уровень напряжений прямо или косвенно определяется параметрами температурного поля: максимальной

температурой и градиентами температур в направлении осей X_1 и X_2 .

Кинетика напряженно-деформированного состояния в третьей зоне – “зоне охлаждения” характеризуется следующим: почти от максимальной температуры охлаждается поверхностный слой материала. Одновременно, вследствие инерционности тепловых процессов, происходит прогрев глубоких слоев. Это уменьшает теплоотвод и вызывает выравнивание скоростей охлаждения слоев материала на разных глубинах.

Возникающая при быстром охлаждении деформация поверхностного слоя приводит, с одной стороны, к ускоренной релаксации сжимающих напряжений вблизи задней кромки теплового источника, с другой – способствует формированию дополнительных расширяющих напряжений в материале поверхностного слоя. Растягивающие напряжения в поверхностном слое возникают в результате различных скоростей охлаждения поверхности и нижележащих слоев материала. При этом благодаря достаточно высоким температурам в поверхностном слое протекает пластическая деформация. В связи со сменой знака напряжений, направление деформаций становится обратным по сравнению с ориентацией деформации при нагреве. По мере снижения температуры поверхностного слоя материала, повышается предел его текучести и соответственно возрастают растягивающие напряжения. С охлаждением глубинных слоев уменьшается воздействие на верхний слой и на поверхности наступает стабилизация величины растягивающих напряжений (рис. 3). В глубинных слоях образуются напряжения сжатия (рис. 3, кривая 2).

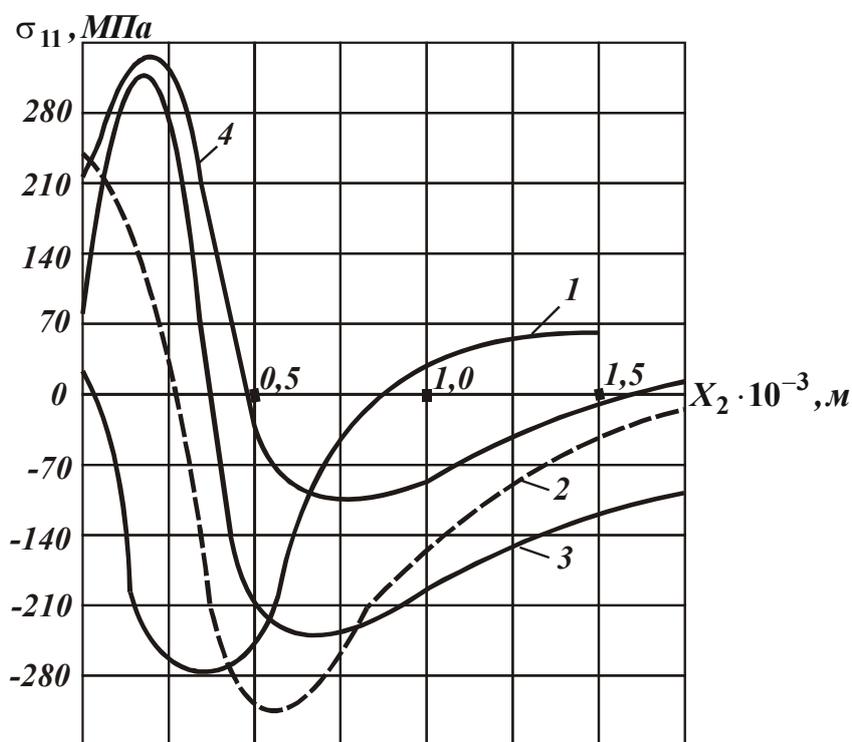


Рис. 4. Распределение σ_{11} по глубине на задней кромке источника (1), распределение σ_{11} спустя $\tau = 0,012$ с после начала охлаждения (2), распределение σ_{11} после $\tau = 0,025$ с (3), остаточные напряжения (4).

В глубинных слоях образуются напряжения сжатия (рис. 3, кривая 2).

По мере выравнивания температуры повышаются пределы текучести и прочности материала, прекращаются пластические деформации, завершается формирование остаточного напряженно-деформированного состояния материала. Кинетика формирования остаточных напряжений σ_{11} по координате X_2 показана на рис. 4 [2].

На границе второй и третьей зоны в момент выхода из зоны контакта напряженно-

деформированное состояние материала отображено кривой 1 и является начальным для третьей зоны. Дальнейшее охлаждение поверхности сопровождается возрастанием растягивающих напряжений на поверхности (кривая 2). Увеличиваются область и глубина залегания сжимающих напряжений. По мере дальнейшего охлаждения поверхности происходит выравнивание скоростей охлаждения поверхностных и глубинных слоев. При этих условиях максимальное значение растягивающих напряжений смещается в глубинные слои, ослабляя напряженность на поверхности (кривая 3). После выравнивания температуры формируются остаточные напряжения (кривая 4).

Проведенный анализ кинетики теплового и напряженно-деформированного состояния поверхностного слоя зубчатых колес при шлифовании выявил превалирующую роль термопластических деформаций, протекающих при нагреве и охлаждении. Однако, следует заметить, что проведенный анализ кинетики теплового и напряженно-деформированного состояния поверхностного слоя зубчатых колес не учитывает структурные изменения. Эти изменения, протекающие в условиях динамики нагрева и охлаждения, сопровождаются изменением удельных объемов. Охлаждение металла ниже мартенситного превращения (точки M_n) может сопровождаться бездиффузионным превращением аустенита в мартенсит. При этом возможны три различных случая:

1. Охлаждение металла протекает со скоростью, превышающей критическую скорость закалки и сопровождается превращением основной массы аустенита в мартенсит вторичной закалки.
2. Охлаждение металла протекает со скоростью охлаждения, близкой к критической скорости закалки и сопровождается частичным $\gamma \rightarrow \alpha$ превращением.
3. Охлаждение протекает настолько медленно, что бездиффузионное $\gamma \rightarrow \alpha$ превращение практически отсутствует.

В первом случае на поверхности детали образуется белый нетравящийся вторично-закаленный слой. Под ним залегают слои, состоящие из продуктов распада аустенита. В результате полного $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения в поверхностном слое металл будет расширяться, но этому расширению будут препятствовать нижележащие слои. При этих условиях в тонком поверхностном слое возникнут сжимающие напряжения (рис. 5, кривая 1).

Во втором случае “белый” слой на поверхности не образуется. Частичное $\gamma \rightarrow \alpha$ превращение приводит к некоторому снижению уровня растягивающих напряжений. Характер изменения напряженного состояния поверхностного слоя в процессе шлифования представлен на рис. 5, кривая 2.

В третьем случае, при отсутствии $\gamma \rightarrow \alpha$ превращений, внутренние напряжения растяжения будут расти по мере охлаждения поверхности (рис. 5, кривая 3).

Прочность материала при шлифовании оценивается коэффициентом запаса прочности $K_{з.п}$.

Динамика формирования прочности в различных деформационных зонах шлифования показана на рис. 6 [2].

По мере возрастания температуры в пределах зоны контакта (кривая 3)

снижается предел прочности материала, коэффициент запаса прочности $K_{з.п}$ снижается (кривая 1). У задней кромки зоны контакта в момент перехода от сжимающих напряжений к растягивающим (рис. 3) коэффициент запаса прочности возрастает, следовательно, разрушение материала в этой зоне маловероятно. При выходе материала из зоны кинетической деформации наблюдается резкое снижение $K_{з.п}$. В зоне интенсивного охлаждения поверхности характер напряженно-деформированного состояния имеет хрупкую природу разрушения материала детали при шлифовании под воздействием нормальных растягивающих напряжений, действующих в направлении оси X_1 , т.е. в направлении вектора скорости перемещения источника тепла.

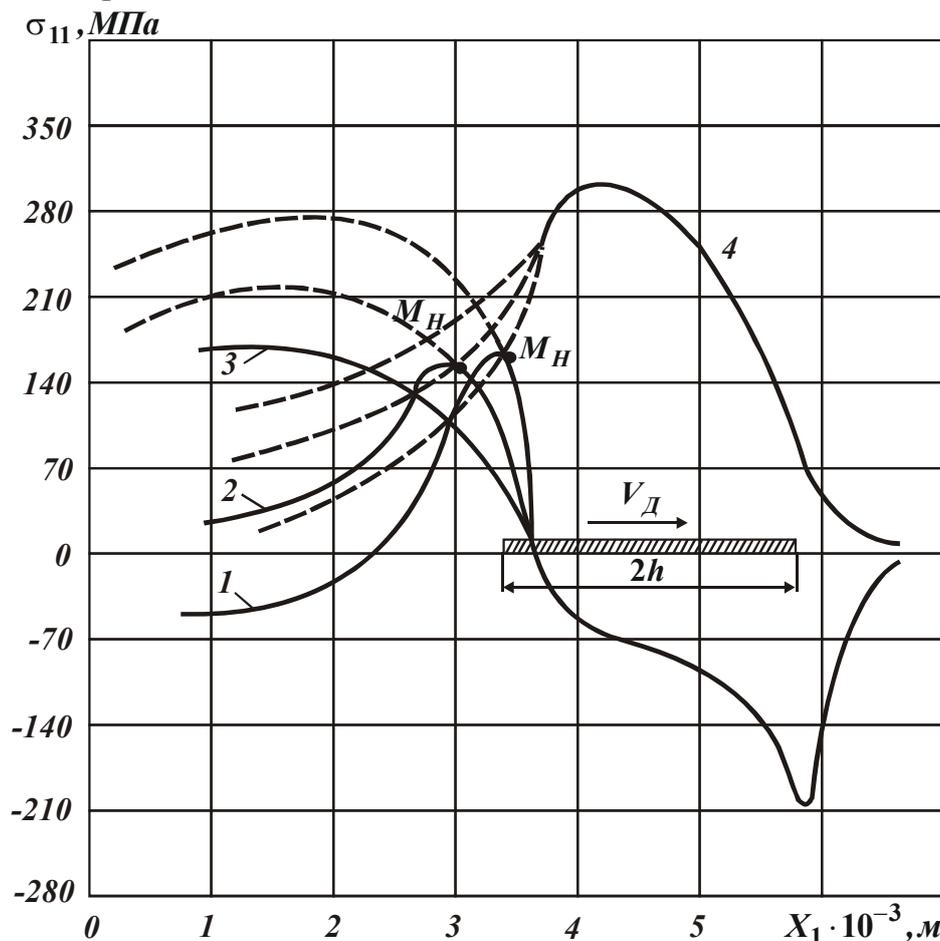


Рис. 5. Схема формирования внутренних напряжений в поверхностном слое детали при шлифовании с фазовыми превращениями: 1, 2, 3 – кривые изменения напряжений при различных скоростях охлаждения. Кривая 4 – характер изменения температуры.

Приведенные зависимости термомеханических явлений, протекающих в поверхностном слое деталей, при шлифовании позволяет рассмотреть функциональные связи параметров обработки с напряженно-деформированным состоянием деталей, найти пути управления этим состоянием и прогнозировать условия бездефектной обработки.

Основываясь на вышеизложенном, можно утверждать, что ответственными за возникновение шлифовочных трещин являются не остаточные, а временные термоупругие напряжения растяжения, возникающие при охлаждении в зоне III до

температуры, соответствующей критической точке Mn . Это положение подтверждается наличием эффекта сдвига по границам трещин в направлении, перпендикулярном к следам обработки. Из работ Ляшко Н.Ф. известно, что в сталях с гетерогенной структурой трещины распространяются в области стыка встречных пластически-деформированных зон металла. Наиболее мягкие фазы деформируются больше, причем деформации имеют сдвиговый характер. Сдвиги фаз распространяются не прямолинейно, а по плоскостям, имеющим наименьшее сопротивление деформации. Явления сдвига свидетельствуют о том, что разрушение поверхности и возникновение трещины, происходят не в процессе нагрева, а при охлаждении, т.е. после выхода поверхности из зоны шлифования.

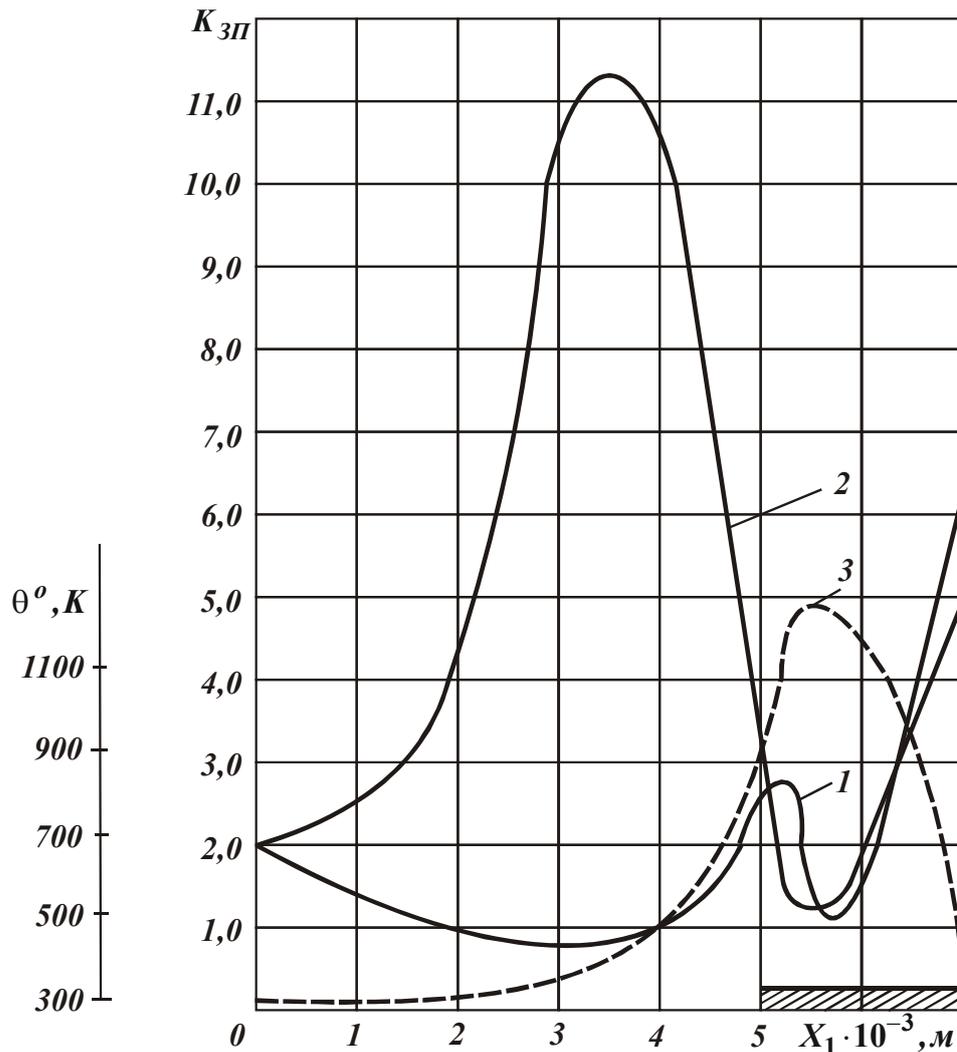


Рис. 6. Зависимость коэффициента запаса прочности на поверхности (кривая 1), на глубине $X_2=0,25 \cdot 10^{-3}$ м (кривая 2). Изменение температуры на поверхности (пунктирная кривая 3).

Список литературы: 1. Сипайлов В.А. Тепловые процессы при шлифовании и управление качеством поверхности. - М.: Машиностроение, 1978. - 167 с. 2. Сазонов И.П. Обеспечение качества поверхностного слоя при шлифовании деталей с диффузионным покрытием. - Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - Одесса: ОПИ, 1987. - 35 с. 3. Писаренко Г.С., Лебедев А.А. Деформирование и прочность материалов при сложном напряженном состоянии. - М.: Машиностроение, 1974. - 186 с. 4. Сиратори М., Миеси Т. Вычислительная механика: пер. с японского. - М.: Мир, 1986. - 334 с.

УДК 621.923

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭФФЕКТИВНОМУ ПРИМЕНЕНИЮ РЕЗЦОВ ИЗ СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ТОЧЕНИИ НАПЛАВЛЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Коломиец В.В., докт. техн. наук, проф.,

Тищенко Л.Н., докт. техн. наук, проф., **Любичева К.М.**

(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко),

Клименко С.А., докт. техн. наук, проф.

(Институт сверхтвердых материалов НАН Украины, г. Киев),

The recommendations for application of the instruments of SFM at sharpening of smelted materials are brought.

Научными исследованиями и производственной практикой установлено, что при обработке деталей восстановленных труднообрабатываемыми наплавочными материалами резцами из СТМ на основе нитрида бора типа киборит и гексанит-Р обеспечивается повышение производительности процесса в 4-5 раз, достигается точность обработки 5-6 качества и шероховатость обработанной поверхности по $Ra = 0,32-0,64$ мкм [1,2]. При этом работоспособность резцов из СТМ в 5-6 раз превышает работоспособность резцов из твердых сплавов. Эффективность применения резцов из СТМ при обработке восстанавливаемых деталей увеличивается при большой неоднородности и дефектности наплавленного слоя. Особенно эффективно применение этих резцов при обработке материалов наплавленных порошковыми самозащитными проволоками, дающими наплавленный материал с большой неоднородностью. Также установлено, что применение резцов из СТМ на основе нитрида бора позволяет упростить и сократить технологический цикл восстановления деталей, то есть уменьшить количество операций, исключить шлифование и уменьшить номенклатуру применяемого оборудования. Такая обработка является более прогрессивным способом для высоких технологий восстановления деталей машин.

Для более эффективного применения резцов из СТМ на ремонтных предприятиях нами разработаны некоторые рекомендации по заточке, геометрии и выбору режимов резания труднообрабатываемых наплавленных материалов при наружном точении и расточке отверстий.

Изношенные в процессе обработки резцы из СТМ на основе нитрида бора следует затачивать и доводить до шероховатости поверхности режущей части по $Ra = 0,08$ мкм. Заточку резцов производить на универсально-заточных станках типа 3А64Д в трехповоротных тисках. Для заточки применять алмазные круги типа АЧК, АПВ 125х32х3 или 150х32х3 на связках Т02, Б1, ТМ2 с зернистостью АСВ, АСП, АСР 100/80-50/40 с концентрацией 150%. Режимы заточки: $V_{\text{круга}} = 25-30$ м/с; $S_{np} = 0,6-1,0$ м/мин; $S_{non} = 0,05-0,01$ мм/дв. ход. Доводку резцов также необходимо проводить на универсально-заточных станках типа 3А64Д алмазными кругами на связке Б3 с зернистостью АСМ 40/28 с концентрацией 100%. Режимы доводки: $V_{\text{круга}} = 35$ м/с; $S_{np} = 0,5$ м/мин; $S_{non} = 0,005$ мм/дв. ход, где: $V_{\text{круга}}$ – скорость вращения круга; S_{np} – продольная подача инструмента (хода стола); S_{non} – поперечная подача инструмента. В табл. 1 приве-

дены рекомендуемые геометрические параметры резцов, а в табл. 2 рекомендуемые режимы резания при обработке наплавленных материалов.

Таблица 1

Рекомендуемые геометрические параметры режущей части резцов для обработки восстанавливаемых наплавкой деталей машин

№ п/п	Вид обработки и наплавленный материал	Геометрические параметры резцов						
		γ°	$\alpha = \alpha_1^\circ$	φ°	φ_1°	λ°	$r, \text{ мм}$	$\ell_f, \text{ мм}$
1.	Черновое наружное точение наплавленного материала типа А и В (НВ 150...180) резцами из Т15К6	$\gamma_f = -10 \dots -15^\circ$						
		$\gamma = 5$	10-12	40-45	15-20	0-5	0,6-1,0	0,3-0,4

		5	18-20	45-50	10-15	0-5	0,3-0,5	0,2-0,3
2.	Черновое точение материала типа А и В (НВ 180-230) резцами из киборита и гексаниа-Р	-10	8-10	40-45	15-20	0	0,6-1,0	0,2-0,3

		-10	15-20	45-50	10-15	0	0,3-0,4	0,15-0,2
3.	Чистовое точение материала типа А и В (HRC 26 - 40) резцами из Т15К6 и ТТ9К20	-5	8-10	40-45	10-15	0	0,3-0,6	0,2-0,3

		5	15-20	45-50	10-15	0	0,3-0,4	0,15-0,2
4.	Чистовое точение материала типа А и В (HRC 40 - 65) резцами из киборита и гексаниа-Р	-10	8-10	40-45	10-15	0	0,6-0,8	0,15-0,2

		-10	15-20	45-50	10-15	0	0,3-0,4	0,15-0,2
5.	Чистовое наружное точение наплавленного материала типа С, Д, Е (HRC 50-65) резцами из киборита и гексаниа-Р	-10	10-12	35-40	10-15	0	0,6-1,2	0,15-0,2

		-10	15-20	45-50	10-15	0	0,3-0,4	0,15-0,2

Таблица 2

Рекомендуемые элементы режимов резания наплавленных материалов

№ п/ п	Наименование и марка материала	Элементы режима резания				
		Скорость резания, м/с **	Подача, мм/об		Глубина резания, мм	
			точечное	расточивание	точечное	расточивание
1.	Черновая обработка наплавленных материалов типа А и В (НВ 150-180) резцами из Т15К6	0,6-0,8 ----- 0,4-0,6	0,3-0,4	0,2-0,3	1,0-2,0	0,6-0,8
2.	Черновая обработка материалов типа А и В (НВ 180 - 230) резцами из киборита и гексанита-Р	1,8-2,2 ----- 1,2-1,6	0,2-0,3	9,15-0,2	1,0-1,5	0,6-0,8
3.	Чистовая обработка материалов типа А и В (HRC 25 – 40) резцами из Т15К6 и ТТ9К20	0,8-1,2 ----- 0,6-0,8	0,07-0,12	0,07-0,1	0,2-0,3	0,15-0,25
4.	Чистовая обработка материалов типа А и В (HRC 40 – 65) резцами из киборита и гексанита-Р	1,3-2,3 ----- 1,2-1,6	0,05-0,1	0,05- 0,07	0,2-0,3	0,15-0,25
5.	Чистовая обработка материалов типа С, Д, Е (HRC 50 – 65) резцами из киборита и гексанита-Р	1,0-1,8 ----- 0,8-1,4	0,05-0,1	0,05-0,07	0,2-0,3	0,15-0,25

** В числителе скорость резания при точении, в знаменателе - при расточке.

Список литературы: 1. Коломиец В.В., Тищенко Л.Н., Клименко С.Н., Еременко М.В., Переверзева Л.Н. Применение смазочно-охлаждающих технологических сред при обработке наплавленных материалов резанием // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2008. – Вип. 68. – С. 20-23. 2. 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 621.9

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ РЕЗАНИЯ

Шкурупий В.Г., канд. техн. наук, доц.

(Харьковский национальный экономический университет)

The results of studies of the mechanism of formation of the surface layer of the workpiece during the cutting process.

Изучению параметров качества поверхности после абразивной обработки в научно-технической литературе уделено большое внимание [1]. Однако, при оценке состояния поверхностного слоя деталей, подвергнутых финишной обработке, зачастую очень сложно оценить параметры шероховатости поверхности. В особой мере это относится к оценке высотных параметров шероховатости поверхности R_a и R_z , а также критерия шероховатости поверхности F , т.к. при использовании метода ощупывания, разрушения от иглы профилометра соизмеримы, а иногда и больше измеряемых неровностей на поверхности. Поэтому использование совместной оценки оптических свойств, работы выхода электронов и параметров шероховатости обработанной поверхности позволит глубже изучить механизм формирования поверхностного слоя при обработке резанием. Целью работы является изучение механизма формирования поверхностного слоя при обработке резанием.

Исследования влияния критерия шероховатости на поглощательную способность поверхности стальных деталей после обработки резанием рассмотрены нами в работах [2, 3]. Исследования по технологическому обеспечению заданных оптических свойств поверхностей деталей из алюминиевых сплавов подробно рассмотрены в работе [4]. На рис.1 приведены зависимости между коэффициентом излучения, критерием шероховатости поверхности и значениями контактной разности потенциалов (КРП) на поверхности деталей из алюминиевых сплавов после различных методов их обработки.

Как показали исследования геометрических характеристик поверхностей деталей щуповыми методами и растровой электронной микроскопии (рис. 2, рис. 3 и рис. 4) на предварительных стадиях обработка с применением фрезерования, точения с использованием традиционных инструментальных материалов (сталь Р18, твердый сплав и др.) гидроабразивной обработки и обработки металлической дробью, изменение оптических характеристик связано с изменением критерия шероховатости поверхности. Применение финишных методов об-

работки приводит к образованию поверхностей, величина критерия шероховатости которых приближается к 1 и изменения оптических характеристик связано с изменением КРП. Поверхности деталей машин, имеющие значение F , близкое к единице, следует отнести к высокоотражательным или поверхностям, имеющим низкую поглощательную способность. Исследования топологии поверхности деталей после обработки резанием позволили изучить характер ее изменения в зависимости от вида обработки. Максимальные значения были достигнуты на поверхности деталей после шлифования, гидроабразивной обработки и обработки металлической дробью.

На профиле шероховатости образуются субмикронеровности значительных размеров сравнимых по величине с длинами волн падающего излучения (максимальная величина 0,9 мкм). Топология поверхностей шлифованных деталей отличается от топологии поверхности полированных деталей. Исследование формирования геометрических характеристик на полированных поверхностях показало, что форма и размеры неровностей таких поверхностей отличаются от формы и размеров неровностей после шлифования, гидроабразивной обработки, обработки металлической дробью.



Рис 1. Зависимость оптических свойств и параметров поверхности от методов обработки деталей из сплава АМг6: 1 - прокат; 2 - гидроабразивная обработка; 3 - обработка металлической дробью; 4- фрезерование твердосплавной фрезой; 5 - фрезерование фрезой из эльбора; 6 - точение твердосплавным резцом; 7 - полирование алмазное; 8 - выглаживание, 9 - микроточение алмазным резцом.

При полировании наряду с процессом резания происходит процесс пластического деформирования, который приводит к сглаживанию неровностей и

перетеканию металла из выступов во впадины. Это изменяет форму и направления неровностей и позволяет уменьшить их размеры до предельных значений. Как показали электронно-микроскопические исследования на профиле шероховатости поверхности деталей после гидроабразивной обработки, обработки металлической дробью как и при шлифовании образуется субмикрощероховатость, размеры которой сравнимы с длинами волн падающего излучения.

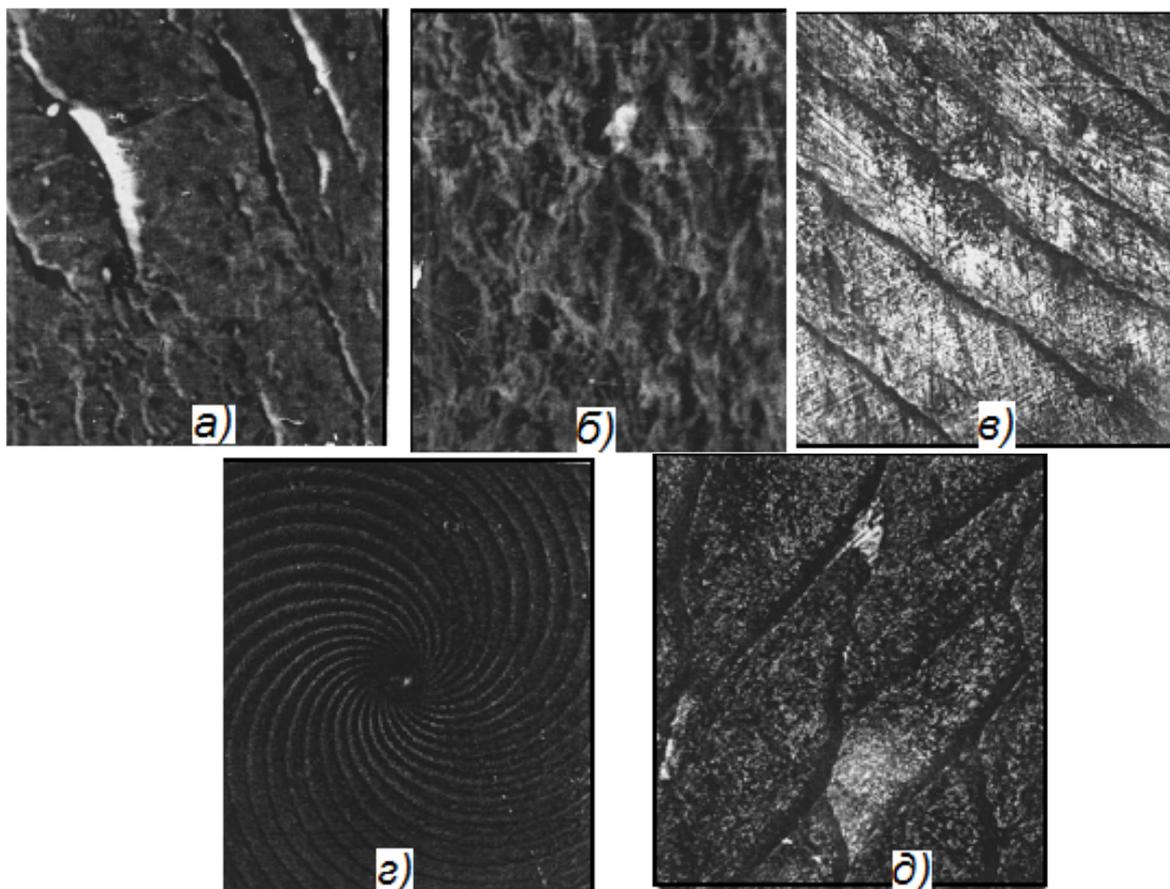


Рис. 2. Топология поверхности образцов из сплава АМг6 после различной обработки: а) – прокат; б) – обработка металлической дробью; в), г), д) – рельеф поверхности после поверхностного пластического деформирования (ППД); а), б) – электронные снимки (x770).

Так, на некоторых поверхностях образцов они достигали значений до 0,8-0,9 мкм. При гидроабразивной обработке, шлифовании, обработке металлической дробью формы и размеры выступов (впадин) профиля шероховатости различаются в зависимости от направления ощупывания. Порядок размеров неровностей имеет больший, чем при абразивном полировании, диапазон изменения. Количество неоднородностей геометрического характера соизмеримых с длинами волн падающего излучения, меньше при полировании, что можно объяснить снижением эффекта микрорезания, увеличением усилий резания. Изменение условий резания при лезвийной обработке, фрезеровании (по отношению к полированию) приводит к еще большему увеличению высоты неровностей (кроме алмазного точения). Однако форма и количество микронеровностей, соизмеримых с длинами волн падающего излучения, изменяется незначительно.

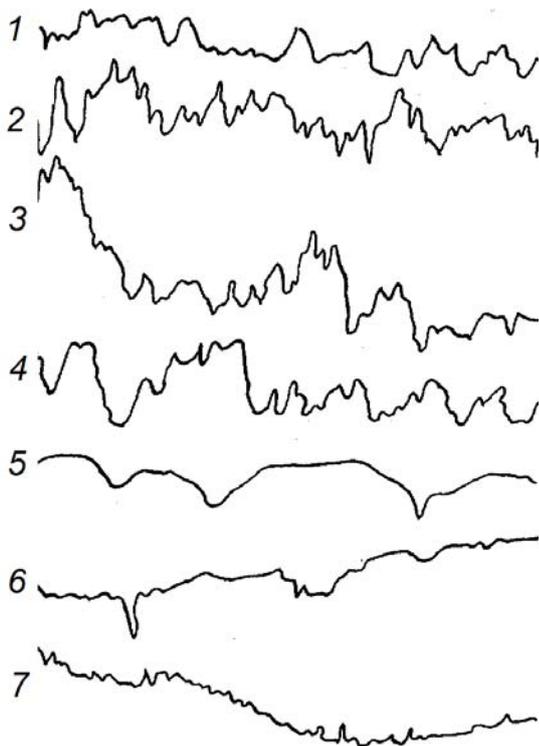


Рис. 3. Профилограммы поверхности образцов из сплава АМг6 при различных горизонтальном (ГУ) и вертикальном (ВУ) увеличениях: 1-прокат (200 и 10000); 2-гидроабразивная обработка (200 и 4000); 3-зубофрезерование (100 и 2000); 4-точение твердым сплавом (400 и 10000); 5-абразивное полирование (200 и 10000); 6-выглаживание (200 и 10000); 7-микроточение алмазом (200 и 100000).

ляться критерием шероховатости, величина которого практически равна единице. Изменение структуры обработанной поверхности, а также появление в поверхностном слое сжимающих напряжений приводит к уменьшению количества неоднородностей поверхностного слоя и увеличению отражательной способности поверхности после ППД. При виброобкатывании, как установлено, можно получить различный характер микрорельефа поверхности деталей из алюминиевых сплавов, который практически не изменяет A_s и ε .

Рассмотрим вариант механизма образования поверхностей для изделий с высокой отражательной способностью.

Технологическое обеспечение поверхности лазерных зеркал с высокой отражательной способностью при длине волны 10,6 мкм, а также поверхностей деталей летательных аппаратов при длине волн падающего на поверхность излучения от 0,2 до 2,5 мкм связано с обеспечением на них максимальных значений КРП, т.е. создания поверхностей с необходимыми физико-химическими параметрами. Как видно из результатов исследований (рис. 1), максимальных

Сглаживание поверхностного слоя при абразивной обработке зависит от величины нормальной составляющей силы резания, что подтверждается схемами обработки, применяемыми при изучении изменения критерия шероховатости поверхности, отношения R_a / R_{max} , коэффициента поглощения и значений контактной разности потенциалов КРП. Величина критерия шероховатости на фрезерованных поверхностях имеет значения около 0,9.

Исследования геометрических характеристик поверхности после обработки ППД показали, что при малых усилиях вдавливания индентора происходит сглаживание микронеровностей исходной поверхности за счет деформации вершин выступов аналогично обкатыванию; с увеличением усилия образуется ровный микрорельеф со следами невыглаженных исходных микронеровностей на участках наиболее глубоких впадин. Дальнейшее увеличение усилия приводит к полному выглаживанию исходных микронеровностей и образованию полностью нового микрорельефа, высота, форма и расположение которого будут определяться критерием шероховатости, величина которого практически равна единице.

значений контактная разность потенциалов может быть достигнута абразивной обработкой (полирование, доводка), лезвийной обработкой (точение с применением сверхтвердых материалов, в том числе природных алмазов), поверхностным пластическим деформированием.

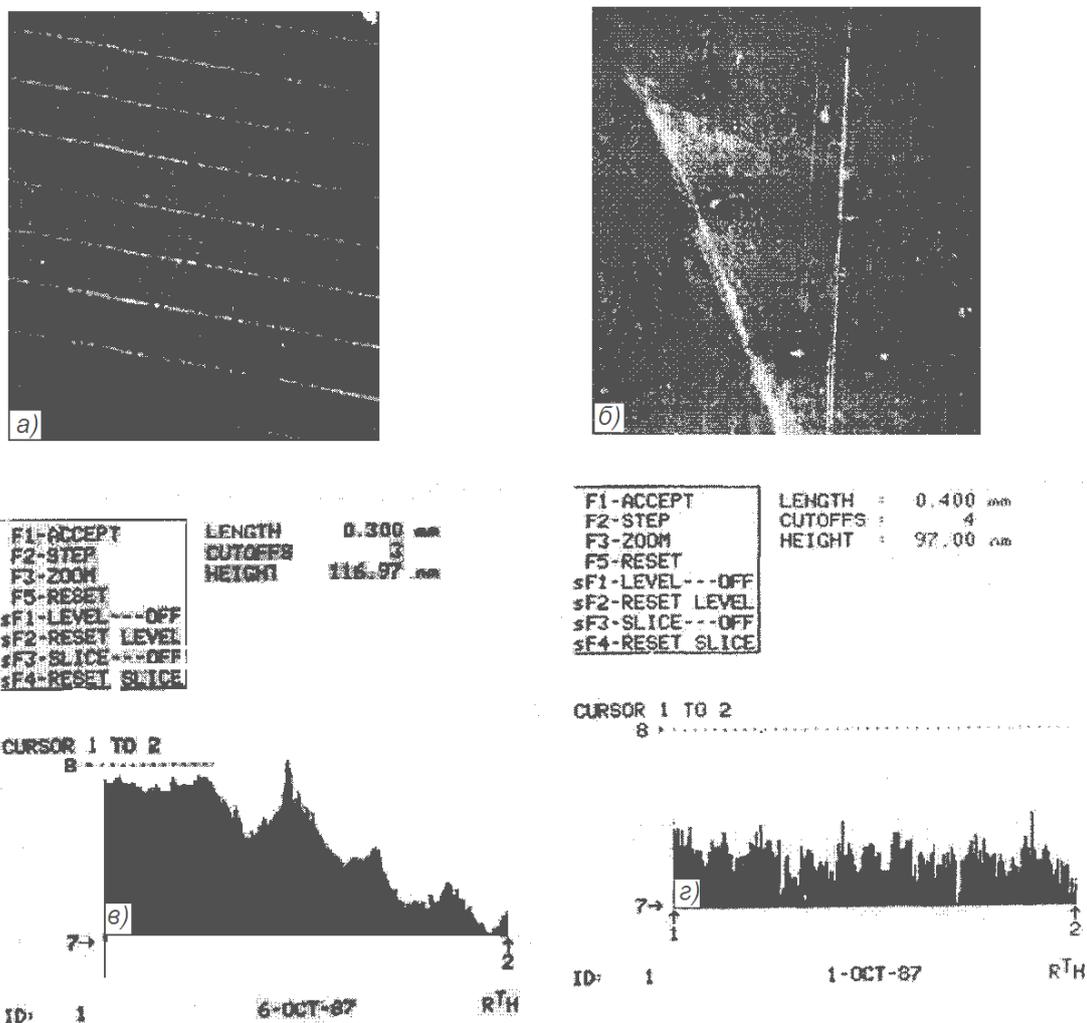


Рис. 4. Топология поверхности образцов из сплава АМг6 после алмазного микроточения (а, в) и абразивного полирования (б, г): (а и б) – электронные снимки при увеличении (x1250); (в и г) – профилограммы.

Для обеспечения высокой отражательной способности (кроме механической обработки) можно использовать электрохимическое или химическое полирование, которые в силу специфики процесса создают металлические поверхности с благоприятной тонкой структурой, которая обеспечивает максимальные значения КРП.

В настоящее время для получения высокой отражательной способности лазерных зеркал из различных материалов (медь, алюминий и его сплавы, молибден и др.) применяются традиционные методы обработки резанием: лезвийная обработка – точение резцами из природных алмазов и обработка свободными абразивом – полирование (доводка) с применением смоляных полироваль-

ников и технологических сред, содержащих алмазные микропорошки. Нами изучен механизм образования поверхности с высокой отражательной способностью обработкой резанием на зеркалах из меди и алюминиевых сплавов. Было исследовано изменение параметров и оптических характеристик поверхностей после точения природным алмазом и алмазного полирования, которые имели максимальные значения критерия шероховатости поверхности. После алмазного точения зеркал из алюминиевого сплава АМг6 отражательная способность ($\lambda = 10,6$ мкм) имела значения 96,6%, а после алмазного полирования – 92,6%. При этом значение коэффициента поглощения составляло 0,1 и 0,2 соответственно. Повышение отражательной способности поверхностей, обработанных точением алмазным инструментом, способствует благоприятное сочетание физико-химических свойств природного алмаза и обрабатываемых поверхностей, снижение интенсивности воздействия химически активных веществ, что приводит к уменьшению различного рода неоднородностей в двойном электрическом слое поверхности и уменьшает величину работы выхода электронов. На поверхности алюминиевого образца величина КРП составляет 1050–1100 мВ, а после полирования с применением алмазных микропорошков - около 880 – 900 мВ.

При абразивном полировании обрабатываемая поверхность адсорбирует химически активные вещества, содержащиеся в технологических средах, и кислород воздуха, что оказывает влияние на развитие химико-механических явлений, сопровождающих пластическое деформирование микровыступов поверхности. Процесс адсорбции интенсифицируется при механическом снятии пленок окислов с поверхности, что обеспечивается относительным изменением контакта полировальника и обрабатываемой поверхности.

При изучении топологии поверхностей образцов из сплава АМг6 после точения алмазным инструментом и абразивного полирования обнаружены значительные различия (рис. 4). На полированных поверхностях, кроме следов абразивных зерен, имеется большое количество мелких точек «ряби», которые отсутствуют на поверхности, обработанной точением. Наличие "ряби", видимо, является результатом взаимодействия органических компонентов полирующих составов, абразивных зерен и обрабатываемой поверхности. На поверхности, обработанной точением могут наблюдаться следы резца глубиной 0,1-0,2 мкм и шириной 60 мкм, склоны гладкие, почти отсутствуют неровности, соизмеримые с длинами волн падающего излучения.

Значительные различия состояния поверхностей после точения и полирования подтверждаются и рентгенографическими исследованиями. После абразивного полирования поверхность деформирована в меньшей степени, чем после алмазного точения. Однако химическая активность алюминия на воздухе и шаржирование поверхности абразивом образуют субструктуру в виде конгломерата окислов металла, осколков абразивных зерен, соединений щелочных металлов. После алмазного точения поверхность деформирована в большей степени, химический состав ее также неоднороден. Однако в виду отсутствия шаржирования поверхности, а также меньшей степени ее окисления субструктура поверхности имеет меньше дефектов и нарушения в двойном электрическом слое минимальны, работа выхода электрона минимальна.

Для определения гетерогенных веществ и других примесей, не относящихся к основному материалу, а образующихся в процессе обработки, поверхности исследовали методами масс- и оже-спектроскопией (рис. 5).

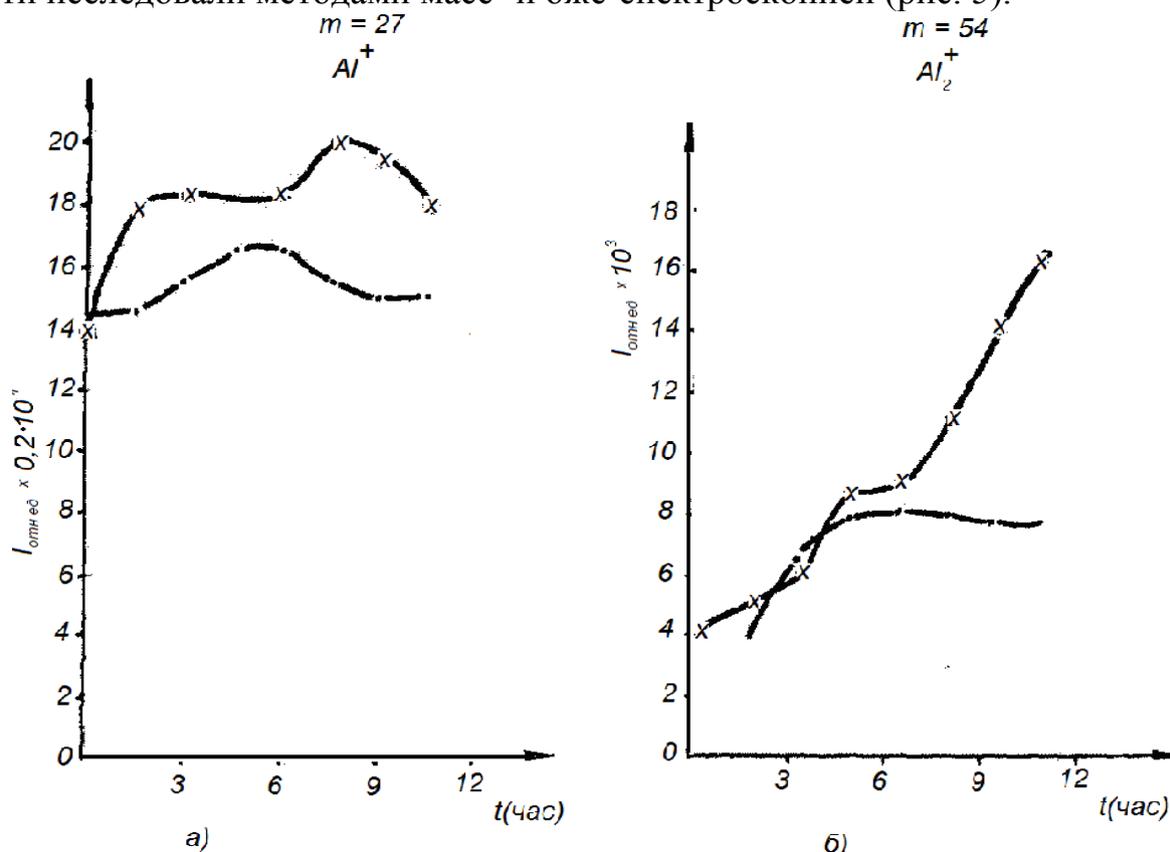


Рис. 5. Зависимость тока вторичных ионов Al^+ (а), Al_2^+ (б) от времени бомбардировки поверхности после различных видов обработки:

—•—•— механическое
 —•—•— полирование
 —x—x— алмазное точение

Таким образом показано, что на светоотражательную способность поверхностей оказывает влияние микрорельеф, формирующий шероховатость поверхности со значением критерия $F < 1$. Для поверхностей со значением F , равным или близким к единице, необходимо контролировать параметры физико-химического состояния, например, оценкой работы выхода электронов, т. е. оценкой контактной разности потенциалов. Сглаживание неровностей на поверхности можно контролировать отношением R_a / R_{max} .

Список литературы: 1. Качество поверхности при алмазно-абразивной обработке / Э.В. Рыжов, А.А. Сагарда, В.Б. Ильицкий, И. Х. Чеповецкий. – Киев: Наук. думка, 1979. – 244 с. **2.** Шкурупий В. Г., Дудко П. Д., Назаров Ю. Ф. Эффективность применения финишных методов обработки материалов. – Киев: ДНТП, 1979. – 24с. **3.** Шкурупий В.Г., Назаров Ю.Ф., Колоскова Е. К. Эксплуатационные свойства деталей после абразивной обработки // Пути повышения производительности, качества и эффективности процессов абразивной эльборовой обработки: Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции. – М., 1976. – С. 63-66. **4.** Обработка деталей с высокой отражательной способностью с применением сверхтвердых материалов / Дудко П.Д., Назаров Ю.Ф., Коваленко В.С. и др. // Сверхтвердые материалы: Тезисы докладов Международного семинара. – Киев: АН УССР, 1981. – С. 21-22.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ УСЛОВИЙ УМЕНЬШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ШЛИФОВАНИЯ

Новиков Г.В., канд. техн. наук

(Научный центр НТК "Ельбор", г. Харьков)

In this paper we propose a general approach to calculating the temperature of grinding and theoretically substantiates its reduction.

Существенным недостатком процесса шлифования является высокая тепловая напряженность обработки, что приводит к возникновению на обрабатываемых поверхностях температурных дефектов. Поэтому остается актуальным вопрос достоверного определения условий уменьшения температуры шлифования. Необходимо отметить, что данному вопросу в научно-технической литературе уделено большое внимание [1]. В наших работах [2, 3] получено новое аналитическое решение об определении температуры шлифования с учетом распределения тепла, уходящего в образующиеся стружки и обрабатываемую деталь. В работах [4–6] данное решение получило дальнейшее развитие. В связи с этим, важно провести более глубокий анализ начального решения.

Рассмотрим расчётную схему шлифования прямолинейного образца, движущего по нормали к кругу со скоростью $V_{рез}$ (рис. 1). Пусть за время τ сошлифован слой материала l_1 .

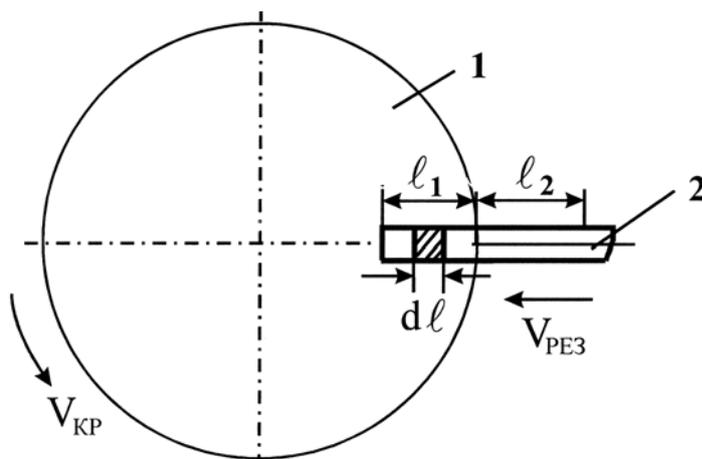


Рис. 1. Расчетная схема для определения температуры шлифования: 1 - круг, 2 – образец.

Количество выделившегося при этом тепла равно

$$Q_0 = Q_1 + Q_2, \quad (1)$$

где Q_1 – количество тепла, которое затрачено на нагревание сошлифованного слоя материала толщиной l_1 ; Q_2 – количество тепла, которое затрачено на нагревание (вследствие теплопроводности материала) части образца толщиной l_2 .

Параметры Q_1 и Q_2

определяются

$$Q_1 = c \cdot \rho \cdot S \cdot \int_0^{l_1} t^0(l) \cdot dl = c \cdot \rho \cdot S \int_0^{\tau} t^0(\tau) \cdot V_{рез} \cdot d\tau, \quad (2)$$

$$Q_2 = c \cdot \rho \cdot S \cdot l_2 \cdot t^0(\tau), \quad (3)$$

где c – теплопроводность обрабатываемого материала, Дж/(кг·К); ρ – плотность материала, кг/м³; S – площадь поперечного сечения образца, м²; $t^0(l), t^0(\tau)$ – функции изменения температуры сошлифованного слоя материала от толщины l и времени τ , град; $dl = V_{рез} \cdot d\tau$ – элементарный участок сошлифованного слоя материала.

С учётом известного соотношения

$$Q = q \cdot S \cdot \tau = \lambda \cdot S \cdot \frac{0.5 \cdot t^0(\tau)}{l_2} \cdot \tau \quad (4)$$

параметр l_2 выразится

$$l_2 = \frac{0.5 \cdot \lambda \cdot t^0(\tau)}{q}, \quad (5)$$

где $q = \frac{P_z \cdot V_{кр}}{S}$ – плотность теплового потока, Вт/м²; $P_z = \sigma \cdot \frac{Q_{тек}}{V_{кр}}$ – тангенци-

альная составляющая силы резания, Н; σ – условное напряжение резания, Па; $V_{кр}$ – скорость круга, м/с; $Q_{тек}$ – производительность обработки, м³/с; λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К).

Подставляя параметр l_2 в зависимость (3), получено

$$Q_2 = c \cdot \rho \cdot S \cdot \frac{\lambda}{q} \cdot 0.5 \cdot t^{0^2}(\tau). \quad (6)$$

С учётом $Q_0 = q \cdot S \cdot \tau$ уравнение (1) примет вид

$$c \cdot \rho \cdot V_{рез} \cdot \int_0^{\tau} t^0(\tau) \cdot d\tau + \frac{0.5 \cdot c \cdot \rho \cdot \lambda}{q} \cdot t^{0^2}(\tau) - q \cdot \tau = 0. \quad (7)$$

В результате получено интегральное уравнение, из него необходимо определить функцию $t^0(\tau)$. Путём подбора функции $t^0(\tau)$ получим частное решение. Нетрудно видеть, что функция

$$t^0(\tau) = A - B \cdot e^{-\alpha\tau}, \quad (8)$$

принимая в первом приближении $e^{-\alpha\tau} \approx e^{-2\alpha\tau}$, позволяет обратить в нуль все слагаемые левой части уравнения (при соответствующих значениях параметров A, B, α). Следовательно, функция $t^0(\tau)$, описываемая зависимостью (8), является решением уравнения (7). Подставим (8) в уравнение (7):

$$\begin{aligned} c \cdot \rho \cdot \left(\frac{0.5 \cdot \lambda}{q} \cdot A^2 - V_{рез} \cdot \frac{B}{\alpha} \right) + (c \cdot \rho \cdot V_{рез} \cdot A - q) \cdot \tau + \\ + \left(\frac{V_{рез}}{\alpha} - \frac{\lambda}{q} \cdot A \right) \cdot c \cdot \rho \cdot B \cdot e^{-\alpha\tau} + \frac{0.5 \cdot c \cdot \rho \cdot \lambda}{q} \cdot B^2 \cdot e^{-2\alpha\tau} = 0. \end{aligned} \quad (9)$$

Уравнение (9) выполняется при условии равенства нулю коэффициентов при переменных $\tau^0, \tau, e^{-\alpha\tau}$ (с учётом $e^{-\alpha\tau} \approx e^{-2\alpha\tau}$). В результате получена система уравнений

$$\begin{cases} \frac{0.5 \cdot c \cdot \rho \cdot \lambda}{q} \cdot A^2 - c \cdot \rho \cdot V_{рез} \cdot \frac{B}{\alpha} = 0 \\ c \cdot \rho \cdot V_{рез} \cdot A - q = 0 \\ c \cdot \rho \cdot V_{рез} \cdot \frac{B}{\alpha} - \frac{c \cdot \rho \cdot \lambda}{q} \cdot A \cdot B + \frac{0.5 \cdot c \cdot \rho \cdot \lambda}{q} \cdot B^2 = 0 \end{cases}. \quad (10)$$

Откуда определяются постоянные A, B, α

$$A = \frac{q}{c \cdot \rho \cdot V_{рез}}; \quad B = A = \frac{q}{c \cdot \rho \cdot V_{рез}}; \quad \alpha = \frac{2 \cdot c \cdot \rho \cdot V_{рез}^2}{\lambda}. \quad (11)$$

Функция $t^0(\tau)$ опишется

$$t^0(\tau) = \frac{q}{c \cdot \rho \cdot V_{рез}} \cdot \left(1 - e^{-\frac{2 \cdot c \cdot \rho \cdot V_{рез}^2}{\lambda} \cdot \tau} \right). \quad (12)$$

С учётом преобразований параметра q функция $t^0(\tau)$ выразится

$$t^0(\tau) = \frac{\sigma}{c \cdot \rho} \cdot \left(1 - e^{-\frac{2 \cdot c \cdot \rho \cdot V_{рез}^2}{\lambda} \cdot \tau} \right). \quad (13)$$

С течением времени обработки τ температура шлифования $t^0(\tau)$ увеличивается, асимптотически приближаясь к значению $\sigma/(c \cdot \rho)$, рис 2, определяющему тепловое насыщение обрабатываемого материала. Значение температуры $\sigma/(c \cdot \rho)$ обусловлено балансом тепла, уносимого стружками, и поглощаемого деталью. Чем больше параметры $c, \rho, V_{рез}$ и меньше λ , тем интенсивнее рост температуры шлифования

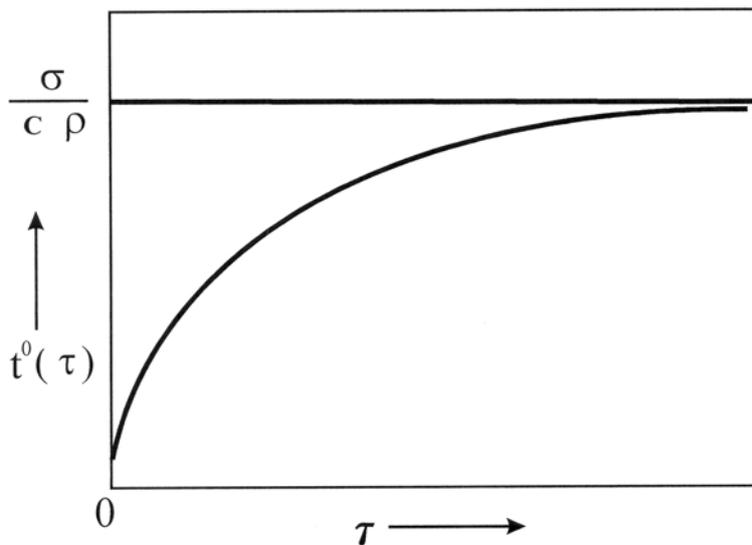


Рис.2. Зависимость температуры шлифования $t^0(\tau)$ от времени обработки τ .

температуры шлифования $t^0(\tau)$ во времени. Наибольшее влияние на интенсивность роста $t^0(\tau)$ оказывает параметр $V_{рез}$. Наличие в зависимости (13) второго слагаемого связано с теплопроводностью материала, определяемого параметром λ . При $\lambda=0$ оно обращается в нуль. Таким образом, за счёт отвода части тепла в обрабатываемый материал в начальный момент шли-

фования температура $t^0(\tau)$ меньше максимального значения $\sigma/(c \cdot \rho)$. Чем больше параметр λ , тем продолжительнее переходный процесс и меньше температура шлифования.

Полученная зависимость (13) позволяет определить общие условия снижения температуры шлифования. Они состоят:

- 1) в уменьшении множителя $\sigma/(c \cdot \rho)$, т.е. в уменьшении параметра σ ;
- 2) в увеличении второго слагаемого зависимости путём уменьшения времени τ (принимая его меньшим значения τ , соответствующего условию примерной

стабилизации температуры шлифования).

Первое условие выполняется за счёт повышения режущей способности круга, применения эффективных технологических сред и способов правки кругов, уменьшающих или исключаящих трение материала со связкой (как основного фактора повышения параметров σ и $t^0(\tau)$) и т.д. Возможности второго условия снижения $t^0(\tau)$ оценим, преобразуя зависимость (13) к виду

$$\tau = \frac{\lambda}{2 \cdot c \cdot \rho \cdot V_{рез}^2} \cdot \ln \left| \frac{1}{1 - t^0(\tau) \cdot c \cdot \frac{\rho}{\sigma}} \right|. \quad (14)$$

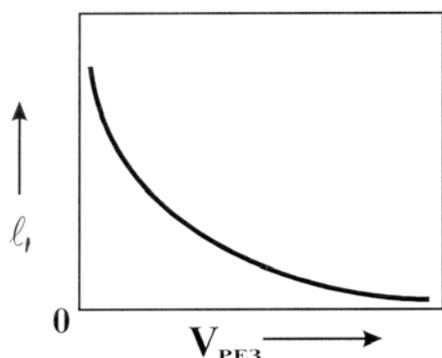


Рис. 3. Зависимость толщины l_1 от скорости резания $V_{рез}$.

Чем меньше текущее значение температуры шлифования максимального значения температуры $\sigma/(c \cdot \rho)$, тем меньше должно быть время шлифования ($\tau \rightarrow 0$). Следовательно, уменьшить $t^0(\tau)$ можно путём прерывания процесса шлифования, не допуская теплового насыщения обрабатываемого материала, соответствующего температуре $\sigma/(c \cdot \rho)$. Задавая относительный уровень понижения температуры шлифования $100\% \cdot t^0(\tau) \cdot \frac{c \cdot \rho}{\sigma}$, по зависимости (14)

определяется время обработки τ . На практике такое условие можно реализовать за счёт цикличности шлифования. Например, путём применения круга с прерывистой поверхностью или пульсирующей подачи (в том числе наложение на круг ультразвуковых колебаний от специального генератора), обеспечивая, таким образом, охлаждение образца в момент прерывания его контакта с кругом и поддержание на заданном уровне максимальной температуры шлифования.

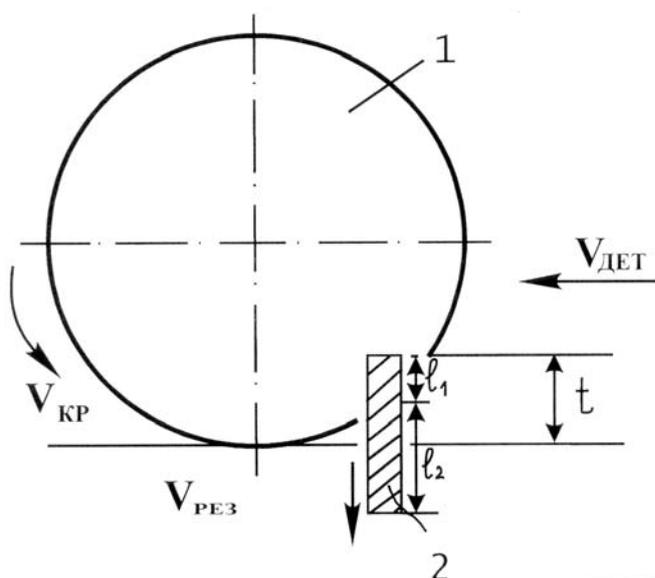


Рис. 4. Схема расчета температуры при плоском шлифовании: 1 - круг, 2 - адиабатический стержень.

Время контакта круга с обрабатываемым образцом (рис.1) связано с толщиной снимаемого слоя материала l_1 зависимостью

$$\tau = \frac{l_1}{V_{рез}}. \quad (15)$$

Подставляя (15) в (14), определяется толщина l_1

$$l_1 = \frac{\lambda}{2 \cdot c \cdot \rho \cdot V_{рез}} \cdot \ln \left| \frac{1}{1 - t^0(\tau) \cdot c \cdot \frac{\rho}{\sigma}} \right|. \quad (16)$$

При заданном значении

$\frac{t^0(\tau) \cdot c \cdot \rho}{\sigma}$ толщина l_1 тем больше, чем меньше скорость резания $V_{рез}$, рис.3. Количество прерываний контакта круга с образцом определится из соотношения величины снимаемого припуска l_1 и толщины l_1 .

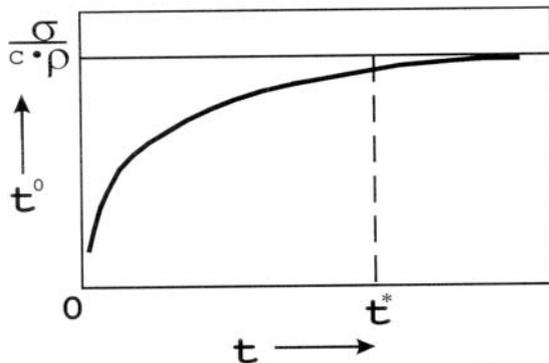


Рис. 5. Зависимость температуры шлифования t^0 от глубины шлифования t .

в момент выхода его из контакта с кругом $\tau = t / V_{рез}$ (с учётом зависимости (12)) выразится

$$t^0 = \frac{\sigma}{c \cdot \rho} \cdot \left(1 - e^{-\frac{2 \cdot c \cdot \rho \cdot V_{дет} \cdot t \cdot \sqrt{\frac{t}{D_{кр}}}}{\lambda}} \right). \quad (17)$$

Из зависимости (17) следует, что с увеличением глубины шлифования t до определённого значения $t = t^*$ температура шлифования увеличивается, после чего стабилизируется, рис. 5. Следовательно, в формировании температуры участвует слой припуска толщиной t^* . Количество тепла, выделяющегося при

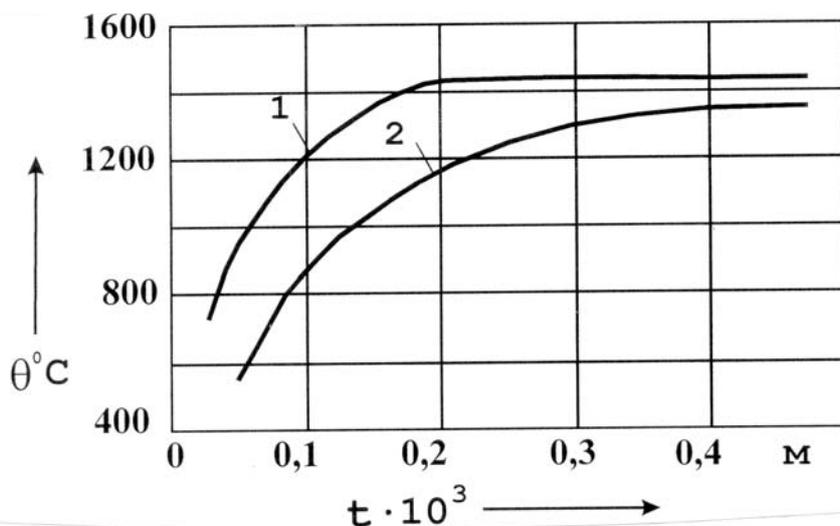


Рис. 6. Температурные зависимости при шлифовании образца из стали 40X на станке 3E722 кругом 24A4ОПСМ16К: врезное шлифование $V_{кр}=30$ м/с, $V_{дет}=0,55$ м/с, $t=0,04$ м/с; с-поперечной подачей $S=0,03$ м, $V_{дет}=0,25$ м/с.

съёме припуска $(t - t^*)$, уносится стружками и не оказывает влияния на температуру t^0 , определяемую зависимостью (17). Уменьшить температуру t^0 можно уменьшением глубины шлифования $t \leq t^*$ (при пропорциональном увеличении $V_{рез}$ для поддержания заданной производительности).

сти обработки $Q_{тек} = S_0 \cdot t \cdot V_{дем}$, где S_0 – продольная подача, м/об) или уменьшением условного напряжения резания σ .

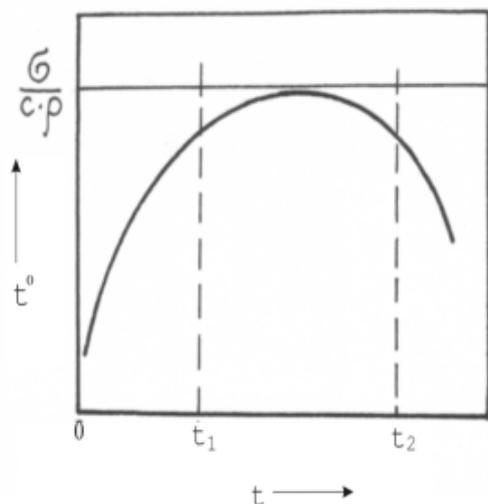


Рис. 7. Зависимость температуры шлифования t^0 от глубины шлифования t .

шлифования.

В зарубежной литературе приводятся экспериментальные данные, согласно которым температура шлифования с увеличением глубины шлифования первоначально возрастает до определённой величины, после чего уменьшается,

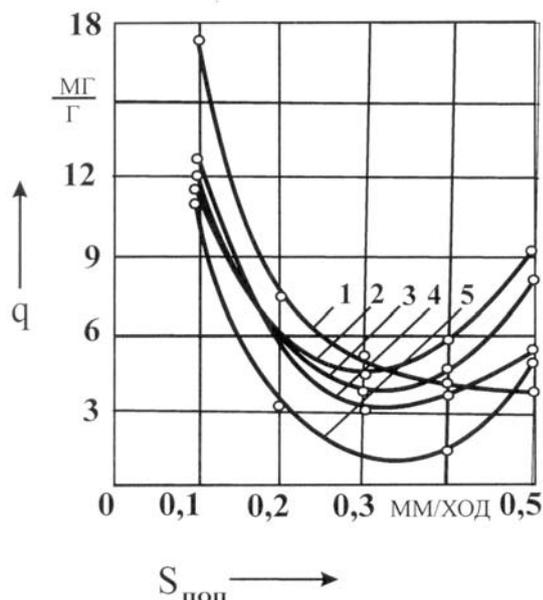


Рис. 8. Зависимость относительного расхода алмаза q от поперечной подачи $S_{поп}$: 1- АС6 200/160 М1-01; 2- АС6 200/160 М016; 3-АС6 200/160-ПМ12; 4- АС6 200/160 М04 5-АС6 200/160м М04. Обр.мат. – Р6М5, $V_{кр}=35$ м/с, $V_{дем}=1$ м/мин, $S_{пр}=0,45$ м/мин.

Во втором случае появляется возможность реализовать условие $t > t^*$, обеспечивающее неограниченное увеличение $Q_{тек}$ при заданной температуре шлифования. Причём, увеличить $Q_{тек}$ можно как за счёт увеличения $V_{дем}$, так и за счёт увеличения $t > t^*$, поскольку при $t > t^*$ второе слагаемое зависимости (17) стремится к нулю. Полученное теоретическое решение согласуется с экспериментальными данными. Так, установлено, что при глубинном абразивном шлифовании [7] температура не зависит от глубины шлифования (производительности обработки), рис. 6. Это предопределяет основной эффект глубинного

шлифования. Исходя из зависимости (17), уменьшение температуры шлифования при $t > t^*$ может быть связано с уменьшением σ в результате увеличения толщин срезов и увеличения соотношения a_z/ρ . Уменьшение σ при условии $t > t^*$ может быть также связано с изменением механизма износа круга: при условии $t > t^*$ нагрузка, действующая на зерна круга, достигает предельное значение и приводит к их интенсивному разрушению, самозатачиванию круга и повышению его режущей способности.

Данная закономерность была выявлена при глубинном алмазном круглом наружном шлифовании твёрдосплавных инструментов, когда после достижения определенной глубины шлифования условное напряжение резания σ резко уменьшалось, а удельный расход алмаза q – начинал возрастать

после прохождения точки минимума (имела место экстремальная зависимость $q-t$), рис. 8 [8]. Таким образом, точку $t=t^*$ необходимо рассматривать своего рода «тепловым барьером», после прохождения которого происходят аномальные явления шлифования: температура шлифования уменьшается с ростом глубины шлифования (производительности обработки).

В работе [7] экспериментально также установлено падение температуры шлифования с увеличением скорости детали (производительности обработки) при глубинном абразивном шлифовании $t > t^*$, рис. 9, что подтверждает правоту теоретической зависимости (17).

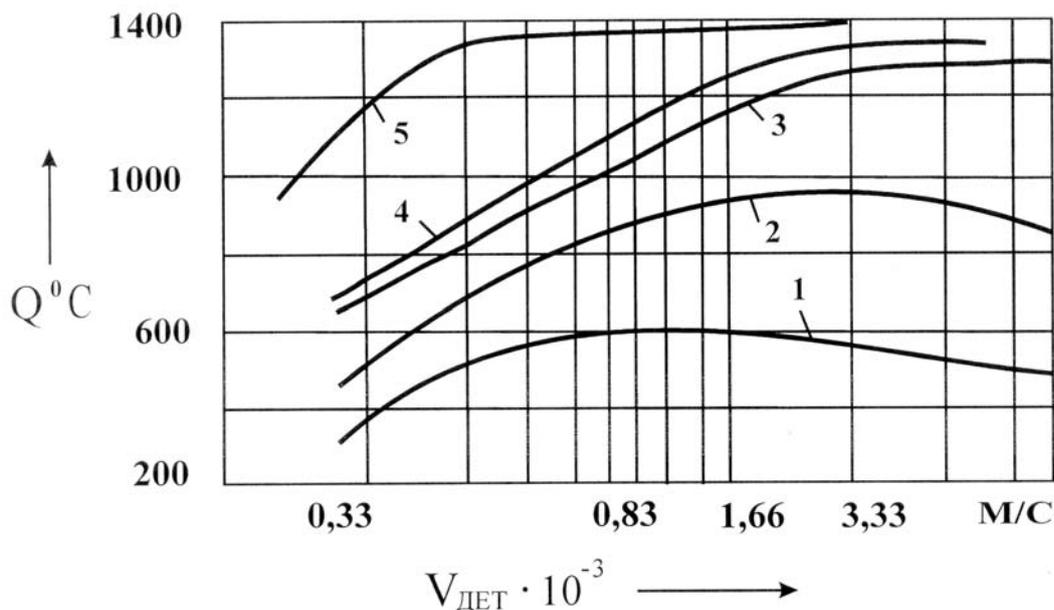


Рис. 9. Температурные зависимости при шлифовании сплава ЖС6К кругом 98А32НМ16К11 с глубиной резания t : 1- $0,04 \cdot 10^{-3}$ м; 2- $0,08 \cdot 10^{-3}$ м; 3- $0,16 \cdot 10^{-3}$ м; 4- $0,24 \cdot 10^{-3}$ м; 5- $2,0 \cdot 10^{-3}$ м.

Установим связь температуры шлифования t^0 с производительностью обработки $Q_{тек}$, для чего разрешим зависимость (17) относительно $V_{дет}$

$$V_{дет} = \frac{\lambda}{2 \cdot c \cdot \rho \cdot t} \cdot \sqrt{\frac{D_{кр}}{t}} \cdot \ln \left| \frac{1}{1 - \frac{t^0 \cdot c \cdot \rho}{\sigma}} \right|$$

Соответственно производительность $Q_{тек} = B \cdot V_{дет} \cdot t$ (где B – ширина шлифования, м) выразится

$$Q_{тек} = \frac{B \cdot \lambda}{2 \cdot c \cdot \rho} \cdot \sqrt{\frac{D_{кр}}{t}} \cdot \ln \left| \frac{1}{1 - \frac{t^0 \cdot c \cdot \rho}{\sigma}} \right|$$

Соотношение $\frac{t^0(\tau) \cdot c \cdot \rho}{\sigma}$ изменяется в пределах $0 \dots 1$, асимптотически

приближаясь к единице. Следовательно, чем больше это соотношение, тем больше производительность обработки (практически $Q_{тек} \rightarrow \infty$). С увеличением глубины шлифования t при фиксированном значении температуры t^0 производительность обработки уменьшается, т.е. в этом случае эффективно применение многопроходного шлифования (небольшие значения t и повышенные значения $V_{дет}$).

Список литературы: 1. Резников А.Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов / А.Н. Резников. – М.: Машиностроение, 1981. – 279 с. 2. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общ. ред. Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. В десяти томах. – Т. 4. "Теория абразивной и алмазно-абразивной обработки материалов" – Одесса: ОНПУ, 2002. – 802 с. 3. Тепловые и механические процессы при резании металлов: учеб. пособие / Ф.В. Новиков, А.А. Якимов, Г.В. Новиков, С.Г. Зимин, В.А. Вайсман. – Одесса: ОГПУ, 1997. – 179 с. 4. Новиков Ф.В. Повышение эффективности технологии финишной обработки деталей пар трения поршневых насосов / Ф.В. Новиков, С.М. Яценко // Физические и компьютерные технологии: междунауч. научн.-техн. конф., 19-20 апреля 2007 г.: труды – Харьков: ХНПК "ФЭД", 2007. – С. 8-20. 5. Новиков Ф.В. Расчет температуры шлифования и глубины ее проникновения в поверхностный слой обрабатываемой детали / Ф.В. Новиков, И.А. Рябенков // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2008. – №1/2 (31). – С. 9-12. 6. Новиков Ф.В. Оптимизация параметров операций шлифования с учетом ограничений по температуре резания / Ф.В. Новиков, О.С. Кленов // Вісник НТУ "ХП". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Технології в машинобудуванні. – Харків: НТУ "ХП". – 2009. – № 2. – С. 45-53. 7. Глубинное шлифование деталей из труднообрабатываемых материалов / С.С. Силян, В.А. Хрульков, А.В. Лобанов, Н.С. Рыкунов. – М.: Машиностроение, 1984. – 62 с. 8. Сошников С.А. Повышение работоспособности алмазных кругов при шлифовании твердосплавных изделий с прерывистыми поверхностями: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01/ Тульский политехн. ин-т. - Тула, 1984. – 23 с.

УДК 621.923

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ПРИ ГЛУБИННОМ ШЛИФОВАНИИ ЕЛОЧНОГО ЗАМКА ТУРБИНЫХ ЛОПАТОК

Кленов О.С., инженер

(ООО "ДиМерус Инженеринг", г. Харьков)

The experimental results of quality parameters of processing at deep sanded fir castle turbine lo-molasses.

Повышение долговечности турбинных лопаток является актуальной задачей турбо- и двигателестроения. Известно, что несоответствие параметров точности и шероховатости обработки требованиям чертежа, а также наличие на обрабатываемых поверхностях прижогов и скрытых температурных дефектов резко снижает эксплуатационные свойства турбинных лопаток [1]. Поэтому к качеству их обработки предъявляются высокие требования. Важной проблемой при этом является обработка елочного замка (рис. 1), которая осуществляется фрезерованием. Однако в последние годы доказана эффективность обработки с применением глубинного шлифования, которое, как известно, осуществляется с высокой производительностью и характеризуется интенсивным тепловыделением в зоне резания [2, 3]. Поэтому важно выбрать оптимальные характери-

ки кругов. С этой целью были проведены экспериментальные исследования глубинного шлифования елочных замков лопаток высокопористыми абразивными кругами: NORTON 1 500x32x203 9A80F25VCF2-35; BAY STATE 1 500x32x203 9A80F12V98-35; BAY STATE 1 500x32x203 5A80G12VHY-35.

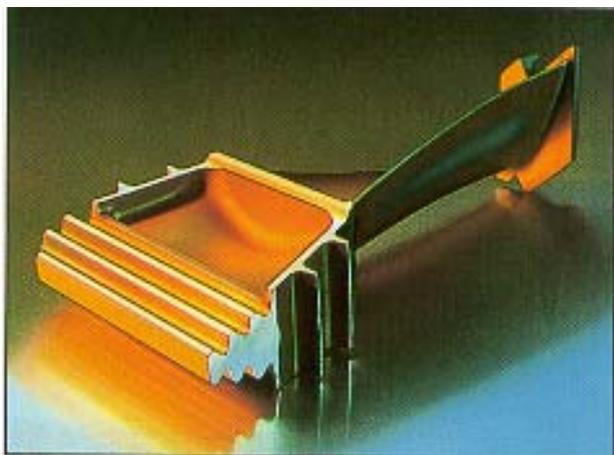


Рис. 1. Общий вид турбинной лопатки.

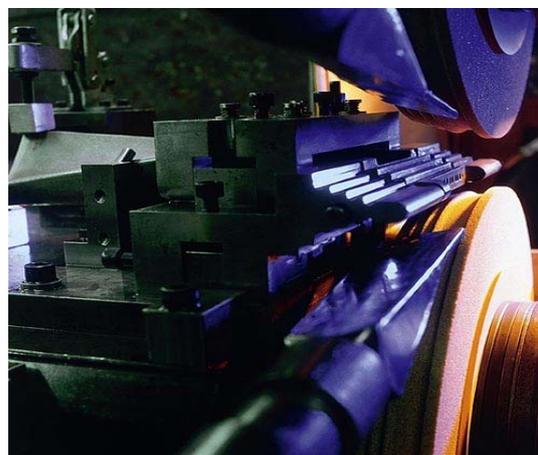


Рис. 2. Схема глубинного шлифования елочного замка турбинной лопатки.

Данные круги сравнивались с используемыми на данных операциях шлифовальными кругами 1 500x32x203 25А 10П ВМ1 12К5 КФ40. К замкам елочного профиля лопаток предъявляются технические требования: шероховатость поверхностей – $R_a \leq 1,25$ мкм; допуск на размеры замка по роликам – 0,08 мм; разность размеров по роликам – не более 0,02 мм; взаимное смещение продольных образующих одной гребенки относительно другой в плоскостях, параллельных плоскости симметрии – не более 0,02 мм; перекося рабочих поверхностей зубьев одной гребенки относительно другой в пределах допуска на шаг $\pm 0,01$ мм. Материал лопаток – жаропрочный сплав на никелевой основе марки ЧС88У-ВИ. Обработка замка лопаток производилась на шлифовальном полуавтомате с ЧПУ модели ЛШ-220, рис. 2. Каждым кругом было прошлифовано по 5 лопаток. Припуск на шлифование – 4 мм. Испытание круга NORTON 1 500x32x203 9A80F25VCF2-35 первоначально провели на технологическом режиме шлифования по проходам (Q – расстояние круга до готового размера детали, мкм):

1. $V_{кр} = 26$ м/с; $V_{дет} = 50$ мм/мин; $t = 3,3$ мм; $Q = 700$ мкм.
2. $V_{кр} = 26$ м/с; $V_{дет} = 60$ мм/мин; $t = 0,4$ мм; $Q = 300$ мкм.
3. $V_{кр} = 22$ м/с; $V_{дет} = 60$ мм/мин; $t = 0,2$ мм; $Q = 100$ мкм.
4. $V_{кр} = 20$ м/с; $V_{дет} = 80$ мм/мин; $t = 0,1$ мм; $Q = 0$ мкм.

Режим правки круга алмазным роликом: число оборотов ролика – 1433 об/мин; подача ролика на врезание – 1 мкм на 10 оборотов круга; схема правки – непрерывная в процессе правки. При шлифовании серийными кругами 1 500x32x203 25А 10П ВМ1 12К5 КФ40 подача ролика на врезание – 2 мкм на 10 оборотов круга. Шлифование и правку круга проводили с охлаждением 2,5%-м раствором эмульсола “Аквол-2”, применяемым серийно на станке ЛШ-220.

При дальнейших испытаниях режим шлифования по проходам был увеличен:

1. $V_{кр} = 26$ м/с; $V_{дет} = 60$ мм/мин; $t = 3,3$ мм; $Q = 700$ мкм.
2. $V_{кр} = 26$ м/с; $V_{дет} = 80$ мм/мин; $t = 0,4$ мм; $Q = 300$ мкм.
3. $V_{кр} = 22$ м/с; $V_{дет} = 100$ мм/мин; $t = 0,2$ мм; $Q = 100$ мкм.
4. $V_{кр} = 20$ м/с; $V_{дет} = 120$ мм/мин; $t = 0,1$ мм; $Q = 0$ мкм.

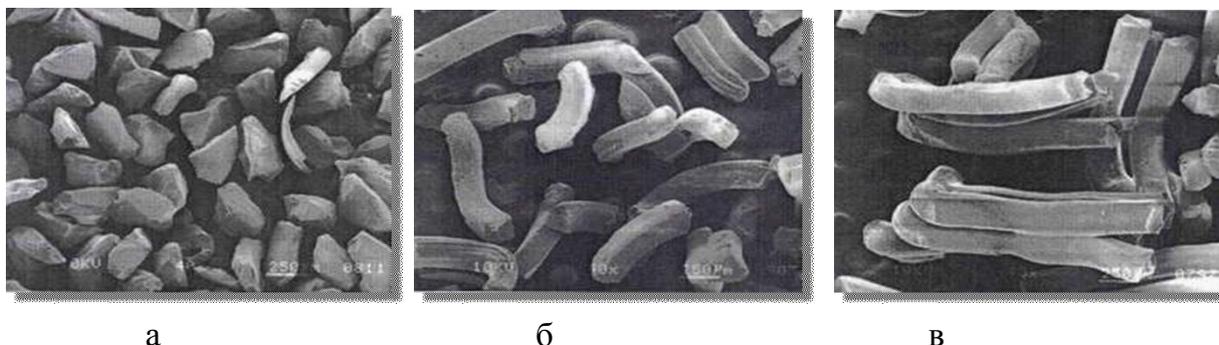


Рис. 3. Общий вид удлиненных зерен: а – $L/D=1$; б – $L/D=4$; в – $L/D=8$.

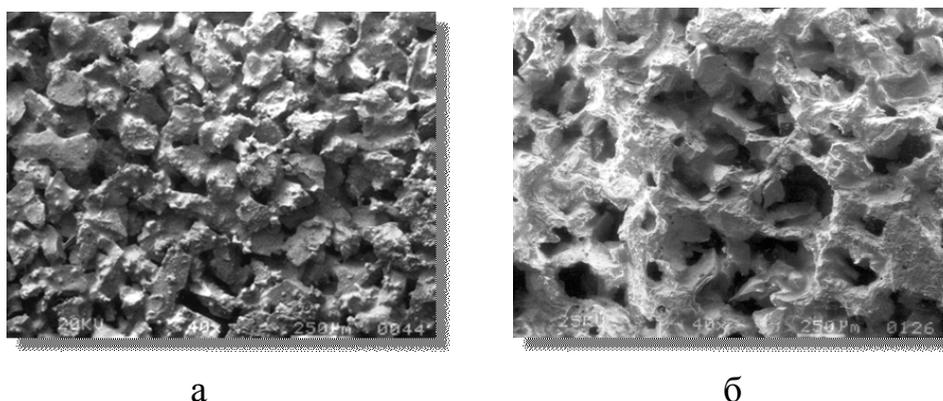


Рис. 4. Рабочие поверхности стандартного круга (а) и круга, изготовленного по технологии Vortex (б).

Как следует из табл. 1, ужесточение режима шлифования не приводит к увеличению силы тока I_{max} электропривода круга. Установлено также, что при шлифовании обеспечивается стабильность размеров замка по роликам в пределах 0,01–0,02 мм, что соответствует требованиям чертежа лопатки.

Шероховатость шлифованных поверхностей измеряли профилометром фирмы Кьер-Брюэль (Дания). Прижоги определялись визуально контролем при 2-х кратном увеличении по наличию цветов побежалости на шлифованных поверхностях замка лопаток. Контроль наличия или отсутствия трещин на шлифованных поверхностях замка лопаток проводили методом ЛЮМ-А дважды: сразу после шлифования; после проведения термической обработки (отжига) в вакууме при температуре 1200°C в течение 2-х часов. В качестве изменяемых элементов режима шлифования замков лопаток были выбраны скорости круга и детали; глубина шлифования по проходам (кроме первого) практически оставалась без изменений. Колебание глубины шлифования на первом проходе, о чем можно судить по силе тока, связано с изменением величины общего припуска на обработку после выполнения операции фрезерования клина замка.

Таблица 1

Максимальные значения силы тока I_{max} для двух рассматриваемых режимов шлифования по проходам

Технологический режим шлифования по проходам	Сила тока I_{max} , А		Увеличенный режим шлифования по проходам	Сила тока I_{max} , А	
	Корыто	Спинка		Корыто	Спинка
1	28	24	1	36	32
2	19	18	2	24	22
3	18	18	3	21	20
4	12	11	4	16	15

Примечание: номинальный ток электродвигателя шлифовального круга – 46А.

Таблица 2

Данные о шероховатости обработки и наличии прижогов шлифованных поверхностей замка лопаток

Номера лопаток	Обозначение круга	Режим шлифования	R_a , мкм	Наличие прижогов
5	NORTON F25	$V_{кр} = 20$ м/с; $V_{дет} = 80$ мм/мин	1,20–1,30	Прижогов нет
11	NORTON F25	$V_{кр} = 20$ м/с; $V_{дет} = 120$ мм/мин	1,0–1,25	Прижогов нет
36	NORTON F25	$V_{кр} = 26$ м/с; $V_{дет} = 120$ мм/мин	1,0–1,20	Прижогов нет
37	NORTON F25	$V_{кр} = 30$ м/с; $V_{дет} = 120$ мм/мин	1,25–1,40	Прижогов нет
39К	BAY STATE F12	$V_{кр} = 20$ м/с; $V_{дет} = 80$ мм/мин	1,10–1,25	Прижоги
38С	BAY STATE F12	$V_{кр} = 20$ м/с; $V_{дет} = 100$ мм/мин	1,0–1,25	Прижогов нет
18	BAY STATE F12	$V_{кр} = 20$ м/с; $V_{дет} = 120$ мм/мин	1,20–1,40	Прижогов нет
39С	BAY STATE F12	$V_{кр} = 20$ м/с; $V_{дет} = 120$ мм/мин	1,20–1,40	Прижогов нет
38К	BAY STATE F12	$V_{кр} = 22$ м/с; $V_{дет} = 100$ мм/мин	1,25–1,40	Прижогов нет
33	BAY STATE G12	$V_{кр} = 20$ м/с; $V_{дет} = 120$ мм/мин	0,90–1,10	Прижоги

Здесь: К – поверхность замка со стороны корыта лопатки; С – поверхность замка со стороны спинки лопатки.

Как следует из табл. 2, круги BAY STATE G12 (более твердые, чем F12) дают прижоги даже на благоприятных, исходя из теории теплофизики, режимах шлифования: снижение окружной скорости круга до 20 м/с приводит к уменьшению мощности теплового источника (пятна контакта круга с деталью); увеличение продольной подачи детали до 120 мм/мин (в 1,5 раза) снижает количество тепла, переходящего в деталь, и опасность появления прижогов и трещин шлифованных поверхностей; при этом количество тепла, уносимого стружкой, возрастает в 2 – 2,5 раза [4]. Увеличение окружной скорости круга NORTON F25 до 30 м/с повысило шероховатость шлифованных поверхностей замка до $R_a = 1,25–1,40$ мкм, что связано с высокочастотной вибрацией круга. Глубинное шлифование замков лопаток на режиме $V_{кр} = 20$ м/с; $V_{дет} = 120$ мм/мин обеспечивает требуемые шероховатость $R_a \leq 1,25$ мкм и качество шлифованных поверхностей (без прижогов). Требуемые шероховатость $R_a \leq 1,25$ мкм и качество шлифованных поверхностей (без прижогов) достигаются кругами BAY

STATE F12 на уменьшенном по сравнению с кругами NORTON F25 режиме шлифования $V_{кр} = 20$ м/с; $V_{дет} = 100$ мм/мин.

Испытанные круги по сравнению с серийными кругами 1 500x32x203 25A 10П ВМ1 12К5 КФ40 позволили увеличить производительность шлифования на 25–30%; повысить стойкость кругов в 2,4 раза; снизить потребление электроэнергии на 10–15%. Установлено, что еще большими возможностями обладают высокопористые круги Altos с удлиненным зерном (рис. 3). На рис. 4 показана рабочая поверхность стандартного круга и изготовленного по технологии Vortex.

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования подтвердили достоверность полученных теоретических результатов [5], согласно которым температура глубинного шлифования может быть меньше температуры обычного многопроходного шлифования. Это указывает на эффективность применения глубинного шлифования как с точки зрения увеличения производительности обработки, так и повышения качества обрабатываемых поверхностей (исключения образования прижогов и других температурных дефектов).

Список литературы: 1. Якимов А.В. Абразивно-алмазная обработка фасонных поверхностей / А.В. Якимов. – М.: Машиностроение, 1984. – 212 с. 2. 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. 3. Якимов А.В. Высокопроизводительная обработка абразивно-алмазными инструментами / А.В. Якимов, Ф.В. Новиков, А.А. Якимов. – К.: Техніка, 1993. – 152 с. 4. Скрябин В.А. Факторы, влияющие на процессы теплообразования и теплообмена при глубинном шлифовании елочного профиля лопаток турбокомпрессоров / В.А. Скрябин, А.П. Жук, А.С. Репин. – Машиностроитель, 2006, №10. – С. 40-41. 5. Кленов О.С. Сравнение температуры резания при глубинном и многопроходном шлифовании / О.С. Кленов // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – "Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні". – 2009. – Вип. 81. – С. 197-203.

УДК 621.923

НАУКОВІ ПІДХОДИ ДО ВИБОРУ СТРУКТУРИ Й ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ВИСОКОТОЧНИХ ДЕТАЛЕЙ

Фадєєв В.А., докт. техн. наук, проф., головний інженер
(ДП Харківський машинобудівний завод "ФЕД")

Article Scientific approaches to the choice of structure and of parameters of technological systems of machining precision parts

Традиційний розвиток технологічної науки, заснований на узагальненні і широкому використанні результатів виробничої практики і спрямований на рішення конкретних завдань виготовлення деталей і збирання машин, не дозволяє оперативно

- готувати інформацію для прийняття об'єктивних рішень по керуванню складними виробничими системами;
- формулювати загальні напрямки розвитку при взаємному вв'язуванні тех-

- нологічних розробок на різних рівнях виробництва;
- забезпечувати в процесі проектування і експлуатації технологічних систем різної складності максимальне використання ресурсів при найбільш ефективному досягненні, в остаточному підсумку, необхідних цілей;
- прогнозувати на об'єктивній основі розвиток процесів механічної обробки із вказівкою пріоритетних напрямків;
- зв'язувати воедино технічну і економічну оцінки прийнятих технологічних і конструкторських рішень.

У той же час успішне функціонування сучасного багатоструктурного машинобудівного виробництва по виготовленню високоточних деталей на основі гарантованої технології і збирання із цих деталей відповідних агрегатів, наприклад, авіаційно-ракетної техніки неможливо без вирішення названих проблем. «Вручну» у цей час уже не можна прогнозувати вдосконалення і відновлення дорогого верстатного парку, оцінювати можливості виробництва відповідно до вимог ринку, управляти кваліфікаційним забезпеченням експлуатації складних технологічних систем. І навіть рішення локальних конструкторсько-технологічних завдань за допомогою комп'ютерної техніки не дозволяє гарантовано забезпечувати глобальний техніко-економічний ефект.

Тому рішення проблеми підвищення ефективності механічної обробки високоточних деталей за рахунок спрямованого вибору найкращих структури і параметрів технологічного впливу при обробці (формуванні) і реалізуючи цей вплив металорізального устаткування, прогнозування характеристик технологічних систем механічної обробки при зміні об'єкта обробки є актуальним.

Основні положення технології машинобудування і способи реалізації результатів технологічного проектування, що рекомендуються, склалися в міру розвитку науки і техніки. Фундаментом застосовуваного в цей час апарата проектування технологічних процесів механічної обробки і відтворюючого металорізального устаткування послужили роботи Артоболевського І.І., Балакшина Б.С., Бородачева М.А., Владзієвського А.П., Горанського Г.К., Грановського Г.І., Капустіна М.М., Колесова І.М., Кована В.М., Корсакова В.С., Маталіна О.О., Митрофанова С.П., Семко М.Ф., Соколовського А.П., Шаумяна Г.А., Якімова А.В., Ящерицина П.І. і ін. У роботах цих вчених була встановлена, уточнена і поетапно дороблена найбільш раціональна послідовність проектування технологічних процесів і реалізуючих засобів технологічного оснащення, що базується на наявному емпіричному матеріалі, що увібрав у себе колективний досвід, накопичений в механообробці.

Загальним недоліком виробленої послідовності технологічного проектування є те, що на кожному етапі досить важко вибрати найкращий варіант рішення, хоча і прийнято вважати, що в цьому випадку розглядається багатоваріантне завдання. Непряма оцінка по величині собівартості або за іншими критеріями виконання різних операцій механічної обробки дискретна по суті і не може бути основою для вибору оптимальних рішень. Здійснюючи у відриві від інших етапи технологічного проектування, важко зробити єдину критеріальну оцінку і вибрати найбільш раціональне рішення в діючому виробництві, що стає практично нерозв'язним при прогнозуванні розвитку.

Все сказане збільшується, якщо мова йде про обробку високоточних деталей. Найчастіше високоточні деталі працюють у складі пар різного призначення, як правило, прецизійних. Основні виконавчі поверхні деталей - плоска, циліндрична, сферична, конічна. Кожна з вище перерахованих деталей ставиться до певного класу по технологічних ознаках. Одним з основних ознак, характерних для поверхонь цих деталей, є високі вимоги до показників точності, у тому числі точності їхнього розташування щодо конструкторських баз деталей. Важливими є ознаки, що визначають умови доступу до прецизійних поверхонь при обробці.

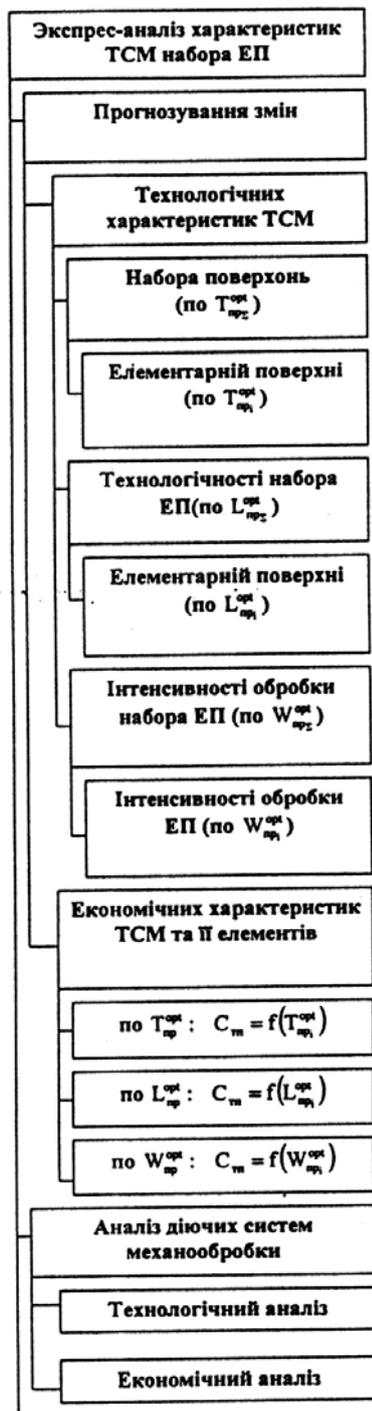


Рис.1. Структура завдань експрес-аналізу технологічних систем механообробки.

Основними методами остаточної обробки високоточних деталей є абразивна обробка і доведення. Ці методи дозволяють створити умови для одночасного забезпечення вимог до макро- і мікрогеометрії поверхонь. Однак при цьому частка фінішних (доводочних) операцій, здійснюваних вручну, дуже велика, а поле розсіювання одержуваних у такий спосіб розмірів сильно змінюється. Операції доведення малопродуктивні, не забезпечують стабільності геометричних параметрів, вимагають високої кваліфікації робітників. Отже, технологічний процес, що містить ці операції, не є стабільним. У той же час треба говорити про створення гарантованої технології, минаючи стабільну. В основі гарантованої технології лежить цілеспрямовано обраний технологічний процес, реалізований на металорізальному устаткуванні, що дозволяє гарантовано одержати необхідні параметри якості і максимальну для даної ситуації (і на плановану перспективу) продуктивність при мінімальних матеріальних і вартісних витратах. Іншими словами, необхідно створити таку методологію проектування (синтезу) технологічних систем механічної обробки високоточних деталей, що дозволить оцінювати технологічне рішення за об'єктивними критеріями, що дозволяють цілеспрямовано керувати структурою і параметрами технологічного впливу в процесі формоутворення і формоутворюючого устаткування, тобто необхідно розробити методологію системного підходу до високоточної механічної обробки.

Оцінки технології, проведені з метою виявлення її потенціалу, неможливі без розуміння еволюції технологічного устаткування або технологій у часі й прогнозування їхніх нових параметрів якості. Метою технологічного прогнозування є визначення на перспективу змін споживчих властивос-

тей виробів, технологічних процесів і устаткування, а також адекватних змін у витратах на виробництво.

Економічні труднощі перехідного періоду до ринкової економіки 1991 - 2002 послабили традиційно існуючі можливості щорічного відновлення високотехнологічного устаткування в межах 10-15 одиниць через гострий недолік оборотних коштів. Аналіз стану заводського верстатного парку виявив зношення технологічного устаткування до 80%. Прийняті заходи для його капітального ремонту дають певні результати, однак, як показала практика, відновити його технологічну працездатність, а тим більше додати йому можливості сучасного не представляється можливим.

Виконане технологічне прогнозування на основі аналізу 8-кривих засновано на відомих закономірностях, по яких технологія або технологічне устаткування, що виведені на ринок, мають певний цикл життя, у рамках якого їхня частка росте спочатку повільно, потім швидко, а потім перестає рости та/або починає зменшуватися. Модель 3-кривої може бути застосована не тільки до появи нового обладнання, але і до швидкості поширення та використання нових технологій або до параметрів нової технології. Найбільш значимою користю цього методу є нагадування про те, що збільшення технологічних параметрів (точності, продуктивності) не може бути нескінченним.

Аналіз тенденцій основних характеристик універсальних верстатів, вироблених до 1990 р., показав, що зміна технологічних характеристик приводів універсальних токарно-гвинторізних верстатів (типу 16К20, ИЖ-250 та ін.), вертикально-свердлильних верстатів (типу 2А125, 2А135 й ін.), вертикально-фрезерних верстатів (типу 6Н12, СФ250 й ін.), свердлильно-фрезерно-розточувальних (типу 2А636Ф1, КРС24Д040 й ін.) за період 1960-1990 р.р. (рис.2) із продовженням тенденцій на наступні 15-20 років не завжди погодиться з параметрами приводів сучасних верстатів. Так, максимальні частоти обертання шпинделів сучасних верстатів значно перевищують ті значення, які показують тренди після 1990 року. Це пов'язане із загальною тенденцією переходу на швидкісне різання як фактора, у тому числі, підвищення точності обробки.

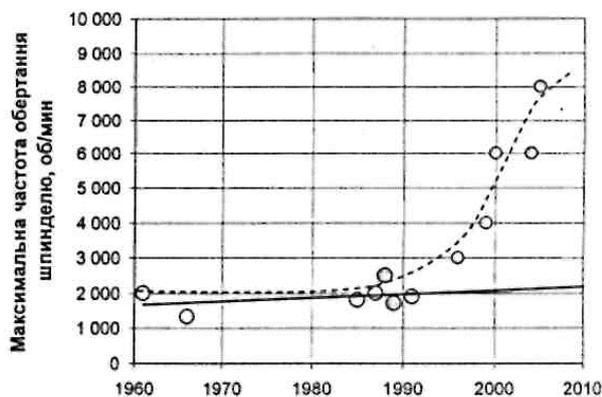


Рис.2. Зміна технологічних характеристик приводів токарно-гвинторізних верстатів.

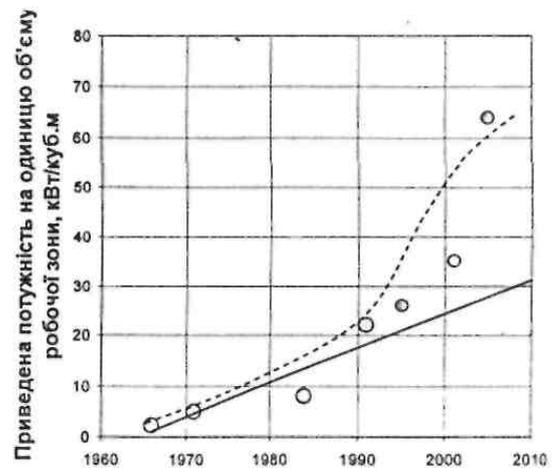


Рис. 3. Зміна наведених характеристик свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатів.

Проведений у роботі аналіз металорізальних верстатів по приведеним характеристикам (приведена потужність на одиницю об'єму робочої зони, енергооснащеність верстата) показав збіг тенденцій до їхньої зміни (рис.3) з тенденціями зміни натуральних характеристик устаткування. Ретроспективний аналіз технологічних характеристик устаткування із прогнозуванням їхніх змін повинен виконуватися з використанням 3-кривих, про що красномовно говорять пунктирні лінії на наведених діаграмах.

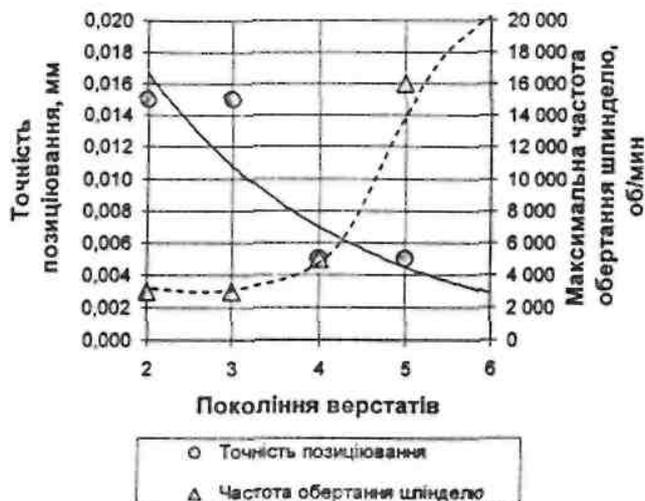


Рис.4. Порівняння характеристик обробних центрів 2-5 поколінь.

Характеристик верстатів (рис.4) було ухвалене рішення про заміну обробних центрів третього покоління МСРН-40 на обробний центр 5-го покоління «Нетіе» 080011. Очевидно, наступне покоління обробних центрів буде мати максимальні частоти обертання шпинделя в межах 20000-30000 об/хв. Та забезпечувати точність позиціонування в межах 2-3 мкм.

Для виконання завдань технічного переозброєння керівництвом заводу розроблена стратегія відновлення верстатного парку, за допомогою щорічного придбання до 3-х - 5ти одиниць високотехнологічного та високоефективного устаткування, поступового виводу з технологічного циклу застарілого. З 2002р. по 2007р. на заводі впроваджено 9 верстатів нового покоління, що значною мірою допомогло вирішити кілька технологічних проблем одночасно. Наприклад, обробка виробу сучасного покоління - деталі типу «кожух» за традиційною технологією на устаткуванні 2-3 покоління зажадала б використання 9 одиниць фрезерних, свердлильних, координатно-розточувальних, різьбонарізних верстатів; залучення висококваліфікованих верстатників; сумарного часу обробки близько 800 хвилин. Перехід на нову технологію і придбання обробного центру п'ятого покоління "Рісотех-60" дозволили виконувати всю обробку на одному верстаті за 42 хвилини; підвищити якість обробки на 1-2 квалітету; скоротити витрата електроенергії до 40%.

Список літератури: 1. Фадеєв В.А. Синтез технологических систем механической обработки. – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2007. – 192 с. 2. Фадеєв В.А., Новиков Ф.В. Повышение эффективности финишной абразивной обработки // Высокие технологии в машиностроении. – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2005, вып. 1. – С. 22-28. 3. Фадеєв В.А., Тимофеев Ю.В., Степанов М.С. Энергетические критерии процесса обработки // Резание и инструмент в технологических системах. – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2007, вып. 72. – С. 14-18.

УДК 620.22.66.067.124

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОПЛОТНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НАНОПОРОШКОВ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Геворкян Э.С., докт. техн. наук

(Украинская государственная академия железнодорожного транспорта),

Гуцаленко Ю.Г. (НТУ ХПИ), Мельник О.М.

Investigated some problem of cosolidation nanopowders ZrO_2 . Nanocomposite approach bestows ZrO_2 ceramics with some important properties necessary for enhanced commercial applications, without any noticeable deterioration of the mechanical properties.

В современных технологических процессах, использующих операции различного термо-механического воздействия, широкое распространение получили устройства с элементами материалов из оксидной керамики. Постоянно растущие и ужесточающиеся требования к условиям эксплуатации таких элементов инициируют работы по совершенствованию физико-механических свойств материалов изделий, повышению их прочности, ударной вязкости и термостойкости.

Получение окисной керамики с высокими физико-механическими свойствами позволяет повысить рабочие характеристики элементов деталей устройств находящихся в жестких условиях эксплуатации, производительность процессов механической обработки различных материалов, создание принципиально новых устройств, рабочих узлов машин и механизмов в различных областях техники и производства.

Прочностные свойства окисных керамических материалов в значительной степени определяются их микроструктурой, а именно размером зерна, пор и наличием примесей [1]. Для традиционной окисной керамики с размерами зерна 1 – 2 мкм значения основных физико-механических характеристик составляют: предел прочности на изгиб – 600-900 МПа; ударная вязкость – 10-15 МПа; твердость – 91-94 НРА; коэффициент теплопроводности – 16-20 Вт/м·град; предельная температура – 1000 °С.

Значения этих параметров является существенным ограничением для широкого использования данного класса материалов в различных областях техники. Создание окисной керамики с повышенными физико-механическими свойствами расширят область возможного использования данных материалов.

Важнейшей стадией технологии изготовления изделий из нанокерамики является формование качественных прессовок из порошков для последующего их горячего изостатического прессования или квазиизостатического прессования. [2].

Нанопорошки керамических составов обладают метастабильностью структурно-фазового состояния, развитой удельной поверхностью и вследствие этого высокой поверхностной активностью. Как правило, они характеризуются плохой формуемостью и прессуемостью из-за специфики своих физико-химических свойств, в частности, высокого межчастичного и пристеночного трения (обусловленного высокой удельной поверхностью), агломерирования и значительного количества сорбированных примесей.

Согласно литературным данным для преодоления большого межчастич-

ного трения и разрушения агломератов при холодном прессовании керамических нанопорошков требуется давления от 1 до 9 ГПа [3]. При таких давлениях возможно изготовление кристаллических образцов с высокой плотностью и с наноразмерными зёрнами. Однако реализация таких давлений с технологической точки зрения вызывает определенные трудности. Известен опыт зарубежных специалистов, когда для получения образцов из нанопорошков ZrO_2 с высокими механическими характеристиками применяют трехступенчатый процесс: предварительное прессование нанопорошков при комнатной атмосфере, далее приготовленные компакты спекают на воздухе при температурах от 1100 °С до 1300 °С в течение от 2 до 6 часов и окончательно подвергают горячему изостатическому прессованию при температурах от 1150 °С до 1350 °С в течение от 2 до 3 часов в атмосфере аргона [4]. В настоящее время многие исследователи работают над разработкой более простых и менее энергоёмких технологических схем получения изделий из нанопорошков ZrO_2 .

Авторами проведены эксперименты по отработке технологии формования изделий из нанопорошка состава ZrO_2 -5 мас.% Y_2O_3 , полученного гетерофазным осаждением гидроксидов циркония и иттрия из концентрированных водных растворов солей этих металлов в растворе аммиака. В результате исследований с использованием электронной микроскопии было установлено, что используемый нами нанопорошок (ZrO_2 -3% Y_2O_3) состоит из частиц сферической формы, их средний размер составляет (21-28) нм.

В процессе холодного (при комнатной температуре) прессования нанопорошков и извлечении прессовок из пресс-формы наблюдалось явление высокого межчастичного и пристеночного трения, проявляющегося в равенстве усилий прессования и выталкивания. При этом максимальная плотность полученных прессовок не превышала (1,5-1,6) г/см³. Применение увлажнения нанопорошка ZrO_2 -5 мас.% Y_2O_3 привело к увеличению плотности прессовки до (2,0...2,1) г/см³. При этом, как правило, в образцах присутствовали трещины и при извлечении из пресс-формы они разрушались.

С целью снижения количества сорбированных газовых примесей поверхностью частиц нанопорошков проводили предварительное прессование в вакууме. Однако это не привело к увеличению плотности прессовок. Квазиизостатическое прессование нанодисперсных порошков ZrO_2 в полиуретановой форме позволило получить образцы с плотностью не выше 2,0 г/см³.

Таким образом, все перечисленные методы холодного формования не позволяют получить прессовки состава ZrO_2 -5 мас.% Y_2O_3 плотностью более 35% от теоретической. Дальнейшее спекание таких прессовок в воздушной среде или в вакууме до теоретической плотности с целью получения максимальных механических характеристик керамики сопряжено с большими (свыше 40%) усадками и соответственно, со значительными искажениями первоначальной формы.

С учетом вышеизложенного, для изготовления плотных спеченных таблеток мы применяли горячее прессование нанопорошков состава ZrO_2 -5 мас.% Y_2O_3 при повышенных температурах, в частности 1600 С, давлении 40 МПа и времени выдержки от 2 минут и более. По данным электронно-микроскопических исследований было установлено, что в результате горячего прессования на приве-

денном выше режиме формируются плотные и прочные образцы, имеющие структуру с зернами угловатой формы величиной 5...10 мкм .

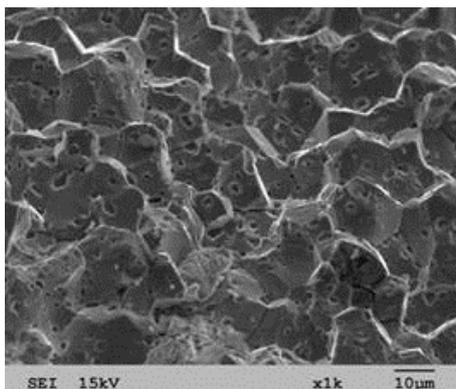


Рис.1. Микроструктура образцов, изготовленных горячим прессованием из нанопорошка $ZrO_2-3\% Y_2O_3$.

Известно, что чем выше давление прессования и ниже температура спекания и время выдержки, тем интенсивней происходит уплотнение и меньший будет окончательный размер зерен. Поэтому горячее прессование предварительно спрессованных образцов из порошка состава $ZrO_2-5 \text{ мас.}\% Y_2O_3$ проводили при температурах 1270°C и 1050°C и при одном и том же давлении 45 МПа в течении 2 мин.

По данным электронно-микроскопических исследований было установлено, что горячее прессование при температуре 1270°C также способствует значительному росту кристаллических зерен, к тому же зерна

значительно различаются по размерам, что не способствует получению материала с оптимальными механическими свойствами.

Упрочнение материалов из частично стабилизированного диоксида циркония (ЧСДЦ) основано на создании ультрадисперсной структуры в керамике с высоким содержанием тетрагональной фазы, способной претерпевать превращение в моноклинную под действием механических напряжений на острие трещины с увеличением ее объема. Это приводит к закрытию трещины. Для ее дальнейшего развития необходимо приложение дополнительных механических напряжений, что повышает прочность изделий. Такой механизм возможен только в случае, если в керамике после обжига сохраняется размер кристаллов менее 1 мкм, поскольку тетрагональный твердый раствор Y_2O_3 в ZrO_2 является метастабильным [5]. При превышении указанного размера кристаллов происходит резкое разупрочнение материала из-за перехода тетрагональной фазы в моноклинную, т.е. наблюдается полиморфный переход с увеличением объема.

Таким образом, проведенные нами исследования подтверждают возможность получения высокоплотной керамики из частично стабилизированного диоксида циркония с величиной зерен меньше 100 нм, с использованием метода горячего прессования наноразмерного порошка состава $ZrO_2-5 \text{ мас.}\% Y_2O_3$ при температурах $\sim 1050^\circ\text{C}$, давлении 45 МПа и времени выдержки 2 мин. Плотность экспериментальных образцов составлял $6,0 \text{ г/см}^3$ (температура прессования 1270°C) и $5,9 \text{ г/см}^3$ (температура прессования 1050°C).

Список литературы: 1. Балкевич Б. Л. Техническая керамика. – М.: Стройиздат, 1984. 2. V.Y.Kodash, E.S.Gevorkyan. Tungsten carbide cutting tool materials // United States Patent C04B35/36, #6,617, 271, 09.09.2003. 3. Дудник В., Зайцев В.А., Шевченко А.В., Лопато Л.М. Спекание ультрадисперсных порошков на основе диоксида циркония // Порошковая металлургия. 1995, № 5. – С. 43-52. 4. Chaim, M.Hefetz Fabrication of dense nanocrystalline $ZrO_2-3\%Y_2O_3$ by hot-isostatic pressing // J. of Materials Research, 1998, v. 13, № 7, pp. 1875-1880. 5. Лукин Е.С. Современная высокоплотная оксидная керамика с регулируемой микроструктурой. Ч. 4. Технологические методы получения высокодисперсных порошков для многокомпонентной оксидной керамики // Огнеупоры и техническая керамика. 1986, №9. – С.2-10.

СТРУКТУРИЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ НА ЕТАПІ РОЗРОБЛЕННЯ КОНЦЕПЦІЙ

Пилипець М.І., докт. техн. наук, проф., **Васильків В.В.**, канд. техн. наук, доц.
(Тернопільський національний технічний університет)

The way for structuring the objects and method of synthesis of describing the structure of technical system based on studies of properties and descriptions of alternative elements of its structure is presented.

Нові конструкторські і технологічні рішення визначають конкурентоспроможність товарів і послуг на внутрішньому і зовнішньому ринках. Технологічні інновації відіграють важливу роль в економічній і військовій безпеці України. Принципово рівень конкурентоздатності технологічних інновацій закладається на початкових стадіях проектування, коли формується концепція технологічних виробів. Тому важливим завданням є створення нових методів та способів синтезу нових технічних систем. Складовим елементом вирішення такого завдання є розробка способів структуризації об'єктів синтезу та методики опису структури технічної системи на основі дослідження властивостей та опису альтернативних елементів її структури.

Питанням формалізації проектування технічних систем на етапі розробки концепцій присвячені праці Андрейчікова А.В., Лазаренка Г. П., Пантелєєва К. Д. [1-4] та ін. Однак одним із ефективних методів синтезу є уніфікаційний синтез. Однак невирішеними питаннями є спосіб структуризації об'єктів синтезу та принципи вдосконалення технічної системи на основі дослідження властивостей альтернатив елементів її структури.

Метою роботи є розробка способу структуризації об'єктів синтезу та методики опису структури технічної системи на основі дослідження властивостей та опису альтернативних елементів її структури.

Структуру технічної системи яка вдосконалюється можна представити у вигляді системи ієрархічних рівнів (ІР):

$$S = \left\| \begin{array}{c} 1_i 1_0 \\ \dots \\ J_i 1_0 \\ \dots \\ J_{i \max}^{\max} 1_0 \end{array} \right\|, \quad (1)$$

де J - порядковий номер ієрархічного рівня; $J_{i \max}^{\max}$ - кількість ієрархічних рівнів.

При цьому елемент кожного ІР кодує інформацію про частину структури вдосконалюваної системи. Наприклад, варіанти можливих конструкцій, які використовуються для виготовлення широкосмугових штамповарних гвинтових заготовок можна представити так, як це показано на рис.1.

При цьому елемент кожного ІР кодує інформацію про частину структури вдосконалюваної системи. Наприклад, варіанти розгортки витків різних конструкцій штамповарних гвинтових заготовок представлено на рис.1.

У процесі синтезу генерується множина можливих варіантів виконання частин структури вдосконалюваної системи, тобто генерується множина альтернатив для кожного ІР. Наприклад, для 1-го ієрархічного рівня (узагальнене поз-

начення елементів 1_i1_0) можуть існувати альтернативи $1_11_0, 1_21_0, \dots, 1_i1_0, \dots, 1_k1_0$, де k - кількість альтернатив; i - номер альтернативи. Кожний IP характеризується властивостями, які можна представити у вигляді матриці. Наприклад, IP 1_11_0 може характеризуватися властивостями $P1_1, P1_2, \dots, P1_l, \dots, P1_\omega$, де ω - кількість властивостей, l - номер властивості. З метою системного представлення інформації про властивості IP здійснюється систематизація можливих варіантів властивостей. Наприклад, якщо $P1_1$ позначає "точність верстату", то можливим варіантами такої властивості може бути $P1_1(\zeta)_1$ - нормальна точність, $P1_1(\zeta)_2$ - підвищена точність тощо. Символ ζ є змінним параметром позначення конкретної властивості. Наприклад, якщо 1_11_0 - позначає токарний верстат певної модифікації, загальною характеристикою якого є точність $P1_1$, зокрема нормальна точність $P1_1(\zeta)_1$, то позначення такої характеристики для 1_11_0 є код $P1_1(1_11_0)_1$. На основі понять про властивості IP можна описати вимоги одних альтернатив до інших. Наприклад, нехай існує технічна система, ієрархічна модель якої складається з трьох IP:

$$S = \left\| \begin{array}{c} 1_i1_0 \\ 2_i1_0 \\ 3_i1_0 \end{array} \right\| \quad (2)$$

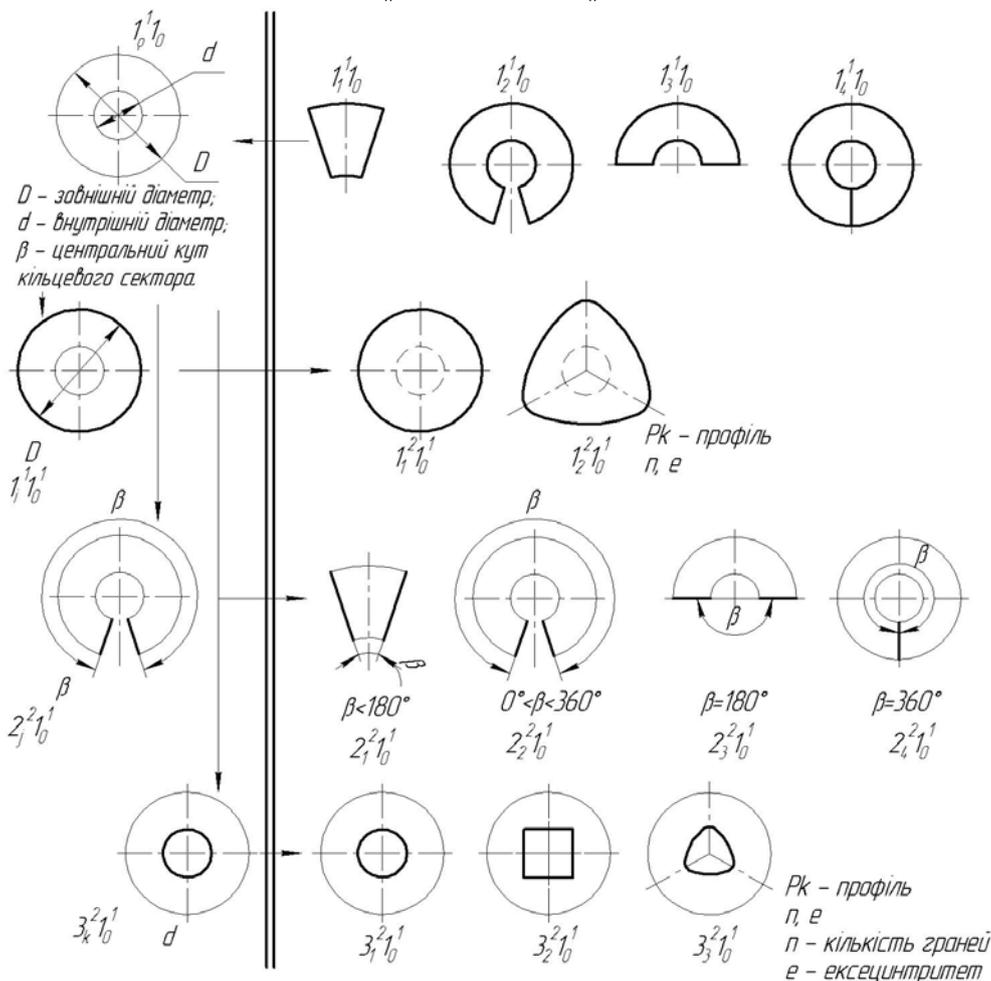


Рис. 1. Ієрархічна модель початкової заготовки (тобто розгортки витка) з якої одержують широкосмугової гвинтової заготовки.

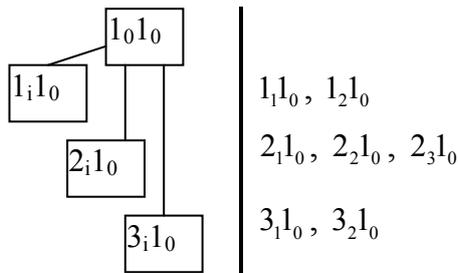


Рис. 2. Модель технічної системи.

Вказана система характеризується властивостями $P1_1, P1_2, P2_1, P2_2, P3_1, P3_2, P3_3$.

В результаті генерування альтернатив за кожним із рівнів ієрархії одержано такі альтернативи: для першого рівня ієрархії: $1_1 1_0, 1_2 1_0$; для другого: $2_1 1_0, 2_2 1_0, 2_3 1_0$; для третього: $3_1 1_0, 3_2 1_0$. Таким чином модель технічної системи має вигляд, який зображений на рис. 2.

Альтернативи IP можна подати так:

$$\left\| \begin{array}{ccc} 1_1 1_0 & 1_2 1_0 & \\ 2_1 1_0 & 2_2 1_0 & 2_3 1_0 \\ 3_1 1_0 & 3_2 1_0 & \end{array} \right\|. \quad (3)$$

Структура альтернатив кожного IP та властивостей таких альтернатив описується системою матриць:

$$\left\| \begin{array}{cc} 1_1 1_0 & 1_2 1_0 \\ P1_1 & P1_2 \end{array} \right\| \left\| \begin{array}{ccc} P1_1(1_1 1_0)_1 & P1_1(1_2 1_0)_2 & \\ P1_2(1_1 1_0)_2 & P1_2(1_2 1_0)_1 & \end{array} \right\|, \left\| \begin{array}{ccc} 2_1 1_0 & 2_2 1_0 & 2_3 1_0 \\ P2_1 & P2_2 & P2_3 \end{array} \right\| \left\| \begin{array}{ccc} P2_1(2_1 1_0)_2 & P2_1(2_2 1_0)_3 & P2_1(2_3 1_0)_1 \\ P2_2(2_1 1_0)_2 & P2_2(2_2 1_0)_3 & P2_2(2_3 1_0)_3 \end{array} \right\|, \left\| \begin{array}{cc} 3_1 1_0 & 3_2 1_0 \\ P3_1 & P3_2 \\ P3_2 & P3_3 \\ P3_3 & P3_3 \end{array} \right\| \left\| \begin{array}{cc} P3_1(3_1 1_0)_2 & P3_1(3_2 1_0)_1 \\ P3_2(3_1 1_0)_3 & P3_2(3_2 1_0)_2 \\ P3_3(3_1 1_0)_1 & P3_3(3_1 1_0)_2 \end{array} \right\|,$$

де $\|P1_1 \ P1_2\|^T$, $\|P2_1 \ P2_2\|^T$, $\|P3_1 \ P3_2 \ P3_3\|^T$ - матриці властивостей елементів відповідно першого, другого та третього ієрархічних рівнів.

Розглянемо приклад опису, за викладеною методикою, структури пристрою, призначеного для розточування отворів (далі "пристрій").

З метою розробки конструктивно-функціональної структури введемо додаткові елементи зовнішніх систем з якими взаємодіють елементи пристрою: 2_0 - отвір заготовки; 3_0 - шпиндель.

Коди елементів структури та функції є такими:

1_0 - пристрій: $F1_1$ - видалення припуску в отворі 2_0 ;

$1_1^1 1_0$ - корпус з хвостовиком: $F1_1^1$ - базує пристрій 1_0 в шпинделі 3_0 , $F1_2^1$ - базує головку $2_1^1 1_0$, $F1_3^1$ - передає крутний момент і осьову силу від шпинделя 1_0 до головки $2_1^1 1_0$, $F1_4^1$ - розміщує кільце $5_1^1 1_0$, $F1_5^1$ - забезпечує максимальний кут повороту головки $2_1^1 1_0$;

$2_1^1 1_0$ - головка: $F2_1^1$ - передає крутний момент від корпусу $1_1^1 1_0$ до різальної пластини $3_1^1 1_0$, $F2_2^1$ - містить кріпильну частину $4_1^1 1_0$, $F2_3^1$ - базує різальну частину $3_1^1 1_0$, $F2_4^1$ - базує упорний підшипник $7_1^1 1_0$, $F2_5^1$ - містить пружини $6_1^1 1_0$, $F2_6^1$ - повертає різальну частину $3_1^1 1_0$ на кут α .

$3_1^1 1_0$ - різальна пластина: $F3_1^1$ - видаляє припуск в отворі 2_0 , $F3_2^1$ - сприймає силу різання від взаємодії з отвором;

$4_1^1 1_0$ - кріпильна частина: $F4_1^1$ - закріплює різальні пластини $3_1^1 1_0$ на головці $2_1^1 1_0$

$1_1^2 4^1$ - штифт: $F1_1^2$ - притискає різальну пластину $3_1^1 1_0$ до державки $2_1^2 4^1$;

$2_i^2 4^1$ - державка: $F2_1^2$ - містить штифт $1_i^2 4^1$, $F2_2^2$ - містить гвинт $3_i^2 4^1$, $F2_3^2$ - передає силу від гвинта $3_i^2 4^1$ до штифта $1_i^2 4^1$;

$3_i^2 4^1$ - гвинт: $F3_1^2$ - передає силу різання на державку, $F3_2^2$ - перешкоджає відкріпленню державки $2_i^2 4^1$;

$5_i^1 1_0$ - кільце: $F5_1^1$ - фіксує головку $2_i^1 1_0$;

$6_i^1 1_0$ - пружина: $F6_1^1$ - передає зусилля від корпусу $1_i^1 1_0$ на підшипник $7_i^1 1_0$;

$7_i^1 1_0$ - упорний підшипник: $F7_1^1$ - зменшує втрати на тертя при повороті головки $2_i^1 1_0$, $F7_2^1$ - передає зусилля від пружини $6_i^1 1_0$ до головки $2_i^1 1_0$.

Ієрархічна структура такого інструменту представлена на рис. 3. Елементи ієрархії утворюють лише одну групу ієрархічних рівнів ($l=1$). Після формування матриці функцій елементів та конструктивно-функціональної структури, за аналогією з [1], оцінюються елементи і функції, які відповідають "висячим вершинам", тобто елементам ієрархії, які не мають нащадків. Це здійснюється з метою видалення "висячих елементів" ієрархії, які не відповідають вимогам технічного завдання.

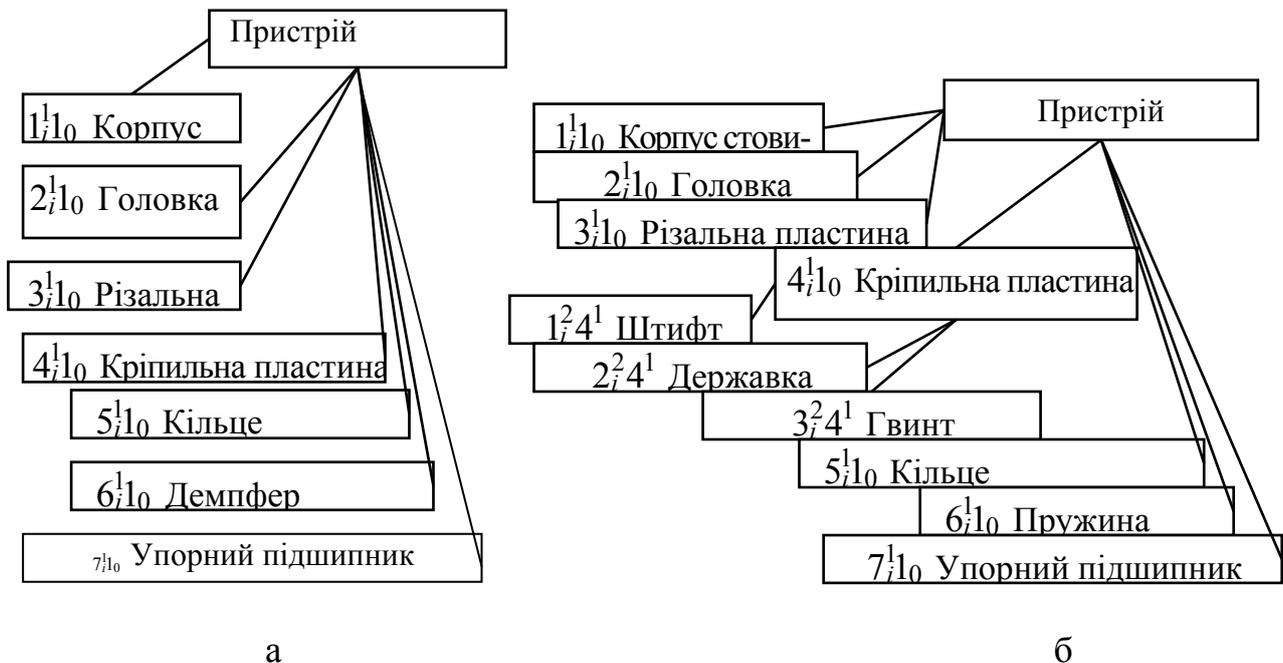


Рис. 3. Ієрархічна структура пристрою для розточування отвору.

На основі використання структурних формул Гамрекелі [3], властивості (характеристики) елементів технічної системи "Пристрій" можна подати так:

$$\begin{aligned}
 P_{10} : & P_{1_1}^1(\zeta)_i \circ (P_{1_1}^1(\zeta)_1, P_{1_1}^1(\zeta)_2) \bullet P_{2_1}^1(\zeta)_i \circ (P_{2_1}^1(\zeta)_1, P_{2_1}^1(\zeta)_2, P_{2_1}^1(\zeta)_3) \bullet \\
 & \bullet P_{3_1}^1(\zeta)_i \circ (P_{3_1}^1(\zeta)_1, P_{3_1}^1(\zeta)_2) \bullet P_{4_1}^1(\zeta)_i \circ (P_{4_1}^1(\zeta)_1, P_{4_1}^1(\zeta)_2) \bullet P_{5_1}^1(\zeta)_i \circ \\
 & \circ (P_{5_1}^1(\zeta)_1, P_{5_1}^1(\zeta)_2, P_{5_1}^1(\zeta)_3) \bullet P_{6_1}^1(\zeta)_i \circ (P_{6_1}^1(\zeta)_1, P_{6_1}^1(\zeta)_2) \times P_{6_{2.1}}^1(\zeta)_{i,1} \circ \\
 & \circ (P_{6_{2.1}}^1(\zeta)_{1.1}, P_{6_{2.1}}^1(\zeta)_{2.1}) \times P_{6_{3.1}}^1(\zeta)_{i,2} \circ (P_{6_{3.1}}^1(\zeta)_{1.2}, P_{6_{3.1}}^1(\zeta)_{2.2},
 \end{aligned}$$

$$P6_{3.1}^1(\zeta)_{3.2}) \times P6_{4.3}^1(\zeta)_{i.2} \circ (P6_{4.3}^1(\zeta)_{1.2}, P6_{4.3}^1(\zeta)_{2.2}, P6_{4.3}^1(\zeta)_{3.2}) \times \\ \times P6_{5.3}^1(\zeta)_{i.3} \circ (P6_{5.3}^1(\zeta)_{1.3}, P6_{5.3}^1(\zeta)_{2.3}).$$

де • - одночасне застосування визначальних обов'язкових ознак; ◦ - потенціальна можливість варіантності технічного рішення, яке ще не встановлено проєктантом на час побудови ієрархії; × - ознаки деталізації.

Таблиця 1

Варіанти властивостей елементів ієрархії

Позначення властивості та їх зміст	Елемент конструкції	Варіанти властивостей або характеристик		
$P1_1^1(\zeta)_i$ Наявність різи	Корпус	$P1_1^1(\zeta)_1$ З різьєю	$P1_1^1(\zeta)_2$ Без різи	
$P2_1^1(\zeta)_i$ Форма контуру або її відсутність	Головка	$P2_1^1(\zeta)_1$ Відсутня	$P2_1^1(\zeta)_2$ Ексцентрична	$P2_1^1(\zeta)_3$ Концентрична
$P3_1^1(\zeta)_i$ Переточуваність	Ріжуча пластина	$P3_1^1(\zeta)_1$ Переточувана	$P3_1^1(\zeta)_2$ Непереточувана	
$P4_1^1(\zeta)_i$ Рухомість	Кріпильна частина	$P4_1^1(\zeta)_1$ Рухома	$P4_1^1(\zeta)_2$ Нерухома	
$P5_1^1(\zeta)_i$ Вид підшипника	Підшипник	$P5_1^1(\zeta)_1$ Ковзання	$P5_1^1(\zeta)_2$ Кочення	$P5_1^1(\zeta)_3$ Відсутній
$P6_1^1(\zeta)_i$ Тип управління демпфера	Демпфер			
		$P6_1^1(\zeta)_2$ Керується температурою	$P6_1^1(\zeta)_i$ Керується силою різання	
$P6_{2.1}^1(\zeta)_{i.1}$ Вид вставки		Вставка, яка розплавляється $P6_{2.1}^1(\zeta)_{1.1}$	Вставка, яка не розплавляється $P6_{2.1}^1(\zeta)_{2.1}$	
	$P6_{3.1}^1(\zeta)_{i.2}$ Вид робочого елемента		Рідина	Пружина
		$P6_{3.1}^1(\zeta)_{1.2}$	$P6_{3.1}^1(\zeta)_{2.2}$	$P6_{3.1}^1(\zeta)_{3.2}$
$P6_{4.3}^1(\zeta)_{i.2}$ Вид пружини		Розтягу $P6_{4.3}^1(\zeta)_{1.2}$	Стиску $P6_{4.3}^1(\zeta)_{2.2}$	Кручення $P6_{4.3}^1(\zeta)_{3.2}$
	$P6_{5.3}^1(\zeta)_{i.3}$ Вид магніту		Електромагніт $P6_{5.3}^1(\zeta)_{1.3}$	

Граф ієрархії властивостей поданий на рис. 4. Із рис. 4 видно, що у випадку відсутності у структурі ТС об'єкта який характеризується властивістю $P6_1^1(\zeta)_2$, то відповідно відсутніми будуть властивості $P6_{3.1}^1(\zeta)_{i,2}$, $P6_{4.3}^1(\zeta)_{i,2}$, $P6_{5.3}^1(\zeta)_{i,3}$, так як вони є деталізуючими властивостями.

Висновок. Запропоновано спосіб структуризації об'єктів синтезу та методику опису структури технічної системи на основі дослідження властивостей та опису альтернативних елементів її структури.

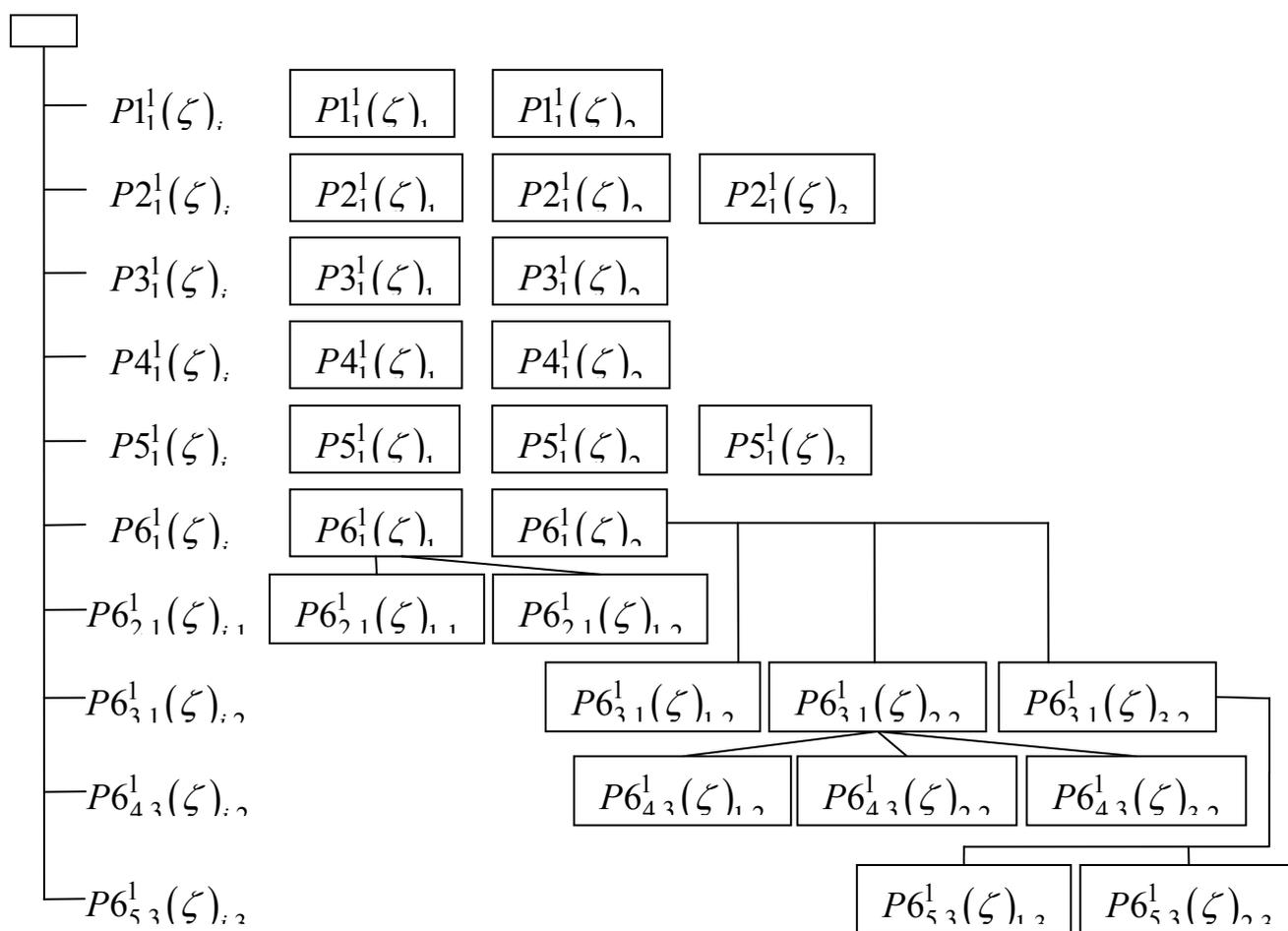


Рис. 4. Граф властивостей технічної системи "Пристрій для розточування отвору".

Список літератури: 1. Андрейчиков А.В. Интеллектуальный метод синтеза технологических инноваций [Текст] / А.В. Андрейчиков // Изв. вузов. Машиностроение. – 2003. – №10. – С. 47-62. 2. Аверченков В.И. Автоматизация распознавания и идентификации конструкторско-технологических элементов деталей в интегрированных САПР [Текст]/ В.И. Аверченков // Вестник компьютерных и информационных технологий. – №4. – 2005. – с 24-26. 3. Гамрекели, М. Н. Графо-аналитических исследования технических решений по классам оборудования [Текст] / М. Н. Гамрекели // Изв. вузов. Машиностроение. – 2006. – С. 71-79. 4. Лазаренко, Г.П. О формализации проектирования производительных систем на этапе разработки концепций [Текст] / Лазаренко Г. П. // Изв. вузов. Машиностроение. – 2007. – С. 16-20.

ФОРМОУТВОРЕННЯ КОНІЧНИХ ПОВЕРХОНЬ ЖОРСТКО ЗАКРІПЛЕНИМ ІНСТРУМЕНТОМ

Левкович М.Г., канд. техн. наук, **Лясота О.М.**, канд. техн. наук
(Тернопільський національний технічний університет)

The influence of geometric accuracy of nodes Line of postural deviations and tools, the accuracy of their mutual position of the proposal and the precision placement of the axes of the guides snap-on of the quality of handling a hole rigidly fixed tool.

Вступ. Розвинене виробництво машинобудування являється одним з важливих чинників, що забезпечують динаміку соціально-економічного розвитку України. Не можливо випускати конкурентоздатну продукцію, не маючи в складі виробничих, технологічних систем високоефективних технологічних процесів оброблення різноманітних деталей. Індустріальний підхід до виготовлення деталей вимагає створення технологічних процесів в металообробці, що забезпечують високий ступінь уніфікації, високі вимоги за точністю виготовлення, високу надійність і довговічність конструкцій [1].

Постановка проблеми. Виходячи з необхідності рішення вказаних вище задач, були проведені дослідницькі роботи, направлені на створення нових технологічних процесів, що забезпечують підвищення якості і зниження трудомісткості обробки конічних отворів - поверхонь які є елементами великої кількості деталей машин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Незважаючи на значну кількість наукових праць (Лінчевський П.А. [2], Остаф'єв В.А. [3], Пономаренко А.Ф., Лакірев С.Г.), які присвячені різноманітним методам обробки отворів в деталях машин, мало уваги приділено обробленню конічних отворів, рівень технологічного забезпечення їх виготовлення залишається недостатньо високим. Тому вирішення наукового завдання, яке полягає в розробці і дослідженні нових конструкцій пристроїв для оброблення конічних отворів та технологій їх виготовлення є актуальним, доцільним, значущим і перспективним для машинобудівної галузі України та інших держав.

Мета роботи. Досягнення точності оброблення конічних поверхонь розробленим пристроєм шляхом зменшення позиційного відхилення інструменту.

Методи та результати. В обробленні отворів жорстко закріпленим інструментом позиційне відхилення визначається геометричною точністю вузлів напрямлення інструменту та точністю їх взаємного розташування, а також точністю розміщення осей напрямних оснащення.

Комплексний вплив зазначених конструктивно-технологічних факторів призводить до геометричного зсуву осі пристрою $\Delta_{ГЗО}$, відтискування $\Delta_{ПВО}$, а також пружного зсуву $\Delta_{ПЗВ}$ напрямного вузла, що й визначає значення позиційного відхилення від номінального (теоретичного) положення:

$$\Delta_{ЗМ} = \Delta_{ГЗО} + \Delta_{ПВО} + \Delta_{ПЗВ} \cdot \quad (1)$$

Геометричний зсув осі пристрою $\Delta_{ГЗО}$ відбувається за наявності зазору між втулкою й віссю, причому, вибір зазору можливий у будь-якому напрямку діаметральної й осьової площин перетину напрямної втулки.

Значення геометричного зсуву осі в її кінцевому перетині визначається параметрами інструментального налагодження й вузла напрямлення, розмірами зазору S_1 , у сполученні втулка-вісь, зазору S_2 , у з'єднанні втулка-корпус, ексцентриситетом e_c внутрішньої й зовнішньої поверхонь змінної втулки, а також довжиною втулки l_{BT} і вильотом осі l_x за торець втулки до розглянутого перетину:

$$\Delta_{ГЗО} = \sqrt{\left[\delta S_1 \left(0,5 + \frac{l_x}{l_{BT}} \right) \right]^2 + e_c^2 + \left(\frac{\delta S_2}{2} \right)^2} \text{ при } l_x = l_1 + \frac{B}{2}, \quad (2)$$

де l_1 – відстань від торця втулки до торця деталі, мм; B – глибина оброблюваної поверхні (хід осі), мм.

Аналіз технічних вимог на виготовлення втулки показав, що S_2 і e_c – ексцентриситет у незначному ступені впливають на $\Delta_{ГЗО}$. Це можна врахувати коефіцієнтом n_l , який в нашому випадку $n_l=1,15$. Тоді:

$$\Delta_{ГЗО} = n_l \delta S_1 \left(0,5 + \frac{l_x}{l_{BT}} \right), \quad (3)$$

де δS_1 – поле розсіювання зазору між втулкою і віссю.

У загальному вигляді визначається полями допусків на діаметр отвору втулки й діаметр осі, а також мінімальним гарантованим зазором, тобто:

$$\delta S_1 = k_1 \sqrt{\delta A_1^2 + \delta B_1^2 + \delta B_{звк}^2} + S_{1ГАР}, \quad (4)$$

де k_1 - коефіцієнт відносного розсіювання випадкових величин; $k_1=1,1$; δA_1 – поле допуску на внутрішній діаметр втулки; δB_1 - поле допуску на зовнішній діаметр осі (у розглянутому перетині); $\delta B_{звк}$ - поле допуску на розмір прямої частини осі від зворотної конусності; $S_{1ГАР}$, - мінімальний гарантований зазор у сполученні втулка-вісь.

Геометричний зсув $\Delta_{ГЗО}$ зростає із збільшенням довжини виходу осі за торець втулки l_x .

Теоретичні й експериментальні дослідження дозволили визначити ступінь впливу довжини змінної напрямної втулки l_{em} на $\Delta_{ГЗО}$. Із збільшенням l_{em} значення $\Delta_{ГЗО}$ зменшуються відповідно до залежності, близької до лінійної. Із збільшенням діаметра отвору (осі) вплив довжини втулки на $\Delta_{ГЗО}$ посилюється.

Пружне зміщення вузла $\Delta_{ПЗВ}$ осі відбувається під впливом невірноважених сил, що діють у діаметральному й осьовому його перерізах. Невірноважені сили з'являються в результаті зняття інструментом нерівномірного припуску Δ_Z .

Нерівномірність припуску перед обробкою

$$\Delta_Z = (t_1 - t_2) = 2\sqrt{\Delta_{ПР}^2 + \Delta\rho^2 + \varepsilon^2}, \quad (5)$$

де t_1, t_2 - відповідно максимальне та мінімальне зняття припуску; $\Delta_{ПР}$ - позиційне відхилення оброблюваної поверхні, на попередній позиції; $\Delta\rho$ - похибка

параметру спадковості (спареності) двох технологічно зв'язаних позицій ρ_1 ρ_2 ; $\Delta\rho = \rho_1 - \rho_2$; ε - похибка установки заготовки.

Причини появи й умови дії параметрів ε , Δ_{IP} , $\Delta\rho$ різні, але дія їх на будь-якій позиції для багато перехідного оброблення взаємозалежних систем поверхонь завжди спільна. Нерівномірне навантаження різця призводить до появи різних значень сил, що діють в осьовому ΔP_{OC} і діаметральному ΔP_r перетинах осі, і, отже, до пружного зміщення $\Delta_{ПЗВ}$ його осі від номінального положення.

Пружне зміщення осі в кінцевому положенні визначено за схемою, що відповідає дії поздовжньо-поперечного згину неврівноважених сил ΔP_{OC} , ΔP_r , ΔP_τ на вершині консольно закріпленого різця. Зміщення осі зумовлюється силами згинання, твердістю інструмента E_i і вильотом l_x за торець втулки. Так, як дія сил у діаметральному перетині ΔP_r , ΔP_τ є домінуючою, то для спрощення розрахункової залежності дію поздовжнього згину від сил P_{oc} і ΔP_{OC} враховано поправочним коефіцієнтом n_2 , $n_2 = 1,26 - 1,3$, тоді, пружне відтиснення осі дорівнює:

$$\Delta_{ПВО} = n_2 \frac{\Delta P_R l_x^3}{3EJ}, \quad (6)$$

де E - модуль пружності першого роду; J - осьовий момент інерції поперечного перерізу осі, $J = Cd^4$; d - діаметр осі.

За даними для осі із сталі Ст45 $C=0,026$; ΔP_R - рівнодіюча від неврівноважених радіальної ΔP_r і тангенційної ΔP_τ складових сил різання:

$$\Delta P_R = \sqrt{\Delta P_\tau^2 + \Delta P_r^2}, \quad (7)$$

Експериментальні дослідження показали, що вектор пружного зміщення осі Δ_{y_i} відхиляється від вектора нерівномірного припуску Δ_Z на деякий кут α й практично збігається з напрямком вектора рівнодіючої неврівноваженої сили ΔP_R . Кут $\alpha = 37 - 42^\circ$.

Якщо розглядати розточувальний різець, то:

$$\Delta P_R = \frac{\Delta_Z}{4} \cdot \sqrt{(C_1 S_k^{y_1} HB^{\eta_1})^2 + (C_2 S_k^{y_2} HB^{\eta_2})^2}, \quad (8)$$

де S_k - подача інструмента; HB - твердість оброблюваного матеріалу; y_1, y_2, η_1, η_2 - відповідно показники степеня, що залежать від умов оброблення; C_1, C_2 - коефіцієнти, що залежать від умов різання й геометричних параметрів інструменту.

Величину, зумовлену параметрами процесу різання, позначено U :

$$U = \sqrt{(C_1 S_k^{y_1} HB^{\eta_1})^2 + (C_2 S_k^{y_2} HB^{\eta_2})^2}. \quad (9)$$

Замінивши Δ_Z його значенням (див. формулу 5), одержано:

$$\Delta P_R = \frac{1}{2} \sqrt{(\Delta_{IP}^2 + \Delta_\rho^2 + \varepsilon^2) U}. \quad (10)$$

Із зменшенням радіуса при вершині різального інструменту зменшується ΔP_R , а отже, і пружне зміщення $\Delta_{ПВО}$. Тому, за умовами точності розташування поверхні доцільно застосувати інструмент із мінімальним радіусом при вер-

шині, за якого забезпечується точність й шорсткість поверхні та необхідна пружність.

Пружне відтискування $\Delta_{ПЗВ}$ вузла напрямлення інструмента залежить від жорсткості розробленого спорядження. Похибку $\Delta_{ПЗВ}$ важко визначити розрахунковим шляхом, тому для спрощення розрахунків її вплив враховують за допомогою коефіцієнта n_3 залежно від пружного зміщення осі $\Delta_{ПВО}$. Тоді повне пружне відтискування осі дорівнює:

$$\Delta_y = \Delta_{ПВО} + \Delta_{ПЗВ} = n_3 \Delta_{ПВО} = n_2 n_3 \frac{\Delta P_R l_X^3}{3EJ}. \quad (11)$$

На підставі експериментальних даних з оброблення конічних поверхонь пристроєм з віссю діаметром 20–25 мм для твердості втулки $J_{кп} = (6-8) \cdot 10^4 \text{ Н/мм}$ коефіцієнт $n_3 = 1, 2-1, 4$. За твердості втулки більше, ніж $J_{кп} = 8 \cdot 10^4 \text{ Н/мм}$ значенням $\Delta_{ук}$ можна знехтувати, тобто $n_3 = 1$.

Позиційне відхилення оброблюваної поверхні, зумовлене комплексним впливом $\Delta_{ГЗО} > \Delta_{ПВО}, \Delta_{ПЗВ}$

$$\Delta_{ЗМ} = \Delta_{ГЗО} + n_3 \Delta_{ПВО}. \quad (12)$$

Після підстановки в (12) формули (3) для розрахунку $\Delta_{ГЗО}$ (6), (10) і (11) для визначення $\Delta_{ПВО}$ і $\Delta_{ПЗВ}$ записано:

$$\Delta_{ЗМ} = n_1 \delta S \left(0,5 + \frac{l_X}{l_{BT}} \right) + n_3 n_2 \frac{kl_X^3 \sqrt{\Delta_{ПП}^2 + \Delta_p^2 + \varepsilon^2}}{6EJ} U. \quad (13)$$

Вираз (13) показує основний характер взаємозв'язків між конструктивно-технологічними та силовими факторами для оброблення конічних поверхонь жорстко закріпленим інструментом і дозволяє визначити позиційне відхилення.

Список літератури: 1. Маталин А.А. Технология машиностроения: Учебник. – Л.: Машиностроение, Ленинград. отд-ние, 1985. – 496 с. 2. Линчевский П.А., Джугурян Т.Г., Оргиян А.А. Обработка деталей на отделочно-расточных станках. – К.: Техника, 2001. – 300 с. 3. Остафьев В.А., Диордица И.Н. Повышение точности ступенчатых валиков на токарных обрабатывающих центрах // Сучасні технології в машинобудуванні: Збірник наукових статей / За заг. ред. А.І. Грабченка. – Том 2. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2006. – С. 401-405.

УДК 621.744

САПР ЛИВАРНИХ ПРОЦЕСІВ

Лисенко Т.В., докт. техн. наук, Бондар О.А., Степаненко Г.В.

(Одеський національний політехнічний університет)

A new theoretical approach to developing systems au-cies design of casting processes.

Техніко-економічну ефективність багатьох технологічних процесів сучасного виробництва можна значно покращити, якщо оптимальні параметри, які забезпечують необхідну якість продукції на макро- та мікрорівнях, досягаються в системах, що приймають участь в процесі, автоматично та самочинно [1]. Прикладом такого підходу в ливарному виробництві є самочинна синхронізація (самосинхронізація) процесів в підсистемах ливарної форми після зали-

вання рідкого металу.

Такий підхід, в ливарному виробництві обумовлений насамперед тим, що реальне управління системою «вилівок – форма» через виникаючі технічні та економічні проблеми надзвичайно утруднене. Фактично управління цим об'єктом є розімкнутим, тобто всі керуючі впливи на процес закінчуються, як правило, на стадії його проектування [2], що, у свою чергу, висуває жорсткі вимоги до використовуваних при цьому математичних моделей процесів і обмеження на вірогідність інформації про властивості застосовуваних матеріалів.

На жаль, у реальному житті математичні моделі через багатфакторність об'єктів ливарного виробництва суттєво неточні, а властивості формувальних, шихтових і допоміжних матеріалів суттєво непостійні. Тому необхідно щоб синхронізація виникала в силу природних властивостей самої системи взаємодіючих об'єктів. Тобто відбувалася самосинхронізація.

Розглянемо в якості прикладу динамічного об'єкта, який потребує самосинхронізації, систему «вилівок – піщана форма». Вибір цього об'єкта обґрунтовано тим, що:

- він природньо розподіляється, щонайменше, на дві підсистеми: вилівок і форма;
- між підсистемами існує вельми тісний зв'язок – усі зрушення та події, які відбуваються в одній підсистемі, негайно відбиваються на іншій;
- існує явно виражена мета синхронізації подій у підсистемах – якість виліvkів.

Хай в нашому прикладі в кожній із підсистем фазовий простір одновимірний, а саме: підсистема «вилівок» характеризується його температурою T , а підсистема «піщана форма» – тиском газів в робочому шарі P . Розглянемо систему «вилівок – форма» як динамічну, тобто таку, у якій за будь-яким початковим

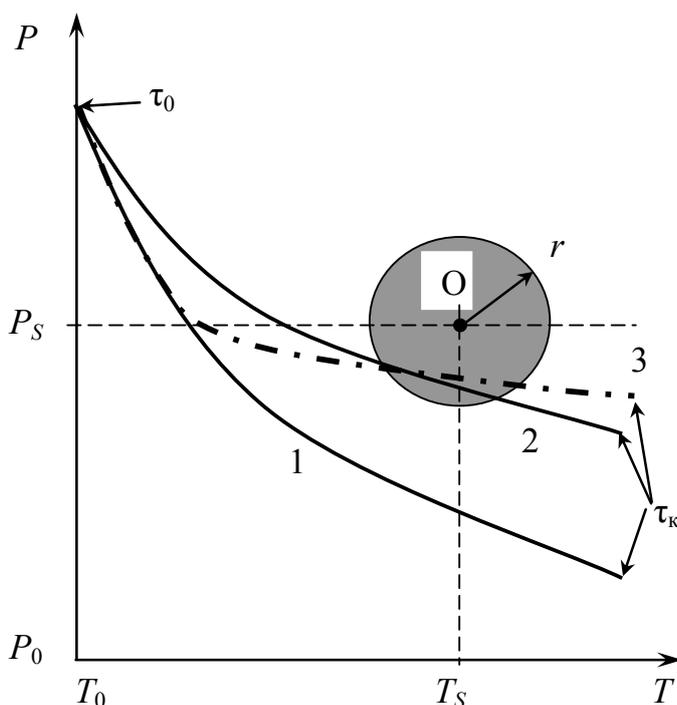


Рис. 1. Схема до визначення самосинхронізації станів бінарної системи.

станом $y_0 \in \mathbb{R}^n$ подальша траєкторія її руху $y(\tau, y_0)$ в n -мірному фазовому просторі y при $\tau \in [0, +\infty)$ визначена однозначно [3].

Нехай фахівцями ливарного виробництва встановлено, що при литті в піщано-смоляні форми одночасне (з деяким допуском ε) і безвідносно до конкретного значення часу досягнення температурою вилівка значення $T = 1743$ К і тиском газів у порах піщаної форми значення $P = 215$ Па забезпечує одержання сталевих виліvkів з якісною поверхнею [4]. Тоді в системі «вилівок – форма» $n = 2$, а вектор фа-

зового стану $y(\tau, y_0)$ складається із двох компонентів: $T(\tau, T_0)$ і $P(\tau, P_0)$. Задаючись початковим станом: $\tau_0 = 0$ (момент закінчення заливання), $T_0 = 1823$ К (температура заливання) і $P_0 = 0$ Па (тиск навколишнього середовища), одержимо на інтервалі $0 \leq \tau \leq 35$ с траєкторію руху $y(\tau, y_0)$ у вигляді двох кривих [5].

Функції $T(\tau, T_0)$ і $P(\tau, P_0)$ дозволяють, виключивши час, побудувати діаграму фазових станів бінарної системи Q , що складається із двох підсистем: Q_T і Q_P , на якій пари значень фазових змінних $T(\tau_c)$ і $P(\tau_c)$, відповідно, для кожного моменту часу τ_c являють собою одну точку на діаграмі (рис. 1), а сімейство таких точок для інтервалу часу $\tau_0 - \tau_k$ – деяку криву траєкторію $P_\phi(T)$, що описує, стан системи в цьому інтервалі [5].

Відзначимо на цій діаграмі також точку O з координатами $T_S = 1743$ К і $P_S = 215$ Па, а також деяку околицю поблизу цієї точки радіусом r , фізичний сенс яких полягає в тому, що в цій околиці стани T_S і P_S досягаються із заданою точністю, обумовленою величиною r , одночасно.

Помітимо також, що конкретне значення часу, коли відбувається цей збіг, хоча й існує, і може бути розраховане, але на діаграмі не відбивається, – тут відбитий тільки сам факт збігу в часі (синхронізація) двох подій у різних підсистемах. Раніше завдання синхронізуючого проектування полягало в тому, щоб «невдалу» з погляду синхронізації криву 1 (рис. 1) шляхом зовнішнього попереднього впливу на систему замінити кривою 2. Натомість, завданням нашої роботи є забезпечення технологічними методами автоматичного коректування «невдалої» кривої 1 так, щоб у підсумку вона пройшла через околицю r точки O (крива 3). В основі такого коректування – взаємозалежність фазових змінних T і P , що реально існує в таких об'єктах, як система «вилівок – форма».

Формула окружності радіусом r із центром у точці $O (P_S, T_S)$ має вигляд $(P_{\text{окр}} - P_S)^2 + (T - T_S)^2 - r^2 = 0$ або $P_{\text{окр}}(T) = P_S + \sqrt{r^2 - (T - T_S)^2}$. Для досягнення синхронізації необхідно, щоб в інтервалі часу $\tau_0 - \tau_k$ хоча б один раз виконувалася умова $P_\phi(T) = P_{\text{окр}}(T)$ або $P_\phi(T) = P_S + \sqrt{r^2 - (T - T_S)^2}$.

Проектування, що забезпечує синхронізацію, повинно гарантувати попадання початкового стану системи в будь-яку з точок, що мають властивості точки 1. Для цього, перш за все, необхідно, щоб об'єкт ливарного виробництва представляв собою динамічну систему, породжену диференційними

$$\frac{dy}{d\tau} = f(y); \quad y \in \mathbb{R}^n \quad (1)$$

або різницевиими рівняннями:

$$y(t+1) = f(y(t)), \quad t \in \mathbb{Z}, \quad y \in \mathbb{R}^n, \quad (2)$$

де t – дискретний час; \mathbb{Z} – множина цілих чисел [3].

Рівняння (1) і (2) породжують динамічну систему, якщо по любому початковому стану $y_0 \in \mathbb{R}^n$ однозначно визначена траєкторія $y(\tau, y_0)$ при $\tau \in [0, +\infty)$, де $y(\tau, y_0) = y_0$.

«Притягування» аттрактора і його корисність для самосинхронізації можна проілюструвати наступним прикладом. Нехай деякий динамічний об'єкт

складається з двох підсистем стан яких описується залежностями:

$$\begin{aligned} y_1 &= f_1(\tau, y_2, y_{10}); \\ y_2 &= f_2(\tau, y_1, y_{20}). \end{aligned} \quad (3)$$

Оскільки мова йде про самосинхронізацію, мета останньої повинна являти собою локальний аттрактор для стану відповідної ливарної системи. Як відомо, аттрактор динамічної системи – замкнена, інваріантна множина в її фазовому просторі [3]. При цьому повинне виконуватися співвідношення:

$$\lim_{\tau \rightarrow \infty} \rho[K, y(\tau, y_0)] = 0, \quad \forall y_0 \in K(\varepsilon), \quad (4)$$

де K – локальний аттрактор, множина точок x , для яких $\rho[K, y] < \varepsilon$; $\rho[K, y] = \inf_{z \in K} |z - y|$; $|\cdot|$ – евклідова норма в R^n , $K(\varepsilon)$ – множина точок y , для яких $\rho[K, y] < \varepsilon$.

Оскільки у випадку самосинхронізації бажаний аттрактор представляє собою деяку зону шириною ε вздовж лінії $y = 0$, прийmemo $K = 0$, і (4) перетворюється до вигляду:

$$\lim_{\tau \rightarrow \infty} (y(\tau, y_0)) = 0, \quad \forall y_0 \in K(\varepsilon). \quad (5)$$

Знайдемо тепер вигляд залежності $y(\tau, y_0)$. Підставляючи в (3) $y_1 = S_1$; $y_2 = S_2$, отримаємо систему

$$\begin{aligned} S_1 &= f_1(\tau; y_2(\tau); y_{10}); \\ S_2 &= f_2(\tau; y_1(\tau); y_{20}), \end{aligned} \quad (6)$$

розв'язуючи яку відносно часу самосинхронізації отримаємо:

$$\begin{aligned} \tau_{S_1} &= \tilde{f}_1(S_1; y_2(\tau); y_{10}); \\ \tau_{S_2} &= \tilde{f}_2(S_2; y_1(\tau); y_{20}). \end{aligned} \quad (7)$$

В виразах (7) $\tau_{S_1}, \tau_{S_2}, S_1, S_2, y_{10}, y_{20}$ – суть числа. Тому їх можна записати так:

$$\begin{aligned} \tau_{S_1} &= \tilde{f}_1(y_2(\tau)); \\ \tau_{S_2} &= \tilde{f}_2(y_1(\tau)). \end{aligned} \quad (8)$$

Тепер можна сформулювати мету самосинхронізації:

$$|\tau_{S_1} - \tau_{S_2}| = |\tilde{f}_1(y_2(\tau)) - \tilde{f}_2(y_1(\tau))| \leq \varepsilon. \quad (9)$$

Оскільки ми хочемо, щоб умови самосинхронізації були для ливарного об'єкта аттрактором, прийmemo:

$$y(\tau, y_0) = |\tilde{f}_1(y_2(\tau)) - \tilde{f}_2(y_1(\tau))|. \quad (10)$$

Відповідно, (5) набуде кінцевого вигляду :

$$\lim_{\tau \rightarrow \infty} |\tilde{f}_1(y_2(\tau)) - \tilde{f}_2(y_1(\tau))| = 0, \quad \forall y_0 \in K(\varepsilon). \quad (11)$$

Вираз (11) є ключовим в роботі, оскільки виконання цієї умови – суть необхідна і достатня умова самосинхронізації подій в об'єктах ливарного виробництва. Відмітимо також, що умова (11) є прогнозно-розрахунковою, тобто мо-

ва йде вже не про рух динамічної системи в плинні часу в просторі множини своїх параметрів, а про рух розрахункового часу синхронізації в просторі множини початкових параметрів динамічної системи.

Список літератури: 1. Кабалдин Ю.Г. Информационная модель самоуправляемого синтеза наноматериалов – основа интеллектуальных нанотехнологий [текст] / Ю.Г. Кабалдин, С.Н. Муравьев // *Металлургия машиностроения*. – 2007. – № 3. – С. 24 – 30. 2. Лысенко Т.В. Управление процессами в литейной форме [текст] / Лысенко Т.В., Малахов В.П., Становский А.Л. – Одесса: ВМВ, 2009. – 475 с. 3. Леонов Г.А. Странные аттракторы и классическая теория устойчивости движения [текст] // *Успехи механики*. – 2002. – № 3. – С. 3 – 43. 4. Становский А.Л. Адаптивное автоматизированное синхронизирующее проектирование системы «отливка – песчаная форма» [текст] / Становский А.Л., Лысенко Т.В., Носенко Т.И. // *Теорія і практика процесів подрібнення, розділення, змішування і ущільнення: Збірник наукових праць*. – Одеса: ОНМА. – 2008. – Вип. 13. – С. 82 – 88. 5. Носенко Т.И. Математические модели и методы синхронизации неустойчивых процессов в САПР литейного производства [текст]. – Дисс. ... канд. техн. наук: 05.13.12. – Одесса: ОНПУ, 2008. – 277 с.

УДК 621.923

КОНСТРУКЦИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОТДЕЛОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНЫМИ БРУСКАМИ

Новиков С.Г., канд. техн. наук, доц., **Малыхин В.В.**, канд. техн. наук, доц.
(Курский государственный технический университет, Россия)

Новиков Ф.В., докт. техн. наук, проф.

(Харьковский национальный экономический университет, Украина)

In work the design of the device for finishing processing of products by almazno-abrasive whetstones is described.

Предлагается устройство для отделочной обработки изделий, обеспечивающее сложное движение зерен алмазно-абразивных брусков, как сумму их плоских движений в трех взаимно перпендикулярных плоскостях. Разработанное нами устройство относится к процессам шлифования материалов и может быть использовано при отделочной обработке резанием различных поверхностей изделий алмазно-абразивными брусками.

Известна модель удержания алмазно-абразивного зерна в органических связках шлифовального инструмента, в которой общее основание двух обратных круговых конусов размещено в диаметрально противоположных точках в плоскости действия радиальной и тангенциальной составляющих сил резания на двух параллельных пружинах, расположенных со стороны органической связки в направлении радиальной составляющей силы резания, причем одна из диаметрально противоположных точек основания, удаленная от оси симметрии конусов в направлении тангенциальной составляющей, выполнена в виде шарнирной подвижной опоры, с возможностью перемещения в направлении радиальной составляющей силы резания [1, 2].

Приведенная модель обеспечивает единичному зерну сложное плоскопараллельное (плоское) движение – поворот с одновременным поступательным движением только лишь в одной плоскости действия радиальной и тангенциальной составляющих сил резания, но не позволяет при встрече зерна круга на

своем пути твердого зерна обрабатываемого материала сместиться зерну инструмента из плоскости действия составляющих сил резания, после чего принять прежнее положение, что приводит к затуплению и изнашиванию зерна круга.

Известен способ отделочной обработки плоских и цилиндрических поверхностей изделий, реализуемый устройством, включающим два вращающихся в противоположных направлениях диска, перемещающих шатун с алмазно-абразивными брусками с помощью пальцев, неподвижно закрепленных на торцевых поверхностях дисков и шарнирно связанных с концами шатуна [3].

Устройство позволяет шатуну с абразивными брусками совершать сложное плоское движение только лишь в одной плоскости, параллельной торцевым поверхностям дисков, поэтому оно имеет следующие недостатки:

1. Два раза за один оборот дисков скорости пальцев шатуна равны по модулям и совпадают по направлениям, восстановленные к скоростям в точках их приложения перпендикуляры параллельны, мгновенный центр скоростей шатуна находится в бесконечности, следовательно, его сложное плоское движение становится простейшим мгновенно поступательным движением, что снижает производительность обработки из-за отсутствия условий самозатачивания брусков и вызывает их «засаливание» (заполнение межзеренного пространства брусков образующимися стружками).
2. Зерно бруска при встрече с твердым зерном обрабатываемого материала не может обойти возникшее препятствие, смещаясь в сторону, и принять прежнее положение, что приводит к вырыванию зерен брусков из связки или к их разрушению, изнашиванию и затуплению, что также снижает производительность отделочной обработки изделий.
3. Невозможность обработки фасонных поверхностей, например, конических, фасок и галтелей.

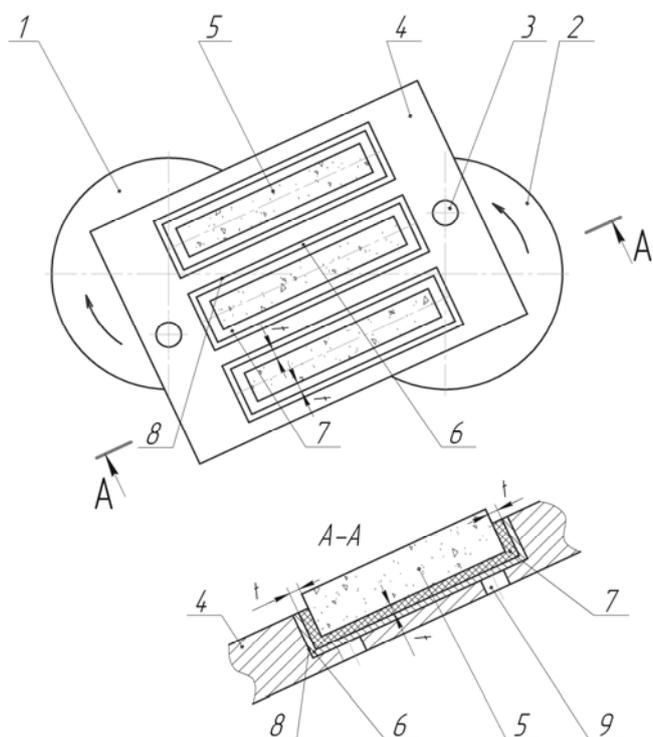


Рис. 1. Устройство для отделочной обработки изделий.

Технической задачей предлагаемого устройства является повышение производительности и расширение технологических возможностей обработки.

На рис. 1 представлен вид в плане на шатун с алмазно-абразивными брусками и диски.

Диски 1 и 2 с помощью пальцев 3, неподвижно закрепленных на торцевых поверхностях дисков, шарнирно связаны с концами шатуна 4. Алмазно-абразивные брусочки 5 размещены в сырых резиновых смесях, находящихся в тонкостенных металлических контейнерах 6, изготовленных в виде прямоугольных параллеле-

пипедов. Алмазно-абразивные бруски 5 расположены выступающими над контейнерами 6 и с равномерными зазорами t по основаниям и стенкам параллелепипедов. Зазоры заполнены вулканизированной резиной 7 после вулканизации сырых резиновых смесей. Контейнеры 6, с выступающими над ними алмазно-абразивными брусками 5, жестко фиксированы в пазах 8 шатуна 4, выполненных по форме контейнеров 6 со сквозными отверстиями 9 в основаниях пазов, при этом возможно контактирование алмазно-абразивных брусков 5 с обрабатываемыми поверхностями изделий.

Вулканизация сырых резиновых смесей придает вулканизированным резинам эластичные свойства. После температурного нагрева тонкостенных металлических контейнеров 6 части алмазно-абразивными брусков 5, находящиеся в сырых резиновых смесях, оказываются размещенными в упругих матрицах из вулканизированной резины 7, заполняющей равномерные зазоры толщиной t между алмазно-абразивными брусками 5 и контейнерами 6. При этом достигается хорошая адгезия (сцепление) вулканизированной резины 7 с алмазно-абразивными и металлическими поверхностями соответственно брусков 5 и контейнеров 6.

Жесткое фиксирование тонкостенных металлических контейнеров 6 с выступающими над ними алмазно-абразивными брусками 5 возможно, например, запрессовкой контейнеров 6 в пазы 8 шатуна 4, выполненные по форме контейнеров. Наличие вулканизированной резины 7 в зазорах между контейнерами 6 и алмазно-абразивными брусками 5 обеспечивает постоянную величину посадки с натягом тонкостенных контейнеров 6 в пазах 8 шатуна 4, что гарантирует неподвижное фиксирование контейнеров 6. Контейнеры 6 запрессованы на такую глубину в пазах 8 шатуна 4, чтобы был возможен контакт алмазно-абразивных брусков 5 с поверхностями изделий при их обработке. Наличие сквозных технологических отверстий 9 в основаниях пазов 8 позволяет выпрессовывать из пазов шатуна 4 контейнеры 6 с алмазно-абразивными брусками 5 при их износе и невозможности дальнейшей эксплуатации. Количество отверстий 9 выбирают в зависимости от размеров контейнеров 6, запрессованных в пазы 8 шатуна 4.

На торцевых поверхностях дисков 1 и 2 левее или правее соответствующих центров дисков или вниз и вверх от этих центров на одинаковых расстояниях жестко закреплены пальцы 3. Например, один из пальцев 3 установлен ниже центра диска 1, а второй - на таком же расстоянии соответственно выше центра диска 2. Концы шатуна 4 с жестко фиксированными в его пазах 8 контейнерами 6 и выступающими над шатуном алмазно-абразивными брусками 5 при помощи пальцев 3 шарнирно связывают с дисками 1 и 2 с образованием двух кинематических пар вращения.

Устройство для отделочной обработки изделий функционирует следующим образом.

Дискам 1 и 2 сообщают вращение в противоположные стороны, например, диску 1 - по часовой, диску 2 - против часовой стрелки, при этом шатун 4 с алмазно-абразивными брусками 5 совершает сложное плоское движение в плоскости, параллельной торцевым поверхностям дисков. Кроме того, при кон-

тактировании с обрабатываемым материалом сами алмазно-абразивные бруски 5, размещенные на упругих подложках из вулканизированной резины 7 толщиной t по основаниям контейнеров 6, могут совершать сложные плоские движения еще в двух перпендикулярных к торцевым поверхностям 1 и 2 плоскостях. Таким образом алмазно-абразивные зерна брусков 5 осуществляют сложное движение, являющееся результатом суммирования их плоских движений в трех взаимно перпендикулярных плоскостях. Наличие вулканизированной резины 7 толщиной t в зазорах между алмазно-абразивными брусками 5 и стенками контейнеров 6 исключает взаимодействие алмазно-абразивных брусков 5 с металлическими стенками контейнеров 6.

В случаях возникновения два раза за один оборот дисков 1 и 2 мгновенно поступательных движений шатуна 4 алмазно-абразивные зерна брусков 5 продолжают совершать сложные движения в двух плоскостях, перпендикулярных торцевым поверхностям дисков 1 и 2, при этом постоянно поддерживается условие самозатачивания зерен брусков 5, уменьшается их засаливание и повышается производительность обработки.

При встрече на своем пути твердого зерна обрабатываемого материала зерно бруска обходит возникшее препятствие, смещаясь в сторону, то есть образует скол части зерна обрабатываемого материала, после чего принимает прежнее положение. Этим продлевается срок эксплуатации брусков, увеличивается съем материала с обрабатываемой поверхности и повышается производительность обработки.

Устройство позволяет обрабатывать не только плоские и цилиндрические, но также фасонные поверхности, например, конические, фаски, галтели, так как движения алмазно-абразивных брусков 5 копируют углы наклона обрабатываемых сложных поверхностей. Величину t зазоров между алмазно-абразивными брусками 5 и контейнерами 6, назначают в зависимости от наибольшей конусности обрабатываемых фасонных поверхностей.

При износе алмазно-абразивных брусков 5 и невозможности дальнейшей эксплуатации через сквозные отверстия 9 в основаниях пазов 8 шатуна 4 выпрессовывают контейнеры 6 из пазов 8. В пазах 8 шатуна 4 жестко фиксируют новые контейнеры 6 с расположенными в них в вулканизированной резине 7 неизношенными алмазно-абразивными брусками 5 и продолжают отделочную обработку поверхностей изделий.

Оригинальностью предложенного устройства для отделочной обработки изделий является возможность осуществления сложного движения зерен алмазно-абразивных брусков, являющегося результатом сложения их плоских движений в трех взаимно-перпендикулярных плоскостях. Это достигается тем, что два вращающихся в противоположных направлениях диска 1 и 2 с помощью пальцев 3, неподвижно закрепленных на торцевых поверхностях дисков 1 и 2 и шарнирно связанных с концами шатуна 4, перемещают шатун 4 с алмазно-абразивными брусками 5, размещенными в сырых резиновых смесях, находящихся в тонкостенных металлических контейнерах 6, изготовленных в виде прямоугольных параллелепипедов, причем алмазно-абразивные бруски 5 расположены выступающими над контейнерами 6 и с равномерными зазорами по

основаниям и стенкам параллелепипедов, а сырые резиновые смеси, заполняющие зазоры, подвергнуты последующей вулканизации. Контейнеры 6, с выступающими над ними алмазно-абразивными брусками 5, жестко фиксированы в пазах 8, при этом возможно контактирование алмазно-абразивных брусков с обрабатываемыми поверхностями изделий. Это позволяет:

1. Повысить производительность обработки, так как постоянно поддерживаются условия самозатачивания зерен брусков, и уменьшается их засаливание.
2. Увеличить съём материала с обрабатываемой поверхности и, следовательно, повысить производительность за счет возможности смещения зерна бруска в сторону от твердого зерна обрабатываемого материала.
3. Расширить технологические возможности за счет реализации обработки фасонных поверхностей изделий.

Таким образом, предлагаемое устройство позволяет достичь технического результата по повышению производительности и расширению технологических возможностей обработки.

Список литературы: 1. Новиков С.Г., Малыхин В.В., Новиков Ф.В. Модель взаимодействия алмазных зерен с органической связкой круга при шлифовании // Физические и компьютерные технологии: Труды 13-й Международной научно-технической конференции, 19-20 апреля 2007 г. – Харьков: ХНПК «ФЭД», 2007. – С. 134-140. 2. Патент на полезную модель 63283 РФ. МПК В24D 3/00. Модель удержания алмазно-абразивного зерна в органических связках шлифовального инструмента // Новиков С.Г., Малыхин В.В. – № 2006142022/22; заявл. 27.11.2006; опубл. 27.05.2007, Бюл. № 15. – 1 с. 3. А.с. 921793 СССР, М. Кд.³ В24В1/00. Способ отделочной обработки плоских и цилиндрических поверхностей изделий // Гуревич И.И., Курин Г.Л. – №2731846/25-08; заявл. 05.03.79; опубл. 23.04.82, Бюл. № 15. – 2 с.

УДК 621.92.001.5

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СТРУЙНО–АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ

Андилахай А.А., канд. техн. наук, доц.

(Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь)

The results of examination of patent and licensing of material published in recent years. The expediency of the far-necks develop a promising method for the finishing touch, the surface-Steig air jets submerged abrasive suspension.

Технология отделочной обработки деталей зернистым абразивом характеризуется широкими возможностями по сравнению с известными методами абразивной обработки, особенно привлекательной является возможность обработки поверхностей деталей малой жесткости.

К деталям малой жесткости относят почти все детали приборостроения и оптико-механического производства, тонколистовой прокат, а также ряд тонкостенных, легкодеформируемых деталей, из других отраслей производства, обработка которых жестким инструментом приводит к потере требуемой точности геометрической формы. Вместе с тем увеличение выпуска товаров народного потребления, получаемых прессованием или штамповкой, отнесенных к

деталюм сложной конфигурации в значительной мере тормозится отсутствием высокопроизводительных методов получения требуемого качества поверхностей, подвергающихся в дальнейшем гальваническим и лакокрасочным покрытиям. Кроме того, скругление острых кромок и удаление заусенцев, образующихся на деталях после различных операций обработки резанием, (например, после обработки на токарных автоматах) является не менее сложной и поэтому актуальной задачей, для обеспечения высокой производительности механической обработки.

По данным ВНИИАШ [1], более 80% трудоемкости финишных операций обработки лопаток и дисков паровых и газовых турбин выполняется вручную. Нормативы трудоемкости на скругление кромок на рабочих дисках турбин составляют в зависимости от размера деталей от 4 до 20 ч на один диск. Проблеме механизации операций удаления заусенцев и скругления кромок уделяется самое серьезное внимание в мировой практике. По данным проблемам созданы европейский и японский комитеты; в которые входит ряд машиностроительных фирм. По данным этих комитетов, трудозатраты на удаление заусенцев составляют от 5 до 30% производственных затрат. Обследование около 400 машиностроительных фирм США (данные журнала «Production») показало, что затраты на удаление заусенцев и скругление кромок составляют от 10 до 40%.

Публикации последних лет, указывают на неуклонно возрастающий интерес разработчиков новых технологий и оборудования, к созданию методов отделочной обработки поверхностей деталей потоком свободного абразива.

Особое место среди них занимает струйная обработка зернистыми материалами (абразивными частицами).

Целью настоящей работы является сравнительная характеристика существующих на протяжении нескольких лет струйно-абразивных установок и методов отделочной обработки и вновь создаваемых, обеспечивающих обработку затопленными струями.

Обработка деталей потоком абразивных частиц может достигаться несколькими путями: обработка абразивной суспензией [2 - 18, 23, 25], пневмопескоструйная обработка [24 - 34, 40] и пневмо-гидро-пескоструйная обработка [41, 44]. Жидкостно-абразивные струйные установки можно классифицировать по величине рабочего давления, по способу подачи абразивного материала, а также по виду носителя абразивных частиц. По первому признаку различают установки двух типов: использующие высокое давление – 1–10 МПа и низкое давление 0,5–0,6 МПа.



Рис. 1. Установка для струйно-абразивной обработки деталей с использованием давления сжатого воздуха до 2 МПа.

Установки высокого давления применяются для предварительной обработки относительно крупных деталей и характеризуются большими габаритными размерами (рис. 1). Установка снабжена

двумя баками абразивной суспензии, благодаря чему обеспечивается практически непрерывная обработка деталей, располагаемых на столе под сопловым аппаратом. При включении установки сжатый воздух подается в сопловой аппарат и к распределителю 4. Через распределитель 4 сжатый воздух подается в один из баков (по схеме на рис. 1 в правый бак). Одновременно клапан 5 включают для забора суспензии из правого бака, клапан 2 закрывают для создания избыточного давления в правом баке, а клапан 8 открывают для слива суспензии самотеком в левый бак, благодаря этому подается к сопловому аппарату и ускоряется потоком сжатого воздуха. По мнению авторов, устройство обеспечивает высокую производительность обработки и экономичность процесса. Однако нельзя не признать неизбежность потерь машинного времени на смену сопел, подвергающихся интенсивному износу, прокачиваемой абразивной суспензией, а также расходов на изготовление сопел, являющихся быстроизнашиваемыми деталями.

Установки низкого давления используются для обработки деталей средних и относительно малых размеров. Как правило, установки содержат сопловой аппарат и стол для размещения обрабатываемых деталей [3] (рис. 2). Питание осуществляется сжатым воздухом промышленной пневмосети. На базе этой конструкции автором создана гамма установок, в число которых вошли модификации с самоочисткой суспензии (см. рис. 2), с механизированной загрузкой и съемом обрабатываемых деталей, а также для обработки прессформ.

В зависимости от способа подачи абразива струйные установки, работающие под давлением до 0,6 МПа, могут быть разделены на две группы: установки, в которых суспензия подается под давлением из емкости через сопла на обрабатываемые детали [30, 32, 34], а также установки, в которых подача абразива из бака к соплу осуществляется за счет эжекции [42, 43, 44].



Рис. 2. Установка для струйно-абразивной обработки деталей с использованием давления сжатого воздуха до 0,6 Мпа.

Известны две разновидности энергоносителей, применяемых при струйно-абразивной обработке – газообразные (как правило - сжатый воздух) и жидкие (как правило - вода). При обработке деталей с помощью сжатого воздуха на пескоструйных аппаратах достигается достаточное качество поверхности, однако обильное пылевыведение послужило причиной запрета на применение этого способа без специальных мер защиты.

Фирмой "Lockheed-California [47] была опробована обработка металлических изделий порошком из твердой углекислоты – «сухого льда», обладающего достаточной твердостью.

При этом достигалась не только очистка поверхностей металлических изделий, но и создание на поверхности алюминия требуемой шероховатости, обеспечивающей в дальнейшем прочное сцепление с наносимым слоем защитного покрытия. Основным достоинством метода является исключение загрязнения окружающей среды и необходимости эвакуа-

ции отработанного песка или дроби. Однако метод не нашел широкого применения в связи с тем, что для получения «сухого льда» необходима температура минус 18° С и давление 2 – 3 МПа.

Широкое применение в промышленности как в Украине, так и за рубежом, находят установки для жидкостно-абразивной обработки, работающие на сжатом воздухе. Они выполняются в виде шкафов, часто оснащаются вспомогательными устройствами для загрузки и выгрузки обрабатываемых деталей, транспортерами, приспособлениями для мойки и сушки.

На основании многолетней эксплуатации жидкостно-абразивных установок некоторые авторы [44, 46] пришли к выводу о целесообразности обработки мелких деталей сложной формы струйными аппаратами с ручным управлением [8]. Подобные установки выпускаются фирмами «Abrasive Developments» и «Filghments» [47]. Струйная обработка деталей, помещенных на поворотный стол, обеспечивается подвижным сопловым аппаратом, управляемым оператором вручную. Жидкостно-абразивные установки, как правило, снабжены баком для сбора и подготовки абразивной суспензии, которая транспортируется по трубопроводам к сопловому аппарату.

В работах [13, 14, 25, 40, 45] предложены оригинальные конструкции сопловых аппаратов, обеспечивающих равномерную подачу абразивной суспензии на обрабатываемые детали, однако и в этих устройствах каналы сопловых аппаратов не защищены от интенсивного износа.

В общем виде струйная обработка обладает рядом достоинств, к которым можно отнести следующие:

- низкий уровень шума (10–20 дБ);
- универсальность (возможностью обработки различных деталей сложной конфигурации, а также деталей из различных материалов без переналадки);
- легкость плавной регулировки интенсивности процесса;
- низкие эксплуатационные расходы;
- возможность совмещения удаления заусенцев с удалением окалины, окисной пленки, старых покрытий и загрязнения;
- возможность многократного использования абразива;
- возможность простого разделения деталей и абразивного материала;
- возможность обработки деталей в труднодоступных местах.

Наряду с этим все струйные установки характеризуются весьма существенным недостатком: вследствие подачи абразивной суспензии через сопла, являющиеся наиболее ответственными элементами устройств, последние подвергаются интенсивному абразивному разрушению. Так, при обработке суспензией из кварцевого песка при давлении 0,5 МПа износ сопла диаметром 4 мм из стали У10А за три часа работы составил 1 мм. По данным Е.И. Пазюка [44] стойкость сопел из стали У10А не превышает 8–10 часов. Стойкость сопел из белого чугуна, по данным В.С. Посохина [46] составила 4–6 часов. Аналогичные результаты получены зарубежными исследователями [72]. Так, при обработке порошком карбида кремния зеленого (63С) стойкость сопел, изготовленных из твердого сплава на основе карбида вольфрама, составляет 5–10 часов, из

керамики – 3–5 часов, чугуна – 2–3 часа.

Попытки применить сопла из резины, капрона, полиуритана не дали положительного результата [44].

Экспериментальная отработка конструктивных параметров, за счет профилирования продольного сечения сопел, позволила повысить их стойкость в 2–2,5 раза. Однако при малой исходной стойкости это увеличение составляет всего 10–15 часов.

Коренное изменение схемы струйной обработки позволило исключить существенный недостаток, связанный с низкой стойкостью струйных аппаратов, открыло перспективу эффективного использования струйной обработки для отделки и зачистки поверхностей малой жесткости.

Сущность предложенного метода обработки заключается в том, что в рабочую камеру, содержащую свободно помещенные обрабатываемые детали и абразивную суспензию, подают сжатый воздух в виде струй, расположенных таким образом, чтобы достигались обработка и одновременное перемешивание деталей [4], а также обеспечивалась сохранность внутренних поверхностей рабочей камеры, рис. 3.

Особенностью процесса обработки является то, что вовлечение абразив-



Рис. 3. Сопловой аппарат – дно рабочей емкости.

ных зерен из суспензии в струи сжатого воздуха и сообщение им запаса кинетической энергии, достаточной для выполнения работы микрорезания, осуществляется за пределами сопла.

Таким образом, решение задач механизации финишных операций обработки деталей малой жесткости затопленными струями позволит, во-первых, значительно уменьшить затраты на содержание оборудования за счет обеспечения сохранности сопел, во-вторых, повысить производи-

тельность обработки за счет экономии времени на замену сопел. Для решения этих задач необходимо выявить оптимальные значения и сочетания технологических и конструктивных параметров процесса и оборудования.

Список литературы: 1. Кремень З. И. Турбоабразивная обработка деталей сложного профиля. / З. И. Кремень, М. Л. Миссарский, В. З. Гузэль. - М.: НИИмаш, 1987. - 53 с. 2. Белецкий Д. Г. Основные параметры безэжекционной гидроабразивной обработки. /Д. Г. Белецкий, В. Н. Жемчугов// Вестник машиностроения, 1967, №5.- С. 53 – 56. 3. Проволоцкий А. Е. Струйно-абразивная обработка деталей машин. /А. Е. Проволоцкий - К: Техника, 1989. - 177 с. 4. Заявка 4239429, МКИ В 24 С 7/08. Способ гидроабразивоструйной обработки высокого давления и установка для его осуществления.1987. 5. Пат. 277038 ФРГ, МКИ⁴ В 24 С 3/06. Очистные пескоструйные установки. 1991. 6. Пат. 286775 ФРГ, МКИ⁴ В 24 С 3/06.

Дробеструйная очистная установка.1992. **7.** Пат. 98127 Румыния, МКИ⁴ В 24 С 3/14. Конвейерная установка для ручной пескоструйной очистки, с перемещением обрабатываемых деталей в разные положения.1992. **8.** Пат. 98408 Румыния, МКИ⁴ В 24 С 3/16 Машина для пескоструйной очистки внутренней поверхности цилиндров.1992. **9.** Пат. 4704826 США, МКИ⁴ В 24 С 3/06, НКИ 51/411. Устройство для пескоструйной очистки. 1988. **10.** Пат. 4709515 США, МКИ⁴ В 24 С 5/04, В 24 С 7/00, НКИ 51/ 436. Устройство для мокрой пескоструйной очистки. 1988. **11.** Пат. 4735021 США, МКИ⁴ В 24 С 7/00. Установка для пескоструйной очистки. 1989. **12.** Пат. 4792116 США, МКИ⁴ F 16 K 31/53, F 16 L 58/10. Регулируемый вентиль пескоструйного аппарата. 1990. **13.** Пат. 4843770 США, МКИ⁴ В 24 С 5/04. Сопло для пескоструйной очистки. 1990. **14.** Пат. 4866889 США, МКИ⁴ В 24 С 3/14. Устройство для пескоструйной очистки. 1990. **15.** Заявка 3617692 ФРГ, МКИ⁴ В 24 С 7/00. Устройство для пескоструйной очистки. (ФРГ) 1988. **16.** Заявка 3812914 ФРГ, МКИ⁴ В 24 С 7/00, В 65 G 53/66. Пескоструйная установка (ФРГ) 1990. **17.** Заявка 3827887 ФРГ, МКИ⁵ В 24 С 9/00. Платформа для проведения пескоструйной обработки (ФРГ). 1991. **18.** А. с. 1570889 СССР, МКИ⁴ В 24 С 5/04. Устройство для струйной обработки изделий. Открытия, изобретения. – 1990. **19.** А. с. 1595945 СССР, МКИ⁵ В 23 О 4/00. Агрегат для струйной обработки изделий. Открытия, изобретения. – 1991. **20.** Пат. 4922664 США, МКИ⁵ В 24 С 5/04. Гидропескоструйная установка.1991. **21.** Пат. 4936059 США, МКИ⁵ В 24 С 5/04. Способ и устройство для гидроабразивной струйной обработки. 1991. **22.** Заявка 3702675 ФРГ, МКИ⁴ В 08 В 3/02. Устройство для гидроструйной очистки, (ФРГ). 1989. **23.** Заявка 3817641 ФРГ, МКИ⁴ В 08 В 3/02. Устройство для гидроструйной очистки поверхности (ФРГ). 1990. **24.** А. с. 1351764 СССР МКИ В 24 С 3/06. Струйный аппарат для гидроабразивной обработки деталей. Открытия, изобретения. – 1988. **25.** А. с. 1364452 СССР МКИ В 24 С 3/04. Устройство для струйно-абразивной обработки. Открытия, изобретения. – 1988. **26.** А. с. 1388268 СССР МКИ В 24 С 7/00. Установка для струйно-абразивной обработки. Открытия, изобретения. – 1988. **27.** А. с. 1404309 СССР МКИ⁴ В 24 С 1/00. Способ абразивно-струйной обработки деталей. Открытия, изобретения. – 1988. **28.** А. с. 1414598 СССР МКИ⁴ В 24 С 3/16. Устройство для абразивно-струйной обработки. Открытия, изобретения. – 1989. **29.** А. с. 1450989 СССР МКИ⁴ В 24 С 1/00. Способ струйной обработки. Открытия, изобретения. – 1990. **30.** А. с. 1450990 СССР МКИ⁴ В 24 С 57/04. Струйный аппарат для гидроабразивной обработки. Открытия, изобретения. – 1989. **31.** А. с. 1502666 СССР МКИ⁴ С 25 С 7/00. Устройство для абразивно-струйной обработки деталей. Открытия, изобретения. – 1990. **32.** А. с. 1511092 СССР МКИ⁴ В 24 С 1/00. Способ оценки распределения энергии в гидроабразивной струе. Открытия, изобретения. – 1990. **33.** А. с. 1530167 СССР МКИ⁴ В 24 С 3/22. Устройство для струйно-абразивной обработки. Открытия, изобретения. – 1990. **34.** А. с. 1530426 СССР МКИ⁴ В 24 С 3/16. Установка для абразивно-струйной обработки. Открытия, изобретения. – 1990. **35.** А. с. 1569206 СССР МКИ⁴ В 24 С 1/00. Способ струйно-абразивной обработки. Открытия, изобретения. – 1990. **36.** А. с. 1569208 СССР МКИ⁴ В 24 С 1/00. Способ струйно-абразивной обработки. Открытия, изобретения. – 1990. **37.** А. с. 1634464 СССР МКИ⁵ В 24 С 5/04. Сопло для абразивной обработки деталей. Открытия, изобретения. – 1990. **38.** А. с. 1636199 СССР МКИ⁵ В 24 С 3/12. Устройство для струйной обработки деталей. Открытия, изобретения. – 1991. **39.** А. с. 1657357 СССР МКИ⁵ В 24 С 7/00. Ротационный питатель к устройству для струйной обработки деталей. Открытия, изобретения. – 1992. **40.** А. с. 1662713 СССР МКИ⁵ В 08 В 3/02. Устройство для струйной очистки деталей. Открытия, изобретения. – 1992. **41.** А. с. 1662819 СССР МКИ⁵ В 24 С 1/00. Способ защиты поверхностей в струйно-абразивном эжекционном аппарате. Открытия, изобретения. – 1992. **42.** Пат. 383980 Австрия, МКИ⁵ В 24 С 11/00. Абразивно-струйная обработка деталей из черных сплавов.1988. **43.** Заявка 2207625, МКИ⁴ В 24 С 1/04. Устройство для абразивно-струйной отделки поверхности (Великобритания). 1990. **44.** Пат. 271076 ГДР, МКИ⁴ В 24 С 5/04. Сопло для абразивно-пневматической обдувки. 1990. **45.** Пат. 272247 ГДР, МКИ⁴ В 24 С 7/00. Система управления абразивно-струйной установкой. 1990. **46.** Пазюк Е. И. Современные установки и технология гидроабразивной обработки. Л.: Лениздат, 1953. - 175 с. **47.** Май Е. Центробежные установки для

абразивно-струйной очистки. / E. Mai, H-J Müqqe // Metalloberfläche. - 1989. -43, №4. - С. 172 - 173. - Нем. **48.** Горбунов Б. И. Процессы и оборудование абразивно-алмазной обработки. Вып. 4. Межвузовский сборник научных трудов / под редакцией Б. И. Горбунова /ВЗМИ., М.: 1980. -161 с. **49.** Наумов А. Л., Новгородцев В. В. Беспыльная пескоструйная обработка. /А. Л. Наумов, В. В. Новгородцев// Автомобильная промышленность. - 1991.-№ 5. - С. 26 - 27. **50.** Обработка деталей качающимися струями жидкости //Produktion. - 1992. - № 14. - С. 29. - Нем.

УДК 621.923

РАЗРАБОТКА ВЕРОЯТНОСТНОЙ МОДЕЛИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Иванов Е.И., канд. техн. наук, доц., **Иванов И.Е.**, канд. техн. наук
(Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь)

It Is Presented probabilistic model of formation to inaccuracy depending on method of processing and way of forming the surfaces of processing.

Проблема повышения точности обработки деталей машин является одной из основных в технологии машиностроения. Ее решению посвящены многочисленные работы [1,2]. Вместе с тем, в полном объеме данная проблема не решена. В определенной степени это связано с отсутствием вероятностной модели формирования погрешности обработки резанием с учетом способа формообразования. Поэтому целью настоящей работы является разработка вероятностной модели определения погрешностей при механической обработке.

Для решения поставленной задачи воспользуемся работами [3, 4]. Обозначим положение режущего инструмента в момент времени t как $\xi(t)$. Пусть в начальный момент времени $t = 0$ формообразующая точка режущего инструмента находится в точке $x = 0$. За время t она совершает $n = \frac{t}{\Delta t}$ шагов, из ко-

торых какое-то случайное число шагов совершается в положительном направлении. Если обозначить S_n число шагов в положительном направлении, то общее смещение формообразующей точки режущего инструмента в положительном направлении составит $S_n \Delta x$, а в отрицательном направлении $(1 - S_n) \Delta x$. Отсюда можно определить общее смещение $\xi(t)$ за время $t = n \cdot \Delta t$:

$$\xi(t) = [S_n \cdot \Delta x - (n - S_n) \cdot \Delta x] = (2 \cdot S_n - n) \cdot \Delta x. \quad (1)$$

Поскольку принято $\xi(0) = 0$, то

$$\xi(s+t) = [\xi(s) - \xi(0)] + [\xi(t+s) - \xi(s)] \quad (2)$$

для любых $s, t \geq 0$. В описанной модели величины $[\xi(s) - \xi(0)]$ и $[\xi(t+s) - \xi(s)]$ являются независимыми, причем распределение вероятностей приращения $[\xi(t+s) - \xi(s)]$ точно такое же, как и приращения $[\xi(t) - \xi(0)]$. Поэтому для любых $s, t \geq 0$ для дисперсии $D\xi(t+s)$ имеет место равенство:

$$D\xi(t+s) = D[\xi(s) - \xi(0)] + D[\xi(t+s) - \xi(s)] = D\xi(s) + D\xi(t). \quad (3)$$

Очевидно, что дисперсия $D\xi(t)$, как функция от t с ростом t меняется линейно таким образом, что $D\xi(t) = \sigma^2 \cdot t$, $0 \leq t \leq \infty$, где σ^2 – некоторая постоянная, которую можно было бы назвать коэффициентом точности формообразования.

Дисперсия смещения за время t будет определяться выражением:

$$D\xi(t) = (\Delta x)^2 \cdot \frac{t}{\Delta t}. \quad (4)$$

Поэтому коэффициент точности формообразования может быть выражен через величины Δx и Δt :

$$\frac{(\Delta x)^2}{\Delta t} = \sigma^2. \quad (5)$$

В первом приближении можно принять, что положение формообразующей точки режущего инструмента в момент времени t будет представлено следующим образом:

$$\xi(t) = (2 \cdot S_n - n) \cdot \Delta x = S_n^* \cdot \sigma \cdot \sqrt{t}, \quad (6)$$

где $S_n^* = \frac{1}{\sqrt{n}}(2 \cdot S_n - n)$ – нормированная величина.

На основе применения теоремы Муавра-Лапласа окончательное выражение распределения вероятности случайной величины $\xi(t)$ может быть представлено выражением:

$$P\left\{x' \leq \frac{\xi(t)}{\sigma\sqrt{t}} \leq x''\right\} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} P\left\{x' \leq S_n^* \leq x''\right\} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{x'}^{x''} e^{-\frac{x^2}{2}} dx. \quad (7)$$

Это выражение дает распределение вероятностей не только величины $\xi(t)$, но и любого смещения формообразующей точки режущего инструмента за время t , поскольку в силу однородности рассматриваемого процесса приращение $\xi(t+s) - \xi(s)$ при любом значении $\xi(t)$ имеет то же распределение вероятностей, что и приращение $\xi(t) - \xi(0) = \xi(t)$, а именно:

$$P\left\{x' \leq \frac{\xi(t+s) - \xi(s)}{\sigma\sqrt{t}} \leq x''\right\} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{x'}^{x''} e^{-\frac{x^2}{2}} dx. \quad (8)$$

Рассмотрим особенности положения точки формообразования режущего инструмента. Предположим, что вероятность того, что эта точка находится правее исходной точки a такова же, как и вероятность оказаться левее ее и равна $\frac{1}{2}$. Таким образом, $P\{\xi(t) \geq a | \tau_a \leq t\} = \frac{1}{2}$. Тогда, принимая $\sigma^2 = 1$, получим следующее выражение для функции распределения τ_a :

$$F\tau_a(t) = P\{\tau_a \leq t\} = 2 \cdot P\{\xi(t) \geq a\} = \sqrt{\frac{2}{n}} \cdot \int_{a\sqrt{t}}^{\infty} e^{-x^2/2} dx. \quad (9)$$

Дифференцируя функцию распределения по t может быть получено выражение плотности вероятности $P\tau_a(t) = \frac{a}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot t^{-3/2} \cdot e^{-a^2/2t}$, $0 \leq t \leq \infty$,

$P\tau_a(t) = 0$ при $t < 0$. Отсюда можно определить распределение вероятностей

величины максимального смещения $\xi = \max_{0 \leq s \leq t} \xi(s)$ формообразующей точки режущего инструмента:

$$P\left\{\max_{0 \leq s \leq t} \xi(s) \geq x\right\} = P\{\tau_x \leq t\} = \sqrt{\frac{2}{\pi \cdot t}} \cdot \int_x^{\infty} e^{-u^2/2t} du, \quad (10)$$

отсюда плотность вероятности (при $0 \leq t < \infty$):

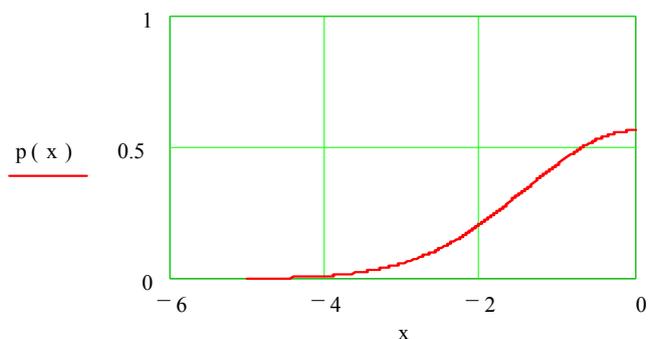
$$p_{\xi}(x) = \sqrt{\frac{2}{\pi \cdot t}} \cdot e^{-x^2/2t}. \quad (11)$$

Следующий фрагмент демонстрирует результат моделирования полученного выражения.

$$t := 2$$

$$x := 0, -0.01 \dots -5$$

$$p(x) := \sqrt{\frac{2}{\pi \cdot t}} \cdot e^{-x^2/2t}$$



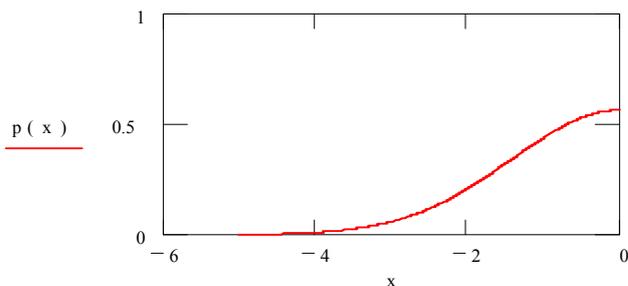
Распределение вероятностей величины минимального смещения $\xi = \min_{0 \leq s \leq t} \xi(s)$ формообразующей точки режущего инструмента (при $-\infty \leq t \leq 0$):

$$p(x) = \sqrt{\frac{2}{\pi \cdot t}} \cdot e^{-x^2/2t}. \quad (12)$$

$$t := 2$$

$$x := 0, -0.01 \dots -5$$

$$p(x) := \sqrt{\frac{2}{\pi \cdot t}} \cdot e^{-x^2/2t}$$



$$\int_{-5}^{\infty} p(x) dx = 1$$

Плотность отдельно взятой величины τ – точки максимума траектории $\xi(s)$ на отрезке времени $0 \leq s \leq t$, будет:

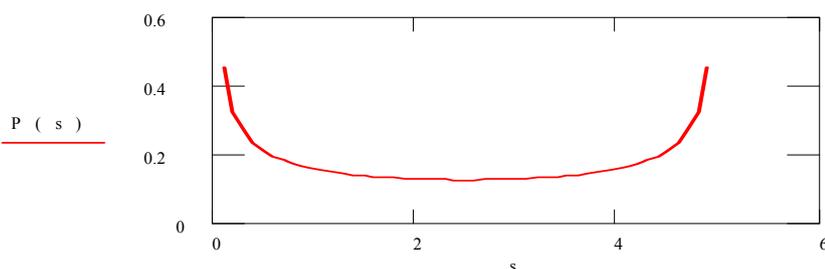
$$p_{\tau}(s) = \frac{1}{\pi \cdot \sqrt{s \cdot (t - s)}}. \quad (14)$$

Графическая иллюстрация представлена следующим образом:

$$t := 5$$

$$s := 0.1, 0.2 \dots t - 0.1$$

$$P(s) := \frac{1}{\pi \cdot \sqrt{s \cdot (t - s)}}$$



Сделанные математические выкладки служат теоретическим описанием вероятностного характера погрешности формообразования поверхности и позволяют предположить, что максимум погрешности формируется в определенных точках (областях) обрабатываемой поверхности.

Исходя из представлений о модели формирования погрешности, построенной нами на анализе временных характеристик, можно сделать вывод о существовании оптимальных по фактору формообразования параметров технологического процесса обработки поверхности детали машины.

Список литературы: 1. Маталин А.А. Технология машиностроения: Учебник. – Л.: Машиностроение, Ленинград. отд-ние, 1985. – 496 с. 2. Технологія машинобудування: Підручник / О.В. Якимов, В.М. Царюк, О.О. Якимов, Г.О. Оборський, В.П. Ларшин, О.В. Самойленко. – Одеса: Астропринт, 2001. – 608 с. 3. Иванов И.Е., Новиков Ф.В. Влияние методов формообразования на точность механообработки. – Физические и компьютерные технологии. - Труды 11-й Международной научно-технической конференции, 2-3 июня 2005г. – Харьков: ХНПК “ФЭД”, 2005. – С. 108-113. 4. Иванов И.Е. Расчет погрешности формообразования при механической обработке // – Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. – “Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні”. – 2005. – Вип. 33. – С. 143-148.

УДК 621.923

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ РЕДУКТОРОВ ШАХТНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

Ковальчук А.Н., канд. техн. наук, **Нежебовский В.В.**

(ОАО Харьковский машиностроительный завод “Свет шахтера”)

The work reveals the basic design and technological decisions concerning improving the reliability of the gearbox shaft conveyors.

К качеству изготовления горных машин, в силу особенностей их работы в тяжелых шахтных условиях, предъявляются повышенные требования, что тре-

бует изыскания новых конструкторско-технологических решений [1, 2]. Значительным опытом в решении данных задач располагает ОАО Харьковский машиностроительный завод "Свет шахтера", являющийся одним из основных производителей шахтных конвейеров. Благодаря новым техническим разработкам продукция завода достигла уровня мировых производителей шахтного оборудования. В значительной мере это обусловлено разработкой новых конструкций редукторов шахтных конвейеров, реализующих различные типы зубчатых передач: прямозубые и косозубые цилиндрические передачи эвольвентного зацепления с параметрами исходного контура по ГОСТ13755-81 (с параллельными осями колес); конические передачи с круговым зубом эвольвентного зацепления с параметрами исходного контура по ГОСТ13755-81 (с перпендикулярными осями колес); конические передачи с двояковыпуклым и двояковогнутым (ДВВ) круговым зубом эвольвентного зацепления с параметрами исходного контура по ГОСТ13755-81 (с перпендикулярными осями колес); эвольвентные прямозубые цилиндрические передачи с внутренним зацеплением с параметрами исходного контура по ГОСТ13755-81 (с параллельными осями колес).



Рис. 1. Общий вид шахтного конвейера.

Прямозубые и косозубые цилиндрические передачи применяются в одноступенчатых цилиндрических редукторах с прямозубыми и косозубыми колесами. Конические передачи с круговым зубом совместно с прямозубыми и ко-

созубыми цилиндрическими передачами – в трехступенчатых коническо-цилиндрических редукторах с косозубыми и прямозубыми колесами мощностью 55–250 кВт. Конические передачи с двояковыпуклым и двояковогнутым (ДВВ) круговым зубом – в редукторных приставках БПЗ15К. Эвольвентные прямозубые цилиндрические передачи с внутренним зацеплением применяются в планетарных двухступенчатых редукторах мощностью 250–400 кВт, управляемых многоскоростных дифференциально-планетарных блоках приводов, двухступенчатых редукторах мощностью 200–250 кВт (для приводов конвейеров) и трехступенчатых редукторах мощностью 75–90 кВт (для приводов вынесенной подачи комбайнов).

Редукторы горных машин являются основными элементами, осуществляющими привод почти всех исполнительных органов машин. Для большинства подземных горных машин редукторы являются также основными элементами по металло- и трудоемкости изготовления. Это связано с тем, что для их изготовления применяют наиболее прочные и соответственно наиболее дорогостоящие материалы и практически все операции технологического процесса (литье,ковка,штамповка,механическаяихимико-термическаяобработка,регулировказубчатыхпередачиподшипников,ит.д.);приэтомтребуетсянаиболеевысокаяквалификациарабочегоиинженерно-техническогоперсонала.Этифакторыобуславливаютвысокуюстоимостьизготовленияредукторов,доходящуюврядеслучаевдополовиныстоимости всей машины. Однако трудовые и материальные затраты на изготовление редуктора окупаются при надежной эксплуатации редукторов, в значительной степени обеспечивающей надежность машины в целом.

Большинство редукторов в приводах шахтных скребковых конвейеров имеют две-три ступени. Тот или иной тип передач редуктора определяется его компоновкой и габаритами: преобладающее большинство имеет коническо-цилиндрическую компоновку, обеспечивающую поперечное размещение приводного электродвигателя относительно оси выходного вала редуктора, а, следовательно, уменьшение габаритов всего привода. Это особенно актуально для редукторов скребковых конвейеров всех типов, особенно при расположении приводов в лаве, а не на штреке. Практика эксплуатации показывает, что конические передачи больше, чем цилиндрические чувствительны к перекосам валов и требуют тщательной регулировки зубчатого зацепления, нарушение которой приводит к разрушению зубьев конических зубчатых колес (долговечность конических зубчатых колес примерно в 1,5 раз меньше, чем цилиндрических).

В ряде шахтных скребковых конвейеров применяются планетарные передачи. Преимуществом планетарных передач, как известно, является возможность реализации большого передаточного отношения при относительно малых габаритах редуктора. Однако, требования к высокой точности изготовления зубчатых колес и относительная сложность сборки этих передач пока ограничивают возможности более широкого применения их в редукторах малых мощностей и они реализованы заводом для мощностей 200–400 кВт в приводах конвейеров и 75–90 кВт в приводах вынесенной системы подачи комбайна.

Осуществление комплексной механизации производственных процессов

на шахтах предъявляет ряд требований к очистному, проходческому и транспортному оборудованию, в первую очередь по их производительности и надежности, поскольку именно эти факторы в основном определяют уровень производительности труда и сокращение сроков окупаемости техники. Кроме того, горные машины должны удовлетворять требованиям санитарных норм по пылеобразованию, уровню шума и вибрации.

Специфические условия эксплуатации подземных горных машин характеризуются влажностью и запыленностью рудничной атмосферы, абразивностью разрушаемого массива (угля, породы), загрязненностью и химической активностью шахтных вод, опасностью обрушения горных пород на машину, а также различными горно-геологическими условиями. Для машин механизированного комплекса (очистные комбайны, скребковые конвейеры, крепи) требования по ограничению габаритов и массы необходимо сочетать с требованиями взрывобезопасности, прочности и надежности в эксплуатации.

Удовлетворение требований по малогабаритности и минимальной массе машины приводит к высокой напряженности элементов машин деталей редукторов, так как для обеспечения необходимой прочности и долговечности требуется изготовление этих деталей из высокопрочных и износостойких сталей с эффективным упрочнением (термическая и термохимическая обработка и др.)

Влажность шахтной атмосферы, а также необходимость орошения зоны разрушения массива водой, вызывает необходимость в специальной защите от коррозии деталей редукторов, в которых размещены подшипники качения, зубчатые передачи, электрооборудование и др. Запыленность шахтной атмосферы приводит к попаданию пыли и штыба в редукторы машины и вызывает абразивный износ зубьев колес и трущихся поверхностей, а следовательно, преждевременный отказ оборудования. Для исключения абразивного износа в редукторы вводится промывка картеров и замена смазки.

Удовлетворение требований взрывобезопасности влечет увеличение габаритов машин с целью создания защищенных полостей под электроаппаратуру; для предотвращения искрообразования необходима малая шероховатость поверхностей прилегающих взрывобезопасных оболочек.

За последние годы в 2–4 раза возросли мощности единичных блоков приводов шахтных скребковых конвейеров (с 55–110 кВт до 200–400 кВт), чем обусловлен значительный рост динамических нагрузок на приводы, особенно при встрече с твердыми включениями и прослойками в пласте. Учитывая, что габариты машин при этом практически мало изменились, значительно повысилась напряженность элементов редукторов машин, возникла необходимость встраивать защитные и предохранительные устройства от перегрузок.

Конструктивные особенности машины и ее редуктора определяются горно-геологическими условиями (мощностью пласта, свойствами боковых пород, углом падения, крепостью и абразивностью угля), экономического (сортность по крупным классам и золе), требования по ресурсу и ремонтпригодности, удобству управления и т.д. Условия работы горных машин нестабильны по сопротивляемости резанию, гипсометрии пласта, состоянию боковых пород; непрерывное перемещение машин по лаве или выработке также приводит к изменению напря-

женного состояния деталей, в первую очередь – корпусов редукторов.

Опыт работы горных машин, экспериментальные исследования, проводимые в условиях эксплуатации, показывают, что нагрузки в различных их элементах не являются постоянными, а изменяются с переменными частотами и амплитудами. Главным источником возмущений в горных машинах является процесс взаимодействия их исполнительных органов с разрушаемым массивом или транспортируемым материалом.

Для выемочных и проходческих комбайнов, струговых установок, буровых машин эти возмущения, представляющие собой силы сопротивления горных пород разрушению, определяются различными факторами: случайным характером изменения прочностных свойств горных пород на различных участках горного массива, присутствием и случайным характером распределения твердых включений или трещин в теле массива, неравномерностью перемещения машины, физикой процесса разрушения, которая в свою очередь, зависит от конструкции исполнительного органа. Кроме того, если исполнительные органы одновременно с разрушением производят погрузку отбитой горной массы, то силы сопротивления разрушению суммируются с силами сопротивления погрузке. Основными источниками возмущений для погрузочных машин непрерывного и циклического действия являются процесс погрузки (определяемый в первую очередь случайным характером изменения размеров и объема погружаемого материала), конструкция и кинематика исполнительного органа, режим работы.

Для скребковых и ленточных конвейеров наиболее характерными источниками возмущения принято считать нагрузки, возникающие при погрузке и транспортировке отбитой горной массы (случайный характер поступления материала и его распределения на полотне конвейера). Очевидно, что на формирование нагрузок также оказывают влияние конструкция конвейера (длина, число приводов, наличие гидромффт, размеры погрузочного желоба, число скребковых цепей, шаг скребков, их форма, число зубьев, звездочек и т.д.), параметры режима работы (скорость перемещения цепей или ленты и др.), горно-геологические условия (угол установки конвейера, влажность материала, неспокойная гипсометрия пласта, приводящая к перекоосу рештаков и ударным нагрузкам цепей о стыки). Кроме перечисленных факторов, которые типичны для горных машин того или иного назначения, общими для всех горных машин являются следующие источники возмущения:

- разного рода кинематические несовершенства, органически присущие некоторым системам (кинематика зубчатых и цепных передач, кинематическая неуравновешенность исполнительных органов);
- кинематические несовершенства, возникающие вследствие погрешностей изготовления и монтажа различных элементов (зубчатых передач, валов, подшипников, корпусов редукторов и т. д.);
- нестабильность характеристик источников энергоснабжения (напряжения электросети, давления в пневмо- или гидросети), вследствие чего ток и момент на валу электродвигателя могут изменяться в широких пределах;
- зависимость от оператора, управляющего машиной (его способности быстро и безошибочно ориентироваться в обстановке, профессиональной интуиции,

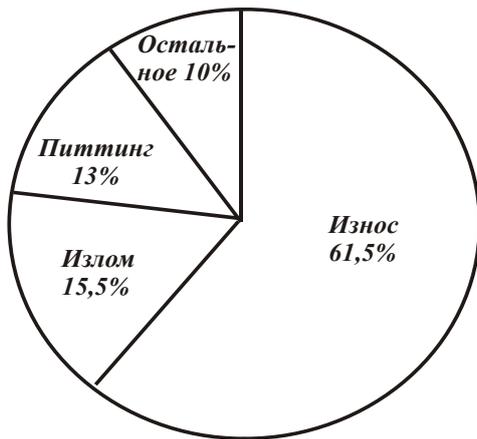


Рис. 2. Диаграмма распределения дефектов зубчатых колес.

четкости и плавности управления) и др.

Суммарное действие указанных выше факторов обуславливает основную особенность горных машин – неупорядоченный, стохастический характер нагрузок, действующих в их элементах, и в первую очередь в зубчатых передачах редукторов, которые в наибольшей степени подвержены различным повреждениям. Исследованиями, проведенными на Рутченковском и Горловском рудоремонтных заводах, определено следующее распределение отбракованных при дефектовке зубчатых колес редукторов для

скребковых конвейеров: 61,5% – износ, 13% – питтинг, 15,5% – излом, 10% – остальные виды повреждений, рис. 2. Из этого вытекает, что основным путем увеличения ресурса работы зубчатых колес редукторов является повышение их износостойкости. Очевидно, это достигается применением более прочных материалов (сталей) для изготовления зубчатых колес, использованием различных методов объемного и поверхностного упрочнения зубчатых колес, прогрессивных методов их механической обработки (в особенности на финишных операциях), исключающих образование на обрабатываемых поверхностях прижогов, микротрещин и других температурных дефектов и обеспечивающих высокие показатели точности и шероховатости обработки [3, 4]. Все это требует совершенствования операций зубонарезания и особенно операций зубошлифования, на которых окончательно формируются параметры точности и качества обработки и которые в наибольшей степени ответственны за эксплуатационные характеристики обработанных зубчатых колес. В связи с этим, на заводе проводятся научно-исследовательские и проектные работы по технологическому обеспечению качества изготовления деталей зубчатых передач приводов шахтных конвейеров, включающие:

- 1) определение технических требований к редукторам с точки зрения обеспечения нормального функционирования системы "привод – шахтный конвейер" с учетом реально действующих нагрузок (их вида) и работы в тяжелых шахтных условиях;
- 2) установление связей параметров качества обработки деталей зубчатых передач с их эксплуатационными свойствами, исследование механизма происхождения конструкционных, структурных и технологических дефектов в деталях зубчатых передач, которые приводят к ухудшению эксплуатационных показателей, и выработка требований к качеству и точности обработки рабочих поверхностей деталей;
- 3) обоснование (на основе теоретических и экспериментальных исследований) технологических закономерностей формирования параметров качества и точности обработки на операциях зубонарезания и зубошлифования, а также на операциях обработки наружных и внутренних цилиндрических поверхностей деталей;

- 4) экспериментальное определение влияния режимов резания и характеристик инструментов на показатели качества и точности обработки на операциях зубонарезания и зубошлифования;
- 5) проведение экспериментальных исследований параметров точности обработки деталей зубчатых передач с использованием координатно-измерительной машины (КИМ) и оценка возможностей различных методов зубонарезания и зубошлифования с точки зрения обеспечения заданной точности обработки по всему комплексу измеряемых параметров. Разработка эффективных схем подналадки станков на заданный размер обрабатываемой поверхности;
- 6) разработку математической модели формообразования поверхностей деталей при зубонарезании и зубошлифовании;
- 7) разработку математической модели определения параметров качества и точности обработки с учетом силового и температурного факторов, которые позволили бы прогнозировать условия повышения эффективности обработки;
- 8) разработку обобщенной математической модели определения энергоемкости обработки (важнейшего показателя технологического процесса) при резании лезвийными и абразивными инструментами и на ее основе обоснование условий уменьшения энергоемкости и соответственно повышения качества и точности обработки;
- 9) определение условий повышения производительности и снижения себестоимости обработки при обеспечении заданных требований по качеству и точности обрабатываемых поверхностей;
- 10) проведение структурно-параметрического анализа и синтеза технологических процессов механической обработки деталей зубчатых передач и научно обоснованного выбора оптимального технологического маршрута и параметров операций (кинематических схем обработки, режимов резания, характеристик инструментов и т.д.);
- 11) разработку и внедрение в производство эффективных технологических процессов изготовления деталей зубчатых передач приводов шахтных конвейеров на основе использования полученных в работе новых технологических решений.

Установлено, что применение новых решений по улучшению конкретных параметров качества и точности обрабатываемых поверхностей позволяет повысить эксплуатационные характеристики (технико-экономические показатели) изготавливаемых зубчатых передач и приводов шахтных конвейеров (ресурс работы, надежность, уровень вибраций и шума и т.д.).

Список литературы: 1. Теоретические основы технологии машиностроения: учебник / А.В. Якимов, Ф.В. Новиков, А.А. Якимов, Г.В. Новиков, Н.И. Решетнев. – Одесса: ОНПУ, 2002. – 491 с. 2. Якимов А.В. Качество изготовления зубчатых колес / А.В. Якимов. – М.: Машиностроение, 1979. – 279 с. 3. Новиков Ф.В., Ковальчук А.Н. Оптимизация структуры и параметров операций шлифования валов приводов шахтных конвейеров. – Високі технології в машинобудуванні: Збірник наукових праць НТУ"ХПІ". – Харків, 2008. – Вип. 2 (17). – С. 256-261. 4. Нежебовский В.В. Повышение эффективности технологии изготовления зубчатых передач // Труды 15-й Международной научно-технической конференции. Физические и компьютерные технологии. – Харьков: ХНПК "ФЭД", 2009. – С. 274-277.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УПРАВЛЯЕМЫХ ГИДРОДЕМПФЕРОВ В СТАНКАХ С ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ КИНЕМАТИКОЙ

Тихенко В.Н. канд. техн. наук, Яглинский В.П. канд. техн. наук
(Одесский национальный политехнический университет)

For increase of motion stability of working organs of machine-tools with a parallel kinematics it is suggested to use guided hydraulic dampers in which the viscosity of magnetically active liquids depends on the electric signal of management.

Одним из перспективных направлений развития современного станкостроения является создание обрабатывающего оборудования нетрадиционной конструкции на основе механизмов типа – трипода, гексапода, гексаглейда и др. [1]. Популярность этих машин обусловлена сочетанием малой массы перемещающихся частей с большими ускорениями и скоростями перемещений рабочего органа, снижением инерционности и металлоемкости привода. Например, для реализации движений кинематических звеньев станков с параллельной кинематикой используются разные виды приводов: пневмо- и гидроприводы (34%), линейные электроприводы (28%), приводы вращательного движения (38%) [2].

В работе [3] определен интервал изменения собственных частот (70-240 Гц) и логарифмический декремент затухания колебаний исследуемого механизма параллельной кинематики. Выявленные собственные частоты колебаний позволяют решить вопрос об эксплуатационных возможностях механизма в конкретных условиях (поскольку эти условия изменяются в зависимости от положения подвижной платформы), а также оценить возможность работы механизма при той или иной нагрузке с учетом резонансных явлений.

Отличием станков с механизмами с параллельной кинематикой от традиционных конструкций является то, что в нем отсутствуют направляющие, трение в которых способствует рассеиванию энергии при колебаниях. Кроме того, диссипативные свойства приводов подачи недостаточны для устойчивого процесса обработки.

Для повышения устойчивости можно использовать дополнительное демпфирование при помощи магнитореологической жидкости, вязкость которой изменяют импульсами тока, подаваемыми в катушку управления в соответствии с алгоритмом работы системы демпфирования или в соответствии с сигналами обратной связи [4]. Предложено использовать управляемые гидродемпферы в следящих гидроприводах с дополнительными обратными связями по нагрузке или скорости исполнительных гидроцилиндров [5]. В этом случае гидроцилиндры являются исполнительными органами, например, гексапода. Способность некоторых магнитных жидкостей значительно изменять свою вязкость вплоть до полного «застывания» позволяет использовать гидродемпферы как фиксирующие устройства. Возможно использование гидродемпферов для электроприводов станков с параллельной кинематикой с исполнительными органами в виде винт-гайка качения, которые не обладают свойством самоторможения.

Список литературы: 1. Крижанівський В.А., Кузнецов Ю.М., Валявський І.А., Склярів Р.А. Технологічне обладнання з паралельною кінематикою: Навч. посібник для ВНЗ / Під

ред. Ю. М. Кузнецова – Кіровоград, 2004. – 449 с. 2. Кузнецов Ю.М., Крижанівський В.А., Скляр Р.А. Сучасний стан, прогнозування і перспективи розвитку верстатів з паралельною кінематикою // Процеси механічної обробки в машинобудуванні. – Житомир: ЖДТУ. – 2005. Вип.1. – С. 320-333. 3. Гаврилов В.А. Исследование динамических характеристик механизмов параллельной структуры с помощью вибродиагностического прибора // СТИН. – 2006. – №10. – С. 12–14. 4. Пристрій активного додаткового демпфірування лінійних гідравлічних слідкуючих приводів машин: Патент № 7713. Україна. МКІ G09B9/00,9/04 /В.М. Тіхенко, О.В. Бучацький; Заявлено 30.08.04; Опубл. 15/07/2005, Бюл. № 7. – 2 с. іл. 5. Тихенко В.Н. Использование демпферов с магнитной жидкостью для повышения устойчивости следящих гидроприводов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харьков, 2006, №3/1(21). – С. 31-35.

УДК 621.923

УСТРОЙСТВО ДЛЯ УДАРНО – ПРИЖИМНОГО ПРЕРЫВИСТОГО ШЛИФОВАНИЯ

Дудин А.Т., преподаватель
(ПТУ - 46, г. Евпатория)

The paper gives a new technical solution to improve the efficiency of the grinding process on the basis of the device to shock - clamping intermittent grinding.

Для очистки от коррозии при абразивной обработке рельефной поверхности, как правило, применяются проволочные и войлочные круги [1, 2]. Проволочный круг, очищая поверхность от коррозии, оставляет на ней царапины. Войлочным кругом можно обрабатывать рифлёную поверхность, но при этом имеет место относительно низкая производительность. Обработка поверхности сварочных швов, в большинстве случаев, производится жёсткими кругами, что не позволяет обрабатывать качественно шов на криволинейной поверхности.

Для устранения этих недостатков и расширения технологических возможностей обработки труднодоступных мест получены новые технические решения [3, 4]. В настоящей работе предлагается новое устройство для реализации ударно – прижимного прерывистого шлифования (рис. 1): позиция 1 – барабан с продольными полукруговыми углублениями и проточками; позиция 2 – эластичная шлифовальная лента; позиция 3 – хомут для крепления ленты к барабану; позиция 4 – ступица для установки барабана на вал; позиция 5 – гайка.

Металлический барабан (1) изготавливается длиной от 20 мм до 500 мм с количеством проточек для установки шлифовальной ленты от 2 до нескольких десятков. Эластичная шлифовальная лента (2) изготавливается из резины, капрона, полиэтилена и других эластичных материалов или их комбинаций без армирования и с армированием нитями, проволокой. Одна сторона ленты (2) покрывается абразивным порошком. Сторона с абразивным порошком прижимается к барабану (1) в точке крепления ленты хомутом (3). Лента (2) крепится посередине, длина ленты (2) зависит от её толщины, диаметра барабана (1), вида обработки. Хомут (3) с помощью гаек (5) затягивается, прижимая ленту к барабану, без возможности её перемещения. С помощью ступицы (4) барабан устанавливается на приводной вал. Электродвигателем устройство приводится во вращение с возможностью реверсного переключения.

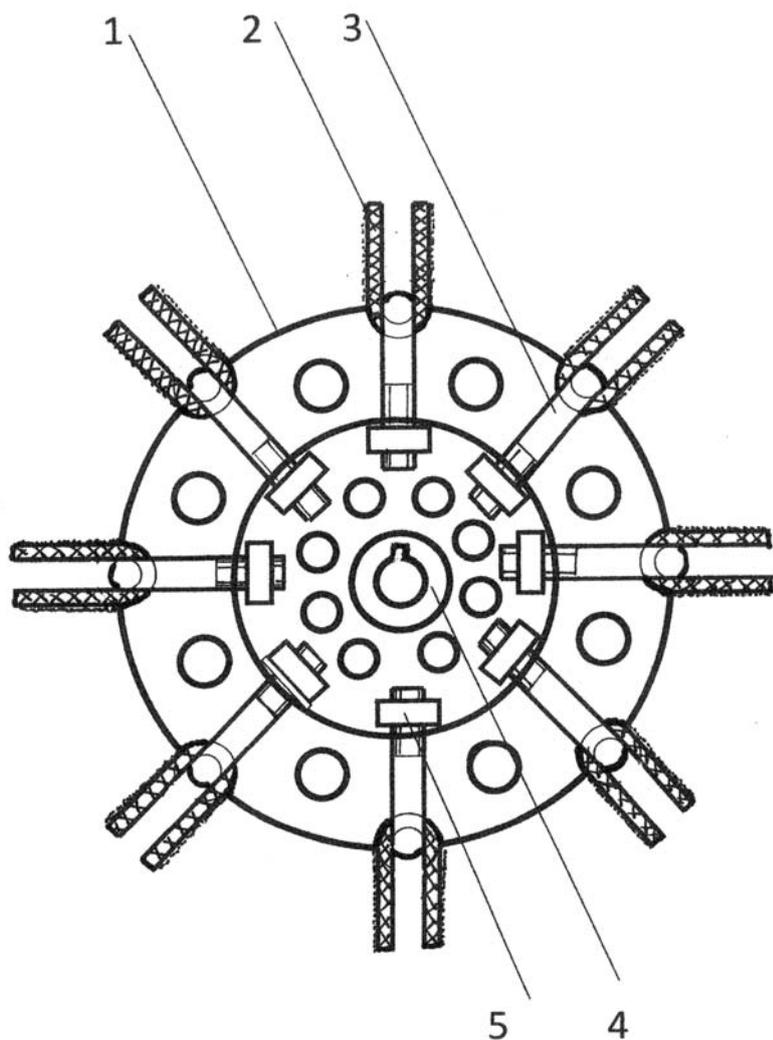


Рис. 1. Схема устройства.

ное воздействие зерен с последующей протяжкой. Начальный этап процесса напоминает пескоструйную обработку, затем он переходит в обычную шлифовальную обработку эластичным кругом.

Таким образом, показано, что предложенное устройство позволяет очистить поверхность от коррозии, произвести абразивную обработку наружных и внутренних плоских и рифлёных поверхностей, а так же сварных швов. Оно может быть изготовлено на любом машиностроительном предприятии с минимальными затратами. При этом не требуется его точной настройки во время работы, оно может вращаться в обе стороны. Всё это обеспечивает увеличение производительности труда.

Список литературы: 1. Абразивная и алмазная обработка материалов: Справочник / Под ред. проф. А.Н. Резникова. – М.: Машиностроение, 1977. – 390 с. 2. Теоретические основы резания и шлифования материалов: Учеб. пособие / Якимов А.В., Новиков Ф.В., Новиков Г.В., Серов Б.С., Якимов А.А. – Одесса: ОГПУ, 1999. – 450 с. 3. Дудин А.Т., Новиков Ф.В. Двигатели и технологии: Учеб. пособие / Под общей редакцией Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. – Одесса: ОНПУ, 2004. – 280 с. 4. Дудин А.Т. Теоретическое обоснование условий повышения эффективности абразивно-шлифовальной обработки // Труды 11-й Межд. научн.-техн. конф. “Физические и компьютерные технологии”, 2-3 июня 2005г. – Харьков: ХНПК “ФЭД”. – С. 147-154.

Устройство выполнено по одному из самых простых вариантов, что позволяет изготовить его практически на любом предприятии. Оно может применяться для очистки от коррозии больших поверхностей, абразивной обработки плоской и рельефной поверхности, очистки и шлифования сварных швов. Его можно использовать как для очистки наружных поверхностей, так и внутренних поверхностей в трубах и цилиндрах разных диаметров. Зазор между барабаном и обрабатываемой деталью (величина прижима) зависит от вида обработки, скорости вращения барабана (1), толщины абразивной ленты (2).

В данном методе обработки сочетаются удар-

ПРАКТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПОЛИРОВАНИЯ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Горшков Ю.Б., канд. техн. наук, зам. директора
(О.О.О. ШЛИФ, г. Харьков)

The author of a popular form outlines the state of technology polishing metals and alloys in the period of rapid growth of private enterprises, non-polishing materials recognized in the world, harmful, new technologies and materials.

На заводах и в институтах бывшего Советского Союза было сделано большое количество рецептов полировальных паст, суспензий, конструкций полировальников и приспособлений для полирования. ГОСТ на пасты отсутствовал и заводы промышленных городов самостоятельно, в духе спортивного соревнования, готовили пасты для своих нужд и выходили на рынок с экзотическими, порой, предложениями. Однако, большинство успешных рецептов объединял общепризнанный полирующий материал – обожженная окись хрома, на основе которой в Государственном Оптическом Институте была сделана знаменитая паста ГОИ. Это хорошо видно в нашей технической литературе прошлых лет [1–4].

ХТЗ, ХЗТД, ЯЗТА, НЗТА, ЧЗТА, ФЭД, КОММУНАР, ГОИ, ВНИИАШ, УКВНИИСМИ и многие другие заводы и институты создавали простые и сложные рецепты, соревнуясь в толковании физики процессов полирования. На основе этих представлений предлагались все новые и новые интенсификаторы, разбавители, отдушки и связующие. На наш взгляд, наиболее полно и системно полирующие материалы и технологии отображены в публикациях В.В. Масловского.

Теперь немного об инерции нашего мышления. Более 20 лет назад в мире стало известно о канцерогенных свойствах прокаленной окиси хрома. Обнаруженный в составе хромовых паст 6-ти валентный хром при длительной работе с этими пастами может вызвать (и вызывает) заболевания кожи, а продолжительное изготовление таких паст может вызвать заболевания внутренних органов. Не прекращающееся производство и продажа хромовых паст заставляют открыто говорить об этой проблеме. Если на Западе давно и открыто сказали об этом, то на заводах СССР занимали позицию страуса, как бы не замечая проблемы. В 90-е годы, на «переходе», о таких «мелочах» и вообще думать забыли.

Восемь лет назад, почувствовав на рынке нехватку полировальных паст, потерю технологий и навыков, мы решили восстановить лучшие рецепты, добавить что-то свое, но с твердой установкой на экологически чистые продукты. Для приготовления паст используются микропорошки 14А, 25А, 63С, 54С, В4С, глинозема. Освоены и испытаны пасты для полировки закаленных и сырых сталей и сплавов, нержавеющей и жаропрочных сталей, алюминия и его сплавов, латуни. Особенно популярной стала паста на основе смеси микропорошков 14А и 64С, универсальная по назначению и доступная по цене.

За период независимости растет число частных предприятий, организуемых энергичными, умными людьми, но, порой, далекими от технологий машиностроения. Мы с удовольствием консультируем таких людей, делаем индиви-

дуальные изменения составов паст, рассказываем о перспективных технологиях. По желанию заказчика, состав полировальных паст может корректироваться, технология изготовления может передаваться на договорной основе, под перспективный бизнес-план может быть предложена одна из современных технологий полирования различных деталей.

Неудачи в освоении традиционных методов полирования (полировальная паста на войлочном, бязевом или фетровом круге) в большинстве случаев связаны с одними и теми же ошибками в подборе необходимой пасты под конкретный обрабатываемый материал и упорное желание полировать на скорости 60-80 м/с, устанавливая полировальники на скоростные угловые шлифмашины. Полирование - «холодный» процесс и не терпит высоких скоростей. Чем выше требования по светоотражению и минимальной шероховатости, тем «холоднее» должен быть процесс. Обычно, уровень скорости полирования на конечных операциях не должен превышать 15-20 м/с.

Все большее количество частных фирм, имеющих производства сантехнической и технической арматуры, запчастей, топливной аппаратуры, посуды и т.д. начинают осваивать подзабытые, но более современные и производительные методы электро-химического полирования и вибро-полирования в барабанах. Расширяя производство, предприниматель сталкивается с множеством проблем в освоении новых для него технологий, а проконсультироваться негде и не с кем. На «переходе» практически исчезли НИИ, остановились большие заводы – хранители технологий, специалисты или на рынках или на пенсиях. В этих условиях для предпринимателя важны любые практические советы по его конкретной теме и, главное, алгоритм построения процесса полирования. Есть в этом деле и парадоксальные ситуации: предприниматель, не обремененный ни опытом, ни знаниями, порой настойчиво требует, чтобы техпроцесс на круге или вибробарабане обеспечивал зеркальную поверхность за один переход, сразу после токарной обработки.

Процессы полирования деталей в вибробарабанах, на мой взгляд, лучше всего описаны в трудах ВНИИАШ, [4], причем описаны простым и доступным языком. Так, основной принцип полирования в вибробарабанах – создание «кипящего слоя» должен обеспечиваться правильным подбором веса и объема обрабатываемых деталей к массе рабочих полирующих тел и активирующей жидкости, а также правильным подбором частоты и амплитуды вибрации загруженного барабана. Регулировкой частоты вращения приводного вала можно добиваться подъема деталей в кипящем слое с самыми легкими полирующими телами. Как правило, этот диапазон находится в пределах 2000-2500 об/мин, когда на первых операциях полирования с крупными галтовочными телами этот диапазон составляет 1250-1500 об/мин. Это подтверждается в сегодняшней практике, а также опытом предыдущих технологов [1,2]. Закупая оборудование, особенно импортное, нужно обязательно грамотно составить ТУ с перспективой на будущее и не экономить на закупке технологии. Для примера рассмотрим линию из трех барабанов, емкостью по 500 литров каждый, предназначенную для полировки латунных заготовок сантехнической арматуры. Такая линия должна отвечать требованиям по диапазонам частоты вибропроцессов на каж-

дом из 3-х барабанов. Освоение таких вибробарабанов турецкого производства в недалеком прошлом показало, что на первой операции, где галтовочные тела – конуса 25x25 мм с активирующей жидкостью и детали после токарной обработки или предварительного полирования «всплывают» при частоте вращения 1250 – 1350 об/мин. Во втором барабане, где полирование ведется в слое фарфоровых шариков диам. 5-6 мм, этот диапазон составил 1400 – 1500 об/мин., а при окончательном тонком полировании деталей в среде кусочков фетра и кожи «кипящий слой» организуется лишь в диапазоне 2000 – 2500 об/мин. То есть, приводы на 3-х барабанах линии нужно иметь разные или унифицированные на широком диапазоне 1300 – 2500 об/мин. Современные вибробарабаны конструктивно позволяют не только создавать «кипящий слой», но и перемещают детали с полирующими телами по кругу, что ускоряет процесс полирования.

Полирование шлифовальными лентами известно давно и отлично описано в технической литературе [1–4]. Новое в этой области – полирование лентами из «скотч-брайт» - объемного нетканого шлифполотна. Разработанная на Западе технология упрочнения лент из «скотч-брайт», предотвращающая растяжение лент, обеспечивает полирование деталей практически из любого материала, с высокой производительностью и качеством. Высокопористая структура таких лент позволяет «вентилировать» рабочую поверхность, шламы удаляются быстро, не оставляя малейших следов. На конечных операциях «глянцовки» применяют ленты без абразивов, пропитанные активатором глянца.

Такие ленты производят фирмы «3М», Pferd, TAF, Gefest, Klinspor, SWATYCOMET и др. Однако, цены на ленты из «скотч-брайт» и другие полировальники от этих фирм очень высокие. В этой нише лучше ориентироваться на белорусские и российские изделия. Здесь же уместно упомянуть о гамме скоростных полировальников, которые проектируются и выпускаются под угловые шлифовальные машины на скорость 60-80 м/с. Это круги лепестковые из «скотч-брайт» и комбинированные. Особенно широко применяются торцевые лепестковые круги. Объемное полотно лепестков хорошо пропускает шламы, хорошо вентилируется, поэтому, даже на скорости полирования 80м/с поверхность обрабатываемой детали не нагревается, качество полирования стабильно высокое. Такими кругами обрабатывают, например, крупногабаритные детали, емкости, котлы оборудования для пищевой и мясомолочной промышленности.

Стремясь к краткости, мы остановились лишь на 3-х характерных технологических вариантов полирования: самом старом, традиционном, современном высокопроизводительном и на новом, только начинающем работать на предприятиях Украины.

В заключение хотелось бы обратиться к техническим директорам, главным технологам, предпринимателям, работающим в машиностроении: Господа! Не смешивайте политику и технологию! Технология – это святое, это законы в машиностроении, нарушение которых сурово каралось в прежние времена. Лозунги «Инструмент только от отечественного производителя!» или «Инструмент самый дешевый!» никогда ни к чему хорошему не проводили. Что положено по технологии, то и нужно делать, требовать и добиваться, чтобы не сжималось «технологическое сердце» от принятия абсурдных административных решений.

Список литературы: 1. Справочная книга по отделочным операциям в машиностроении / Под общей редакцией доцента И.Г.Космачева. – Л.: Лениздат, 1966. – 543 с. 2. Киселев С.П. Полирование металлов. «Библиотечка шлифовщика». – Л.: Машиностроение, 1967. – 118 с. 3. Масловский В.В. Справочник по доводочным работам. – Харьков: Прапор, 1985. – 120 с. 4. Абразивные материалы и инструменты. Каталог. Минстанкопром, ВНИИАШ, Москва, 1986. – 358 с.

УДК 621.923

О ПРОБЛЕМЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ КОНЕЧНЫМИ ОПЕРАЦИЯМИ В ГПС

Горшков Ю.Б., канд. техн. наук, зам. директора
(О.О.О. ШЛИФ, г. Харьков)

In this paper we formulated a conceptual solution automatic control end-sky operations in FMS.

Бурное развитие гибких производственных систем в конце 70-х – начале 80-х лет прошлого столетия поставило для технологов и кибернетиков очень острую проблему. Посудите сами: во всех развитых странах активно внедряются и работают гибкие автоматические системы по производству деталей типа тел вращения, корпусных деталей, уже разработаны, опубликованы и показаны гибкие комплексные системы, включающие обработку корпусных деталей, тел вращения и сборку. А операции шлифования, доводки по-прежнему остаются «ручными», т.е. качество продукции, в которую уже заложено 95% трудоёмкости, постоянно зависит от станочников, их субъективных навыков и настроения.

В 1980 году Международная Академия Производственной Технологии (CIPR) организовала 5 рабочих групп из молодых учёных, каждой из которых руководил маститый ученый с мировым именем. Так, американскую группу возглавлял проф. Мерчант, японскую – проф. Сато, немецкую – проф. Кёниг, славянскую – президент CIPR проф. Я. Пекленик. Каждые 2-3 месяца рабочие группы встречались, обсуждая результаты работы, определяли оптимальные варианты разработки темы, обменивались методиками экспериментов и построения моделей.

Славянская группа работала в Любляне, Словении, в лаборатории ЛАКОС (Лаборатория кибернетики и технологических обрабатывающих систем). В составе этой группы работал и автор этих строк. Осознавая по сегодняшнему состоянию нашего машиностроения, что данной темой наши промышленники, министерства и ведомства заинтересуются лет через 50-60, хотелось бы для молодых и перспективных технологов и учёных оставить хотя бы популярное изложение данной идеи автоматического управления шлифованием в ГПС.

Сама по себе схема управления (рис.1) ничем не отличается от схем управления другими, «медленно» текущими процессами.

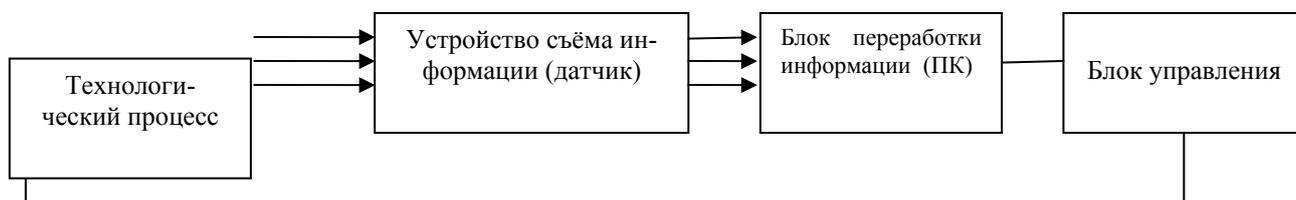


Рис. 1. Структурная схема управления.

Проблема состоит в том, что процесс шлифования является быстротекущим процессом с минимальной скоростью резания 30 м/сек, т.е. 108 км/час (чаще 50-60 м/с, т.е. 180-216 км/час). Это в 60-100 раз быстрее процесса резания лезвийным инструментом.

Например: шлифовальный круг 750x28x305 при шлифовании коленчатого вала со скоростью резания 50 м/с совершает в секунду 20 оборотов, один оборот (2,3 м поверхность круга) совершается в течение 0,05 секунды.

Теоретически, в идеальном случае, информацию нужно снимать каждые 0,02 секунды, обрабатывать не дольше 0,001 секунды и в это же время вырабатывать и подавать управляющий сигнал, на что также должно отводиться не более, чем 0,002 секунды, да бы спасти деталь от прижога или ухода из размера или потери заданной шероховатости. На практике, для получения надёжных результатов, необходимо, прибегая к методам математической статистики, обрабатывать информацию после 5-10 оборотов круга, что предъявляет еще более жёсткие требования к быстродействию и оперативной памяти управляющего компьютера.

Таким образом, с позиций технологии и кибернетики проблему можно было сформулировать так: разработка математической модели процесса шлифования и быстродействующего (отвечающего скоростям процесса) устройства съёма и переработки информации.

В ряде работ проф. Я. Пекленика и других учёных-технологов изложен подход к процессу шлифования как к сложному стохастическому процессу и представлены общие теоретические модели процесса на основе корреляционного и спектрального анализа системы, входом которой определяется рабочая поверхность инструмента, а выходом – обработанная поверхность детали.

В развитие общих теоретических моделей процесса шлифования, сформулированных проф. Я. Пеклеником, мы предложили детерминировать их в технологических терминах чертежа и использовать ступенчатое моделирование по возрастающей сложности, считая первой, построенную в данных чертежа модель выходного параметра системы – шероховатости поверхности детали (или точности обработки, или того или другого).

Создавая первую модель – модель задаваемой чертежом поверхности – мы отвечаем на вопрос: «Какой должна быть рабочая поверхность шлифкруга, чтобы получить такую поверхность?». Вторая модель, исходной информацией для которой будут являться данные чертежа, технические характеристики круга и станка, должна помочь ответить на вопрос: «Каков оптимальный режим заточки рабочей поверхности шлифовального круга?». И наконец, третья модель – модель течения процесса шлифования – использует всю информацию, содержащуюся в двух предыдущих и в чертеже.

Предлагаемая схема автоматизированного (автоматического) выбора технических характеристик круга, режимов заточки и режимов процесса шлифования приводится на рис. 2.

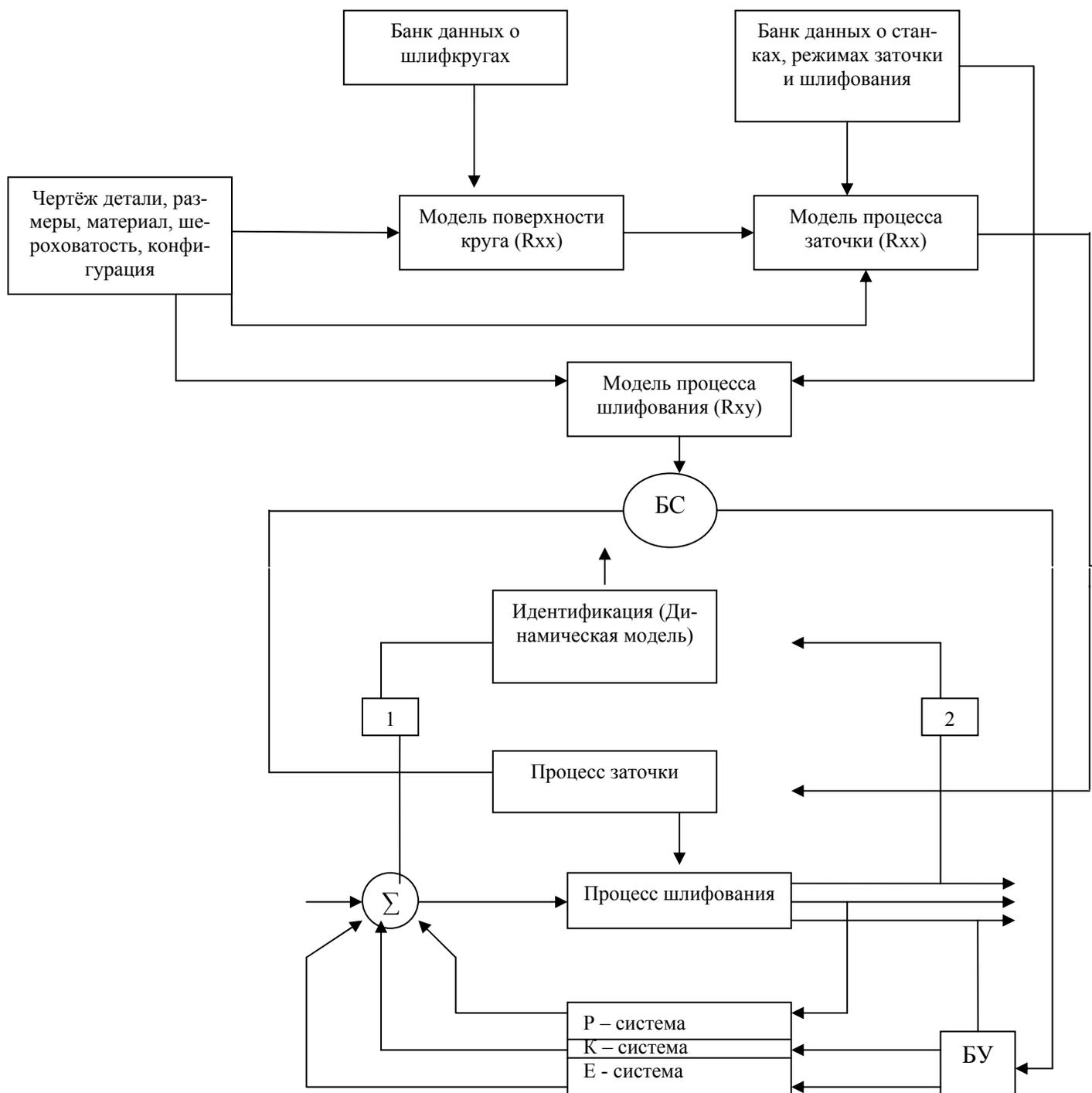


Рис. 2. Схема поэтапного моделирования технологической подготовки процесса шлифования и его адаптивного управления:

где: 1 – датчик входа; R_{xx} – автокорреляционные модели;
 2 – датчик выхода; R_{xy} – кросскорреляционная модель;
 БС – блок сравнения; P-, K-, E- подсистемы станка
 БУ – блок управления; (жёсткость-точность; кинематика; энергетика)

Ранее выполненные работы академика Янеза Пекленика по виброакустической эмиссии в процессах резания были выбраны в качестве базовой идеи создания супер быстродействующего устройства съёма и передачи ин-

формации. Так, в статье «Исследования корреляционной теории шлифования» (J. Peklenik. «Raziskave v korelacijski teoriji brušenja». «Strojniški vestnik», X1, Ljubljana, 1965, s. 111-119 и др.) Янез Пекленик убедительно показал, что режущие профили на шлифовальном инструменте имеют стохастический (случайный) характер и их можно описать функциями арифметических средних и корреляционными функциями со спектрами распределения целиком и полностью.

С управляющими компьютерами и в то время проблем не было, а вот над выбором «каркаса» математической модели мы, технологи, долгое время спорили. Наконец, все сошлись на мнении, что такой моделью может стать полином (для начала 3-х членный), который может усложняться последовательно, вводом новых членов (контролируемых характеристик процесса), тем самым постоянно повышать адекватность модели реальному процессу.

Полиномиальная модель процесса в этом случае будет выглядеть:

$$ABC = AD + BR + CT \dots,$$

где A – коэффициент при характеристике размера; B – коэффициент при характеристике шероховатости; C – коэффициент при характеристике температуры.

Выбранная модель хороша тем, что имеет возможность неограниченного расширения, приближая описание процесса к 100%. Ограничения пока служат только инженерные решения по датчикам и идентификации сигналов. Уже сейчас можно добавить в модель такой член, как сила резания, а в будущем научиться быстрому контролю геометрической точности деталей, определения и компенсации погрешностей кинематических цепей.

Вернемся к технологическому процессу шлифования. Какие основные параметры мы должны контролировать и эффективно корректировать процесс так, чтобы деталь на конечной операции не попала в брак? Для большинства деталей типа тел вращения и плоских это заданная шероховатость, размер и отсутствие прижогов поверхности, то есть, нарушений структуры поверхностного слоя. Для этого нам нужно в интервале времени 0,10–0,05 секунды одновременно снимать и перерабатывать информацию о размере, шероховатости и температуры обрабатываемой поверхности в зоне резания. Мы пришли к выводу, что такую информацию можно получать из процесса шлифования с помощью кварцевых датчиков, затем, используя методы идентификации сигналов вибро-акустической эмиссии академика Пекленика, выделять в потоке информации «шумы», которые определяют изменение шероховатости, размера, температуры, сравнивать полученные характеристики с параметрами модели и выработать управляющий сигнал.

В данной статье все ссылки на литературу, математические выводы, формулы и экспериментальные данные опущены с целью более доступного популярного изложения проблемы.

Несомненно, за 25 лет работы по этой теме сделано очень много. Однако, смею заверить аспирантов, молодых ученых-технологов, что потребуется не один десяток хороших работ, чтобы моделирование сделать по-настоящему простым и адекватным, с возможностью оптимизации каждого отдельного варианта технологического процесса шлифования.

УДК669.018

**МЕТАЛОРЕЖУЩЕМУ ИНСТРУМЕНТУ ИЗ ТВЕРДОГО СПЛАВА
Т5К10 – НОВОЕ КАЧЕСТВО**

Сердюк Ю.Д., ген. директор (ОАО «АзовЭлектроСталь» г. Мариуполь),

Терехов П.А., зам. гл. технолога, **Семижон О.О.**, гл. специалист
(ОАО «ГСКТИ» г. Мариуполь),

Прокопив Н.М., канд. техн. наук

(Институт сверхтвердых материалов НАН Украины, г. Киев)

Results over of researches of thermocompression treatment (ТКО) are in-process brought at optimal parameters serial removable and напайных of cutting plastins from the alloy of T5K10, providing increase in 1.3 - 1,6 times of indexes of quality of draft treatment of катаных and cast purveyances of details of platform of railway carriages.

В современных условиях для инструментальной отрасли характерны высокие темпы (до одного года) создания новых твердых сплавов с более высокими показателями (стойкости и надежности) качества работы. Основные пути решения этой проблемы – поиск новых составов сплава, получение высокоплотной, равномерной мелкозернистой структуры.

Более чем 195 крупных мировых фирм производят сплавы (Ti, Ta, Nb, W)C(N)-WC-Co, в основе создания которых использовались традиционные методы сложного легирования как карбидной, так и металлической фаз среднезернистых сплавов (Ti, W)C-WC-Co (марка ТК, ГОСТ 3882-74). Объем выпуска зарубежными фирмами такого инструмента составляет около 80%, от всего твердосплавного металлорежущего инструмента.

Инструменты из аналогичных сплавов, серийно изготавливаемых как в России, так и в Украине под маркой ТТК, уступают инструменту передовых зарубежных фирм по показателям качества работы [1]. Кроме того, дефицитность и большая цена ряда легирующих элементов, необходимость технологического и технического переоснащения процесса их изготовления с использованием сложного оборудования сдерживают реализацию полного перехода российских фирм на производство только такого инструмента. Поэтому они большую часть (до 70%) рыночного инструмента производят без износостойких покрытий, в том числе из сплавов группы ТК (Т5К10, Т14К8, Т15К6). Следует отметить, что по цене, условиям поставки и доступности на украинском рынке они значительно превосходят инструмент из сплавов группы ТТК.

На сегодня известно ограниченное количество работ, посвященных повышению их эксплуатационных характеристик. Так повышение прочности при изгибе на 250–300 МПа, пластичности в 1,5–2 раза сплава Т5К10 по сравнению с аналогичными характеристиками стандартного сплава достигается при использовании высокотемпературных мелкозернистых твердого раствора (Ti, W)C и карбида вольфрама, определенном их соотношении в структуре сплава [2, 3]. В тоже время, интенсивно развиваются альтернативные методы поверхностного упрочнения – электроискровое легирование, лазерным импульсным и другими излучениями, изотермическая закалка в расплаве солей, циклическая термическая закалка токами высокой частоты. Несмотря на положительное воздействие

существующих методов повышения работоспособности твердосплавного инструмента группы ТК, практической реализации в промышленной технологии их производства не имеют. Подтверждением последнего есть то, что большинство машиностроительных заводов Украины основным объемом механической обработки уже более 35 лет производят инструментом из сплавов группы ТК (ГОСТ 3882-74). Особенно это относится к инструменту из серийного сплава Т5К10, который в больших объемах используется для черновой мехобработки катаных, кованных и литых заготовок из углеродистых и специальных сталей и чугунов.

Учитывая большие объемы потребления его в Украине, повышение показателей качества его работы является актуальной задачей.

Доказано, что основной причиной низких показателей качества инструмента из сплавов ТК является наличие в их структуре отдельных крупных пор размером $>50\text{мкм}$ и высокой остаточной микропористостью (на уровне $D\ 0,1-0,3$). Это обусловлено условиями метано-водородного или вакуумного спекания, которые используются в промышленной технологии изготовления инструмента из них.

Ведущие мировые фирмы проблему уменьшения пористости до уровня $A1\ 0,1$ в структуре твердых сплавов и соответствующего повышения качества инструмента решают за счет использования давления газа до 10 МПа на стадии их спекания. Поэтому в ИСМ НАН Украины, кроме технологии компрессионного спекания под давлением газа до 5 МПа, разработана также технология термокомпрессионной обработки под таким же давлением серийных режущих пластин из твердых сплавов, спеченных в традиционных условиях [4].

Целью данной работы явилось исследование влияния ТКО на структуру, физико-механические свойства сплава Т5К10 в серийных пластинах, показатели качества работы и механизмы износа их в производственных условиях работы.

Работа проводилась в рамках Программы научно-технического сотрудничества между ИСМ НАН Украины и ОАО «ГСКТИ» г. Мариуполь.

Объект исследования – режущие пластины из сплава Т5К10 производства «Победит» без покрытия: – сменные формы SNUM 250724 (по ISO) для чернового точения катаных заготовок вагонных осей из углеродистой стали (20ГЛ, НРА 220-250). Для сравнения пластины SNMM 250724-GH NC 330 (сплав ТТК) фирмы «Карлой» (Ю. Корея); – форма 20070 (ГОСТ 25408-82) для чернового фрезерования рамы боковой. Режимы резания: скорость резания – 90 м/мин, подача – 125 мм/мин, глубина резания – до 5 мм; – форма 10571 (правая) или 10581 (левая) (ГОСТ 25396-82) для фрезерования наружных поверхностей упора переднего с надпятником. Режимы резания: скорость резания – $V=60$ м/мин; подача – $S=190$ мм/мин; глубина резания – t до 12 мм. На всех операциях обработка без охлаждения. Поверхности волнистые, наличие раковин, твердых неорганических включений, корки.

Методика исследований. Промышленные испытания по методике НИИМАШ. Показатели качества – среднюю стойкость пластины определяли при испытаниях по 100 шт. пластин на предприятиях ОАО «Азовмаш». Виды износа и разрушений режущей части пластин исследовали с помощью оптического микроскопа. Потерю их работоспособности определяли визуально по изменению чистоты обрабатываемой поверхности, или по величине критического

($h_3 = 0,8-1,2$ мкм) износа по задней поверхности. Напайные пластины после критического износа перетачивали алмазными кругами. Термокомпрессионную обработку под давлением аргона пластин осуществляли в созданной в ИСМ НАН Украины компрессионной установке.

В результате выполненных исследований определены оптимальные параметры ТКО (давления аргона $p=3,0$ МПа, температура $T=1480^\circ\text{C}$, время выдержки $\tau = 15-20$ мин, охлаждение в вакууме $p = 30-100$ Па), обеспечивающих максимальное уменьшение пористости структуры исходного сплава (табл. 1), повышение механической прочности в 1,2 раза и показателей качества работы режущих пластин (табл. 2).

Номера пластин 1, 2, 3 для исходных пластин соответственно SNUM 250724, 20070 и 10571(10581). Индекс ТКО возле цифр указывает на термокомпрессионную обработку соответствующих пластин. №4 – сплав NC 330 в пластине SNMM 250724–GH «Корлой» (Ю. Корея).

Таблица 1

Характеристики структуры сплава

№ пластин	Степень пористости		Содержание включений графита в об. %	Ширина прослойки S_o , мкм
	Содержание пор до 50 мкм в об. %	Количество пор более 50 мкм		
		От 50 до 100 мкм		
1, 2, 3,	Д 0,2–0,3	1 – 3	0,1	0,5–1,5 (2)
(1, 2, 3) _{ТКО}	А 0,2	нет	0,1	0,5–1,5 (2–3)
4.	А1 0,1	нет	нет	0,5

Из табл. 1 видно, что в исследуемых режимах ТКО наблюдается уменьшение пористости структуры исходного сплава T5K10 до уровня А 0,2, что больше, чем в сплаве (№ 4) корейского образца. Анализ структур исходного и после ТКО образцов показал, что они в одинаковой мере неравномерны по распределению как карбидных, так и кобальтовой фаз. Кроме того, имеются скопления фаз, размер которых значительно превышает их средние размеры.

Таблица 2

Характеристики качества работы режущих пластин

П/П	Среднее количество обработанных деталей, шт.	Количество обработанных деталей до отказа, T_p , шт	Коэффициент вариации, K_{var}	Коэффициент стойкости при резании, K_{cm}
1	11	5, 31	0,42	1
1 _{ТКО}	15,2	9,35	0,3	1,4
4.	40	29,23	0,21	4,4
2	18	9,69	0,36	1
2 _{ТКО}	29	17,47	0,31	1,61
3	22	12,69	0,39	1
3 _{ТКО}	28	16,51	0,32	1,27

Анализ рабочих поверхностей режущей части пластин во время эксплуатации позволил установить механизмы их износа, которые расположены по степени проявления: №1, 1_{ТКО} – адгезионный, абразивный, микро- и макроско-

лы, режущей кромки, разрушения пластины; № 2, 3, (2, 3)_{ТКО} – микро- и макросколы, абразивный, адгезионный износ режущей кромки, разрушение пластины; № 4 – абразивный, адгезионный, микросколы, разрушение пластины.

Таким образом, высокая пористость структуры и неравномерность распределения фаз сплава Т5К10 является причиной низких показателей качества работы режущих пластин независимо от их формы и вида черновой обработки. Микро- и макросколы их режущей части пластин, возникающие в процессе работы, обуславливают низкую стабильность их работы (внезапные отказы). Термокомпрессионная обработка серийных пластин в указанных интервалах ее параметров, повышает среднюю стойкость и стойкость до отказа, надежность работы в 1,3–1,6 раза за счет уменьшения пористости структуры сплава до уровня А1 0,1, увеличения прочности при изгибе на 12% и уменьшения скорости проявления механизмов износа и разрушений рабочей части пластин.

Для дальнейшего повышения показателей качества работы инструмента из серийного сплава Т5К10 на операциях чернового точения заготовок деталей платформы железнодорожного вагона необходимо: – полностью ликвидировать механизмы микро- и макроразрушений его режущей части во время работы, как это имеет место при работе южнокорейской пластины, за счет уменьшения пористости его структуры до уровня А1 0,1, повышения равномерности распределения фаз и уменьшения их размера [5].

Список литературы: 1. Верещака А.С., Третьяков И.П. Режущие инструменты с износостойкими покрытиями. – М.: Машиностроение, 1986. – 192 с. 2. Михайлов В.С., Эйдук О.И., Клячко Л.И., Фальковский В.А. Эксплуатационные и механические свойства титановых твердых сплавов с 8% кобальта при разных карбидных составляющих сплава. – Цветные металлы. 2000, № 11–12. – С 103-106. 3. Фальковский В.А., Клячко Л.И., Михайлов В.С. Исследование малотитановых сплавов для резания сталей для подгрупп применения Р20 – Р30 ISO/ 4. Бондаренко В.П., Прокопив Н.М., Харченко О.В. Термокомпрессионная обработка твердых сплавов // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2004. – Вып.7. – С. 252-256. 5. Башков В.М., Кацев П.Г. Испытания режущего инструмента на стойкость. – М.: Машиностроение, 1985. – 136 с.

УДК 621.923

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ СХЕМЫ ШЛИФОВАНИЯ КОНТАКТНЫХ (НАПЛАВЛЕННЫХ) ПОВЕРХНОСТЕЙ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Андилахай В.А., аспирант

(Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь)

The questions of justification of technological opportunities to reduce complexity of processing operations of grinding contact (surfaced) surfaces of large items of metallurgical purpose.

Процесс шлифования наплавленных материалов на контактных поверхностях крупногабаритных изделий металлургического назначения (больших и малых конусов диаметром до 5000 мм, чаш и воронок засыпных аппаратов доменных печей) характеризуется высокой трудоемкостью обработки вследствие необходимости обеспечения высоких требований по точности и качеству обра-

батываемых поверхностей [1]. При шлифовании поверхности шириной 300 мм и съеме припуска величиной 3 мм продолжительность обработки достигает 8 часов и более. При этом продолжительность обработки существенно увеличивается с увеличением неравномерности снимаемого припуска и необходимостью обеспечения заданной точности формы обрабатываемой поверхности. Основной причиной низкой производительности труда является плохая обрабатываемость наплавленного материала твердостью HRC 58–59 [2, 3]. В связи с этим, актуальными являются вопросы обоснования и выбора оптимальной схемы шлифования, позволяющие повысить производительность обработки при обеспечении заданных требований по точности и качеству обрабатываемых поверхностей.

Известно, что основным условием снижения силовой и тепловой напряженности процесса шлифования является уменьшение энергоемкости обработки, что достигается повышением режущей способности круга за счет применения эффективных методов его правки или обеспечения работы круга в режиме самозатачивания. В последнем случае имеет место интенсивный размерный износ круга, что существенно усложняет решение проблемы точности обработки при шлифовании таких крупногабаритных изделий как конус и чаша. В связи с этим, очевидно, эффективно применение упругой схемы шлифования (с фиксированным радиальным усилием) или жесткой схемы шлифования, но с непрерывной подналадкой технологической системы, компенсирующей размерный износ круга.

При круглом наружном продольном шлифовании по жесткой схеме удельная производительность обработки (приходящаяся на единицу высоты круга) определяется

$$Q_{y\partial} = S_{\partial} \cdot V_{\partial em} \cdot t, \quad (1)$$

где $S_{\partial} = B / B_1$ – долевая продольная подача (изменяется в пределах 0...1); B – высота круга, м; B_1 – продольная подача, м/об; $V_{\partial em}$ – скорость детали, м/с; t – глубина шлифования, м.

Увеличить $Q_{y\partial}$ можно увеличением каждого из входящих в зависимость параметров. Однако при этом необходимо учитывать технические ограничения обработки, связанные с увеличением сил и температуры резания и соответственно снижением качества и точности обработки, а также с увеличением износа круга и т.д. Поэтому между входящими в зависимость (1) параметрами должны существовать определенные соотношения, которые соответствуют различным кинематическим схемам шлифования, встречающимся на практике. Так, при $S_{\partial} \approx 1$ реализуется схема врезного круглого наружного шлифования всей шириной круга, что позволяет поддерживать прямолинейную направляющую круга и повышает точность и шероховатость обработки. Данную схему шлифования эффективно использовать при окончательном шлифовании.

Реализуя относительно небольшие значения глубины шлифования t и увеличенные значения скорости детали $V_{\partial em}$ (независимо от S_{∂}), приходим к схеме круглого наружного продольного многопроходного шлифования, тради-

лей она устанавливается в больших пределах: 0,01 – 0,1 мм. Соответственно удельная производительность обработки небольшая – $Q_{уд} = 263 \text{ мм}^3/(\text{мм} \cdot \text{мин})$. Например, при глубинном шлифовании стали (по данным проф. Ящерицина П.И.), она превышает $2000 \text{ мм}^3/(\text{мм} \cdot \text{мин})$. Это указывает на то, что наплавленные материалы принадлежат к классу труднообрабатываемых материалов. Об этом свидетельствует также тот факт, что при шлифовании абразивным кругом (характеристики которого приведены в табл. 1) удельный износ круга изменяется в пределах $1 \dots 5 \text{ мм}^3 \text{ абразива} / \text{мм}^3 \text{ металла}$. При шлифовании других материалов (по экспериментальным данным проф. Филимонова Л.Н., табл. 2) этот параметр меньше и лишь при шлифовании твердых сплавов превышает его.

Таблица 1

Характеристики абразивного круга

Тип	Размеры круга (диаметр × высота × посадочное отверстие)	Шлифовальный материал	Зернистость, по FEPA	Твердость	Связка	Рабочая скорость, м/с
1(пп)	500×63×20 3	14А электрокорунд нормальный	22 (размер зерна - 0,8 мм)	Ст2 и Ст3	ВФ, бакелитовая усиленная стекловолоконном	50

Экспериментально установлено, что при обработке одного конуса диаметром 5000 мм расходуется до 12 абразивных кругов, размерный износ круга за его один продольный ход составляет до 1 мм и более. Это значительно превышает глубину шлифования и свидетельствует о необходимости ее регулирования в процессе обработки.

Важным резервом снижения трудоемкости обработки на операции шлифования рассматриваемых изделий может быть применение схемы шлифования уступами. В этом случае отсутствует продольная подача и соответственно исключаются потери времени, связанные с реверсированием хода круга, что, естественно, повышает производительность обработки. Как отмечалось выше, данная схема шлифования особенно эффективна при окончательной обработке, когда необходимо обеспечить прямолинейность направляющей круга. Проведенные экспериментальные исследования подтвердили теоретические предположения. Действительно, при шлифовании уступами появляется возможность повышения производительности обработки и снижения износа круга по сравнению с продольным шлифованием. Причем, данная схема с одинаковой эффективностью может быть применена как при предварительном, так и при окончательном шлифовании. В конце обработки требуется произвести определенное количество выхаживающих продольных ходов круга с целью выравнивания обрабатываемой поверхности и обеспечения требуемых показателей точности и шероховатости обработки.

Таблица 2

Ориентировочные значения удельного износа кругов при шлифовании
различных материалов

Обрабатываемый материал	Ориентировочная характеристика круга			Удельный износ, мм ³ абразива / мм ³ металла
	Абразивный материал	Зернистость и твердость	Связка	
Углеродистые конструкционные и инструментальные стали (40, 45, У10А и др.)	15А; 24А	16; 25; 40 (СМ1-СТ1)	Керамическая	0,015-0,04
Низколегированные конструкционные стали (40Х, ШХ15, 12ХН3А и др.)	24А; 33А; 37А	16; 25; 40 (СМ1-СТ1)	Керамическая	0,015-0,05
Высоколегированные конструкционные стали мартенситного класса (4Х13 и др.)	24А; 33А; 37А; 44А	16; 25; 40 (М3-С1)	Керамическая	0,05-0,10
Высоколегированные стали аустенитного класса (Х18Н10Т, ЭИ17 и др.)	24А; 33А; 37А; 44А	16; 25; 40 (М3-С1)	Керамическая	0,05-0,20
Быстрорежущая сталь Р18	24А; 44А	16; 25 (М3-С1)	Керамическая	0,1-0,5
Высокованадиевые быстрорежущие стали (Р9Ф5, Р10К5Ф5 и др.)	24А; 44А	16; 25 (М3-С1)	Керамическая	1,0-3,0
Жаропрочные сплавы (ЭИ437, ЖС6 и др.)	24А; 44А	16; 25 (М3-СМ2)	Керамическая	0,1-0,5
Чугун серый	63С	16; 25; 40 (СМ1-С1)	Керамическая	0,3-0,6
Жаропрочные сплавы (обдирочное шлифование)	15А	80-120 (СТ1-Т2)	Бакелитовая	0,1-1,0
Литые магниты типа ЮНДК24	24А; 44А	25; 40 (СМ1)	Керамическая	0,05-0,3
Титановые сплавы	63С	25 (СМ2-М2)	Керамическая	0,8-1,5
Твердые сплавы (черновое шлифование, $Q=1500 \div 1800$ мм ³ /мин)	63С	16; 25 (М2-СМ1)	Керамическая	10-15 (при работе круга в режиме интенсивного самозатачивания, не требующего правки – 30)

В условиях интенсивного размерного износа абразивного круга повысить эффективность шлифования можно за счет применения алмазных кругов на прочных металлических связках, обеспечивающих существенное уменьшение

износа круга. В связи с этим были предприняты попытки замены абразивных кругов алмазными, работающими в режиме непрерывной или периодической электроэрозионной правки [1]. При этом была использована схема круглого наружного продольного глубинного шлифования с относительно небольшой скоростью детали (до 5 м/мин) и долевой продольной подачей S_d , близкой к единице. Если при шлифовании твердых сплавов данная схема оказалась достаточно эффективной с точки зрения повышения производительности обработки при экономически обоснованном расходе алмаза [4], то при шлифовании высокопрочных наплавленных материалов положительного результата достичь не удалось. При шлифовании алмазный круг на металлической связке 1А1 400х40 АС15 250/200М М1-10 4 засаливался, и процесс протекал нестабильно. В итоге алмазное шлифование конусов и чаш не получило развития, их обработка по-прежнему производится абразивными кругами, работающими в режиме интенсивного износа и самозатачивания. Этим достигается высокая режущая способность и уменьшение силовой и тепловой напряженности процесса, что обеспечивает требуемые показатели точности, шероховатости и качества поверхностного слоя. Однако, проблема повышения производительности обработки и снижения трудоемкости операции шлифования в полной мере не решена, что требует дальнейшего поиска новых технологических решений.

Список литературы: 1. Рыбицкий В.А. Опыт внедрения алмазного шлифования деталей с защитными покрытиями. – К.: Общество “Знание” УССР, 1987. – 23 с. 2. Новиков Г.В. Повышение эффективности алмазно-искрового шлифования деталей с высокопрочными покрытиями: Дис...канд. техн. наук: 05.02.08. – Харьков, 1989. – 210 с. 3. Рыжов Э.В., Клименко С.А., Гуцаленко О.Г. Технологическое обеспечение качества деталей с покрытиями. – К.: Наук. думка, 1994. – 180 с. 4. Новиков Ф.В. Физические и кинематические основы высокопроизводительного алмазного шлифования: Автореф. дис....докт. техн. наук: 05.03.01 / Одес. гос. политехн. ун-т. – Одесса, 1995. – 36 с.

УДК 621.923

МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ОБРАБОТКИ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Рябенков И.А., канд. техн. наук

(ГП Харьковский машиностроительный завод ”ФЭД”)

The theoretical analysis of the formation conditions of errors to processing through the development of mathematical models of grinding.

Шлифование в большинстве случаев обработки деталей машин является завершающим процессом формирования параметров точности и качества обрабатываемых поверхностей. В работах [1, 2] раскрыты технологические возможности шлифования в данном направлении. Однако, они основаны, как правило, на результатах экспериментальных исследований, справедливых для частных условий обработки. Поэтому важно провести теоретический анализ условий повышения точности обработки при шлифовании. В связи с этим, целью работы является исследование условий образования погрешностей обработки на основе разработки глубоких математических моделей.

В работах проф. Новикова Ф.В. [3, 4] предложен теоретический подход к

расчету величины упругого перемещения y в технологической системе:

$$y = \frac{P_y}{c} = \frac{P_z}{K_{рез} \cdot c} = \frac{\sigma \cdot S_{срез}}{K_{рез} \cdot c}, \quad (1)$$

где P_y , P_z – радиальная и тангенциальная составляющие силы резания, Н; $K_{рез} = P_z / P_y$ – коэффициент резания; c – приведенная жесткость технологической системы в радиальном направлении, Н/м; $\sigma = P_z / S_{срез}$ – условное напряжение резания, Н/м²; $S_{срез}$ – площадь поперечного сечения среза, м².

Проведем теоретический анализ зависимости (1) применительно к процессу внутреннего шлифования. Величина $S_{срез}$ равна суммарной мгновенной площади поперечного сечения среза всеми одновременно работающими зернами шлифовального круга. С физической точки зрения это означает, что если представить снятый за фиксированное время τ объем материала v в виде ленты площадью поперечного сечения $S_{срез}$ и длиной $V_{кр} \cdot \tau$, то справедливо соотношение: $v = S_{срез} \cdot V_{кр} \cdot \tau$, где $V_{кр}$ – скорость круга, м/с. Объем снятого материала v определяется из зависимости: $v = Q \cdot \tau$, где Q – производительность обработки, м³/с. Откуда $S_{срез} = Q / V_{кр}$.

При продольном шлифовании $Q = S \cdot t \cdot V_{дет}$, где S – продольная подача, м/об; t – глубина шлифования, м; $V_{дет}$ – скорость вращения детали, м/с. Тогда $S_{срез}$ и величина упругого перемещения y в технологической системе, определяемая зависимостью (1), аналитически опишутся:

$$S_{срез} = S \cdot t \cdot \frac{V_{дет}}{V_{кр}}, \quad y = \frac{\sigma}{K_{рез} \cdot c} \cdot S \cdot t \cdot \frac{V_{дет}}{V_{кр}}. \quad (2)$$

Необходимо отметить, что зависимости (2) справедливы при установившемся во времени процессе шлифования, т.е. при создании в технологической системе натяга, равного величине y , определяемого зависимостью (2). В этом случае номинальная глубина шлифования t равна фактической глубине шлифования. В противном случае фактическая глубина шлифования будет меньше номинальной глубины шлифования t на величину упругого перемещения y . Исходя из этого, на первом продольном ходе круга зависимость (2) примет вид:

$$y = \frac{\sigma}{K_{рез} \cdot c} \cdot S \cdot (t - y) \cdot \frac{V_{дет}}{V_{кр}}, \quad \text{откуда} \quad (3)$$

$$y = \frac{t}{\left(1 + \frac{K_{рез} \cdot c}{\sigma \cdot S} \cdot \frac{V_{кр}}{V_{дет}}\right)}. \quad (4)$$

Как следует из зависимости (4), величина y меньше номинальной глубины шлифования t . При небольшом значении второго слагаемого знаменателя справедливо условие $y \rightarrow t$. В этом случае съем материала фактически будет отсутствовать в связи с образованием в технологической системе значительных

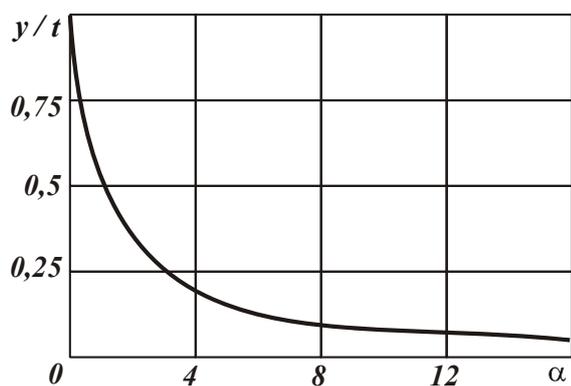


Рис. 1. Зависимость отношения y/t от безразмерной величины α .

упругих перемещений. Будет иметь место копирование погрешностей формы обрабатываемой поверхности детали, т.е. исправление погрешностей формы не произойдет. Данный случай возможен при шлифовании затупленным кругом, характеризующимся весьма большим значением $\sigma/K_{рез}$ или относительно низкой жесткостью c технологической системы. Очевидно, для того чтобы уменьшить величину y необходимо увеличить знаменатель зависимости

(4), обеспечивая выполнение условия $\frac{K_{рез} \cdot c}{\sigma \cdot S} \cdot \frac{V_{кр}}{V_{дет}} > 1$. Тогда зависимость

(4) примет вид зависимости (2) и стабилизация во времени величины упругого перемещения y в технологической системе будет наступать фактически при первом продольном ходе круга. Это приведет к повышению производительности и точности размера обработки.

Обозначая второе слагаемое знаменателя зависимости (4) через безразмерную величину $\alpha = \frac{K_{рез} \cdot c}{\sigma \cdot S} \cdot \frac{V_{кр}}{V_{дет}}$, представим данную зависимость в виде:

$$\frac{y}{t} = \frac{1}{(1 + \alpha)}. \quad (5)$$

На рис. 1 показан характер изменения значений отношения y/t , рассчитанных по зависимости (5), от безразмерной величины α . Представим безразмерную величину α с учетом известного соотношения [4]: $\sigma = 2\sigma_{сж} / K_{рез}$ в виде:

$$\alpha = \frac{K_{рез}^2 \cdot c}{2 \cdot \sigma_{сж} \cdot S} \cdot \frac{V_{кр}}{V_{дет}}, \quad (6)$$

где $\sigma_{сж}$ – предел прочности на сжатие обрабатываемого материала, кГс/мм².

Для количественной оценки безразмерной величины α примем, что $\sigma_{сж} = 200$ кГс/мм² (для сталей); $S = 5$ мм/об; $V_{кр} / V_{дет} = 60$. В табл. 1 приведены рассчитанные по зависимости (6) значения α для различных значений коэффициента резания $K_{рез}$ и жесткости c технологической системы.

Как следует из табл. 1, безразмерная величина α с изменением коэффициента резания $K_{рез}$ и жесткости c технологической системы изменяется в широких пределах: 0,03...22,05. Фактически охватывается весь диапазон изменения безразмерной величины α , показанный на рис. 1. Из этого вытекает, что на практике могут быть реализованы значения y/t , показанные на рис. 1. Однако, достижение весьма малых значений $y/t \leq 0,06$ требует существенного увеличения параметров $K_{рез}$ и c .

Расчетные значения α

$\frac{K_{рез}}{c}$, кгс/мм	0,1	0,3	0,5	0,7
100	0,03	0,27	0,75	1,47
400	0,12	1,08	3,0	5,88
700	0,21	1,89	5,25	10,29
1000	0,3	2,7	7,5	14,7
1500	0,45	4,05	11,25	22,05

Рассмотрим закономерности изменения величины упругого перемещения y с течением времени обработки, т.е. на всех проходах круга. Для этого представим зависимость (4) для определения величины упругого перемещения на первом проходе круга y_1 в виде

$$y_1 = \frac{t}{\varepsilon}, \quad (7)$$

где $\varepsilon = 1 + \frac{K_{рез} \cdot c}{\sigma \cdot S} \cdot \frac{V_{кр}}{V_{дем}}$.

Тогда на втором проходе круга величины упругого перемещения y_2 с учетом зависимости (7) выразится

$$y_2 = \frac{t + y_1}{\varepsilon} = \frac{t}{\varepsilon} \cdot \left(1 + \frac{1}{\varepsilon}\right) = y_1 \cdot \left(1 + \frac{1}{\varepsilon}\right). \quad (8)$$

Как видно, величина y_2 больше величины y_1 . Аналогичным образом определяются величины упругого перемещения на третьем и четвертом проходах круга y_3 и y_4 :

$$y_3 = \frac{t + y_2}{\varepsilon} = \frac{t}{\varepsilon} \cdot \left(1 + \frac{1}{\varepsilon} + \frac{1}{\varepsilon^2}\right) = y_1 \cdot \left(1 + \frac{1}{\varepsilon} + \frac{1}{\varepsilon^2}\right), \quad (9)$$

$$y_4 = \frac{t + y_3}{\varepsilon} = \frac{t}{\varepsilon} \cdot \left(1 + \frac{1}{\varepsilon} + \frac{1}{\varepsilon^2} + \frac{1}{\varepsilon^3}\right) = y_1 \cdot \left(1 + \frac{1}{\varepsilon} + \frac{1}{\varepsilon^2} + \frac{1}{\varepsilon^3}\right). \quad (10)$$

Из зависимостей (9) и (10) вытекает, что с каждым последующем проходом круга величина упругого перемещения увеличивается. Очевидно, на n -ном проходе круга величина упругого перемещения y_n примет вид:

$$y_n = \frac{t + y_{n-1}}{\varepsilon} = \frac{t}{\varepsilon} \cdot \left(1 + \frac{1}{\varepsilon} + \frac{1}{\varepsilon^2} + \dots + \frac{1}{\varepsilon^{n-1}}\right) = y_1 \cdot \left(1 + \frac{1}{\varepsilon} + \frac{1}{\varepsilon^2} + \dots + \frac{1}{\varepsilon^{n-1}}\right). \quad (11)$$

В итоге пришли к геометрической прогрессии со знаменателем $1/\varepsilon$. Как видно, знаменатель меньше единицы, т.к. $\varepsilon > 1$. Это означает, что геометрическая прогрессия является убывающей. Сумма первых n членов убывающей геометрической прогрессии вычисляется по известной формуле

$$y_n = \frac{a_1 - a_n \cdot q}{1 - q}, \quad (12)$$

где $a_1 = y_1$ – первый член убывающей геометрической прогрессии; $a_n = y_1 / \varepsilon^{n-1}$ – последний член убывающей геометрической прогрессии; $q = 1 / \varepsilon$ – знаменатель убывающей геометрической прогрессии.

После преобразований данной формулы, получим

$$y_n = y_1 \cdot \frac{\left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n-1}} \cdot \frac{1}{\varepsilon}\right)}{\left(1 - \frac{1}{\varepsilon}\right)} = y_1 \cdot \frac{\left(1 - \frac{1}{\varepsilon^n}\right)}{\left(1 - \frac{1}{\varepsilon}\right)}. \quad (13)$$

На рис. 2 приведены значения отношения y_n / y_1 , рассчитанные по зависимости (17) для разных значений безразмерной величины ε . Из рисунка следует, что отношение y_n / y_1 с увеличением количества проходов круга n увеличивается, причем тем значительно, чем больше безразмерная величина ε . При $\varepsilon > 2$ изменение отношения y_n / y_1 не столь значительно. При $n \rightarrow \infty$ числитель зависимости (13) равен y_1 и величина y_n принимает наибольшее значение и описывается следующей зависимостью:

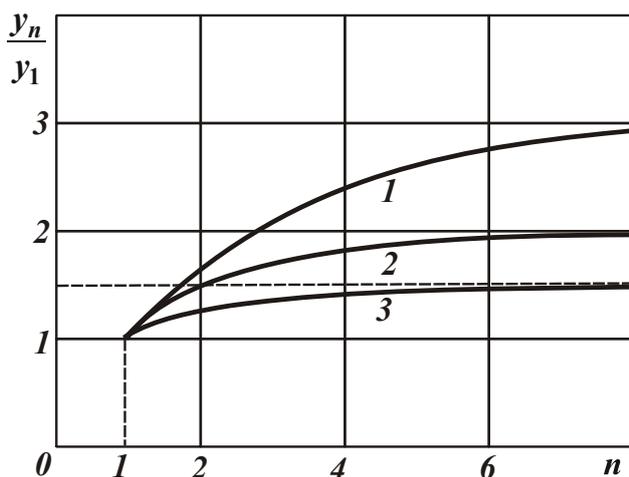


Рис. 2. Зависимость отношения y_n / y_1 от количества проходов круга n : 1 – $\varepsilon = 1,5$; 2 – $\varepsilon = 2$; 3 – $\varepsilon = 3$.

$$y_n = \frac{y_1}{\left(1 - \frac{1}{\varepsilon}\right)} = \frac{t}{(\varepsilon - 1)}. \quad (14)$$

Подставим в зависимость (14) вместо безразмерной величины ε ее выражение $\varepsilon = 1 + \frac{K_{рез} \cdot c}{\sigma \cdot S} \cdot \frac{V_{кр}}{V_{дет}}$:

$$y_n = \frac{\sigma \cdot S}{K_{рез} \cdot c} \cdot t \cdot \frac{V_{дет}}{V_{кр}}. \quad (15)$$

В результате пришли к зависимости (4), полученной для установившегося процесса шлифования. Этим показано, как можно перейти от зависимости (4) для определения величины упругого перемещения на первом проходе круга y_1 к зависимости (2) для определения величины упругого перемещения при установившемся процессе шлифования. Таким образом, в работе раскрыт механизм формирования погрешностей обработки при шлифовании и обоснованы условия их уменьшения.

Список литературы: 1. Лурье Г.Б. Шлифование металлов. – М.: Машиностроение, 1969. – 197 с. 2. Маслов Е.Н. Теория шлифования металлов. – М.: Машиностроение, 1974. – 319 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. Теоретические основы резания и шлифования материалов: учеб. пособие / Якимов А.В., Новиков Ф.В., Новиков Г.В., Серов Б.С., Якимов А.А. – Одесса: ОГПУ, 1999. – 450 с.

2. ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ, ИНСТРУМЕНТЫ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

УДК 621.914.1

СТРАТЕГИИ ОБРАБОТКИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ

Никоноров А.С., канд. техн. наук, инженер – консультант компании (ООО "СЕКО ТУЛЗ Украина ЛТД", г. Днепропетровск)

Main efforts of producers of quality tools are aimed to improve productivity in metalcutting. The successes achieved in recent years in metalcutting associated with the growth cutting speed and the efficiency of the cutting tool. The article describes the various strategies used in milling.

Повышение экономической эффективности и конкурентоспособности машиностроительных предприятий неразрывно связано с увеличением производительности труда, которое является определяющим в любом производстве. В области металлообработки основные усилия производителей качественного инструмента направлены на совершенствование (и создание новых) все более эффективных, с точки зрения производительности, технологий. Достигнутые успехи последних лет в области резания связаны с ростом скоростей работы станка и эффективности режущего инструмента.

Известно, что фрезерование один из важных процессов при механической обработке металлов. Обычно, время, затраченное на фрезерование, занимает до 35% от общего времени обработки деталей, а иногда достигает и 100%. Это говорит о важности этого вида обработки в технологии получения изделия.

Seco Tools AB является лидером в изготовлении инструментов для металлообработки. Производство высококачественного инструмента и его постоянное совершенствование соответственно с происходящей трансформацией технологий и методов обработки материалов за долгую историю существования компании Seco Tools AB стало основной стратегией работы. Сегодня фрезерный инструмент компании Seco Tools AB считается одним из самых высокопроизводительных, качественных и надежных в мире.

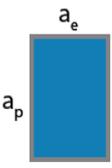
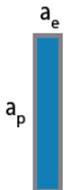
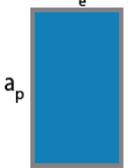
Следует отметить что, кроме правильного подбора инструмента, также очень важно грамотно его использовать. Это значит использовать правильно подобранный инструмент, с оптимальными режимами резания и, что также важно, правильным образом. С этой целью применяют различные стратегии и методы фрезерования. Соответственно для каждого метода и стратегии обработки необходимо подбирать должный инструмент и режимы резания. Перечень и характеристики используемых стратегий обработки приведены в табл. 1.

Общая обработка: Это стратегия наиболее часто используемой в машиностроении обработки. Соотношение радиальной (a_e) и осевой глубин (a_p) резания может отличаться в зависимости от операции. Характеристики применяемого инструмента – фреза имеет относительно длинную режущую часть и тонкую основу. Нет высоких требований к допускам. Требования к станку: Специальных требований нет. Область применения: Простые операции на станках с ЧПУ. Сложные современные методы обработки не применяются. Средний результат удельного съема металла ($\text{см}^3/\text{мин}$). Небольшие партии об-

рабатываемых изделий, широкий диапазон обрабатываемых материалов.

Таблица 1

Характеристики стратегий обработки при фрезеровании

Стратегии обработки	Общая обработка	Высокоскоростная обработка	Высокопроизводительная обработка	Обработка на высоких подачах	Прецизионная обработка	Микро обработка
Характеристики						
Глубина резания: Радиальная a_e Осевая a_p $a_e \times a_p$	$a_e \sim D_c$ $a_p \sim 0,4 \times D_c$ (40% D_c) 	$a_e < D_c$ $a_p \sim D_c$ 	$a_e \sim D_c$ $a_p \sim D_c$ 	$a_e \sim 0,5 \times D_c$ $a_p < D_c$ 	$a_e < D_c$ $a_p < D_c$ 	$a_e < \sim D_c$ $a_p < D_c$ 
Vf (подача)	++	++++	+++	+++++	++	+
Требуемая скорость резания (частота вращения) м/мин (об/мин)	++	+++++	+++	+++	+++	+++++
Объем удаляемого материала (см³/мин)	++	+++	+++++	++++	+	+
Сила резания (F)	++	+	++++	+++	+	+
Потребляемая мощность	++	+	++++	++	+	+

+++++, +++++, +++ — высокое значение; ++ — нормальное значение; + — низкое значение

Высокоскоростная обработка (High Speed Machining, HSM): Эта стратегия обработки характерна комбинацией малой радиальной глубины (a_e) и высоких скоростей резания. В зависимости от метода достижимы высокие показатели удельного съема металла и низкие значения шероховатости обработанной поверхности. Для этой стратегии типичны низкие силы резания, малый разогрев инструмента и детали, малое образование заусенцев и получаемая высокая размерная точность детали. С HSM достигается большой удельный съём металла, и/или малая шероховатость, используя гораздо более высокие скорости резания по сравнению с обычной обработкой. Характеристики инструмента: Жёсткий (большая толщина корпуса и короткая режущая часть), свободное пространство для удаления стружки, покрытие. Требования к станку: «Быстрая» система ЧПУ, высокая частота вращения, быстрые перемещения по осям. Характерные применения: Обработка прессформ – получистовые и чистовые операции по упрочнённым сталям (твёрдость 48-62 HRC), малое время обработки. Эта технология также применима для большинства других материалов при подборе правильного инструмента и режимов.

Высокопроизводительная обработка (High performance machining, НРМ): Стратегия обработки, при которой достигается очень высокий удельный съём металла. Типичным для данного метода является то, что радиальная глубина резания (a_e) равна диаметру фрезы (D_c), а осевая глубина резания (a_p) равна D_c или превышает его в полтора раза, в зависимости от материала заготовки. При НРМ достигается чрезвычайно высокий удельный съём металла за счет значительно большей (по сравнению с обычной) толщины снимаемой стружки.

Характеристики инструмента: Специально разработанные инструменты с формирующей канавкой для стружки, торец фрезы с радиусом или фаской при вершине 45° , специальная плавная стружечная канавка и покрытие, с хвостовиком типа Weldon или без него. Требования к станку: Высокая жёсткость, высокая мощность, ЧПУ, жёсткое крепление детали. Область применения: Массовое производство, где большое значение имеет время изготовления изделия (время производственного цикла), а при штучном производстве, если требуется высокий удельный съём металла.

Обработка на высоких подачах (High Feed Machining, HFM): Технология, при которой высокие подачи могут достигаться при полном контакте диаметра инструмента ($a_e = D_c$) в сочетании с малым a_p . При HFM вы достигаете высоких показателей съёма металла и/или малую шероховатость, используя значительно большие подачи (больше обычных). Характеристики инструмента: Специальные передние зубья, очень короткая рабочая часть и покрытие. Требования к станку: Хорошая жёсткость, ЧПУ, возможность высоких подач (v_f). Большое преимущество этой технологии в удобстве, простоте, безопасности и скорости программирования в САМ. Используя стратегию Z-обработки (обработка плоскости с последовательным врезанием при постоянной координате Z), относительно просто запрограммировать обработку сложных форм не имея большого опыта программирования. Применение: От мягких до упрочнённых сталей, титан и нержавеющая сталь – для предварительной обработки, перед применением обработки HSM. Также применяется для обработки глубоких карманов.

Микрообработка: Стратегия при которой используются инструменты с исключительно малым диаметром. Характеристики инструмента: Диаметры от $\varnothing 0,1$ мм до 2,0 мм, малая режущая часть, широкий диапазон переходных диаметров, высокая точность, покрытие. Требования к станку: Высокая точность шпинделя, высокая частота вращения, наличие ЧПУ, термостабильность. Применение: Обработка деталей с малыми пазами, выемками, карманами, отверстиями во многих типах материалов.

Перечисленные выше стратегии обработки могут комбинироваться как с базовыми (традиционными), так и с более производительными методами фрезерования получившими широкое применение относительно недавно. К традиционным относят: Фрезерование торцевыми фрезами, Обработка пазов, Боковое фрезерование (Peeling), Объемное фрезерование.

На современных станках при фрезеровании все более широкое применение находят более производительные обработки, такие, как Врезание под углом (Рампинг), Спиральное врезание под углом (Круговая интерполяция), Трохоидальная обработка, Фрезерование с осевой подачей (Plunge milling), Реверсивная обработка и Плоскостная обработка при постоянной координате Z (см. рис.1).

Таким образом, компания SECO TOOLS AB предлагает широкую гамму фрез, которые позволяют максимально эффективно применять те или иные стратегии и методы обработки, а также способны удовлетворить самые высокие запросы клиентов по качеству и производительности инструмента.

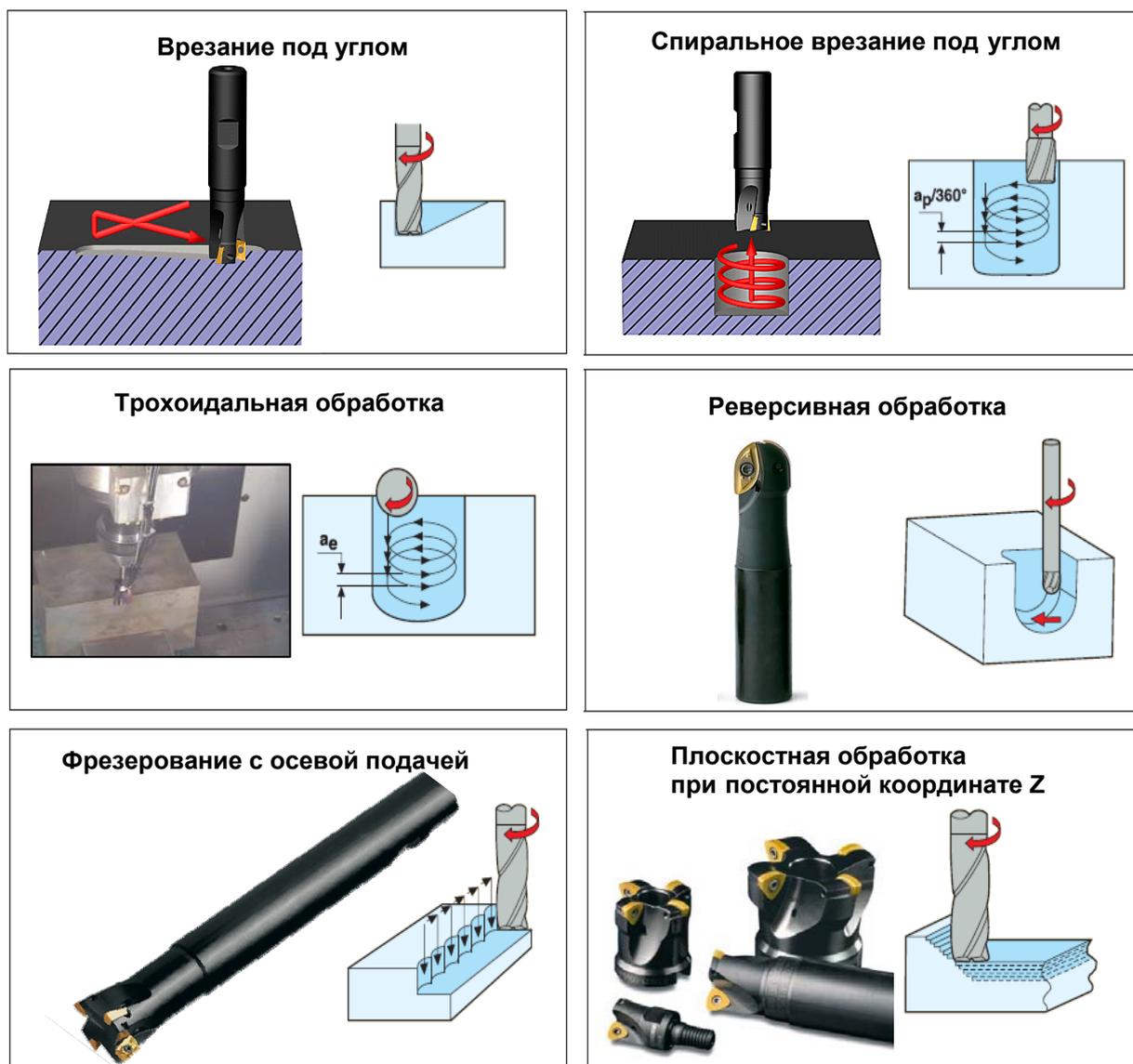


Рис. 1. Прогрессивные методы фрезерования и применяемый инструмент.

УДК 621.923

РЫНОК СОЖ – ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, БУДУЩЕЕ

Иванюк В.С., технический директор
(ООО «ЭЛЕКТРОМЕТ», г. Киев)

The perspective directions of development and application in the enterprise coolant, the proposed new rational composition of coolant.

Прошло пять лет, с тех пор как на украинском рынке смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) наша компания «Электромет» представляет продукцию фирмы Cimcool Industrial Products B.V. (Нидерланды). За этот период продукция прошла множество испытаний на многих предприятиях Украины, где теперь успешно и применяется. Из огромного перечня продукции, производимой компанией Cimcool, для украинского рынка были выбраны продукты наиболее отвечающие реалиям Украины. Мы хотим подвести итоги за эти годы работы, а также поделится накопившейся информацией об украинском рынке СОЖ и нашем понимании его дальнейшего развития.

На начало 2006 года рынок СОЖ можно было схематично представить, как две непересекающиеся области, в каждой из которых были свои игроки.

Первая и самая большая в количественном выражении это часть рынка, где использовалась СОЖ украинского производства. Основные требования потребителей, в порядке убывания, к СОЖ были следующие: не высокая цена концентрата, универсальность применения на различных операциях мех. обработки, простота приготовления, гигиенические и экологический факторы, стабильность качества СОЖ от партии к партии и т.д. Эти требования логично следовали с типа оборудования, на котором применялись данные СОЖ. В подавляющем большинстве это оборудование производства стран СНГ либо еще времен СССР.

Вторая, не сравнимая в количественном, но близкая в финансовом выражении это часть рынка, где использовалась СОЖ импортного производства. Доминирующее оборудование, где применялись эти СОЖ, составляли дорогие обрабатывающие центры производства США, Европы и Японии. Основные требования потребителей, в порядке убывания, к импортной СОЖ были следующие: качество обработки, стойкость инструмента, стабильность поставок, цена концентрата, гигиенические и экологические факторы и т.д.

Как видим, с этой краткой характеристики эти рынки выдвигали разные, порой противоположные требования к СОЖ, что и привело к их разной полярности. Основные проблемы, как это и следовало ожидать, в каждой области были следующие.

Требование «низкой цены» не позволяло украинским производителям использовать высококачественное сырье в производстве СОЖ, что в разных вариантах проявлялось на конечном продукте. Это могли быть разные показатели, но в основном это были: незначительная, до 1 месяца, биостойкость СОЖ в процессе эксплуатации, появление коррозии при не систематическом контроле концентрации, дерматологические факторы и т.д. Для импортной СОЖ дамочловым мечем, была ее цена, а также тот факт, что определенный марки СОЖ автоматически привносились на украинский рынок, без учета его специфики.

Исходя из сложившегося на тот момент образа рынка, специалисты компании «Электромет» совместно с техническими и маркетинговыми службами фирмы Cimcool разработали стратегию представления своей продукции на украинском рынке.

Основными ее моментами, были и есть, следующие:

- повышение общей культуры использования СОЖ;
- комплексный подход к вопросу применения СОЖ;
- постоянный сервис, как до, так и после внедрения СОЖ;
- использование СОЖ, которые учитывают реалии отечественного рынка;
- высокий уровень квалификации собственного персонала.

Как следствие, выполнения этой программы, мы должны, по возможности, объединить две, казалось бы, взаимоисключающие, области рынка СОЖ. Что позволило бы работать на одном, но сбалансированном, по предъявляемым требованиям рынке.

Остановимся кратко на каждом из пунктов.

Культура. Многие предприятия, имеющие такие проблемы с СОЖ, как низкая биостойкость и коррозия, не могут изменить ситуацию только по причине недостаточного внимания к этим проблемам. Мы встречали случаи, когда на одном и том же предприятии можно наблюдать совершенно разное отношение к применяемой СОЖ. Не редки случаи, когда одна и та же СОЖ, работая идентичных условиях, но в разных цехах предприятия, получает совершенно разные отзывы. Все эти факторы говорят об отсутствии на предприятиях цельной программы по применению технических жидкостей, а также единых обще-заводских критериев при выборе СОЖ. Дополнительные проблемы возникают и при большом количестве разных марок СОЖ, используемых на предприятии, что приводит к неконтролируемому их смешиванию. В таких ситуациях локальные изменения не приводят к общему улучшению.

Как один из вариантов решения, вышеперечисленных проблем, мы пытаемся выстроить единую не разрывную информационную цепь (оператора станка, начальник цеха, технолог, отдел снабжения). Практика показывает, что согласованность только на этой цепочке, позволяет избежать значительной части проблем с применяемыми СОЖ.

Комплексность. При расчете целесообразности применяемой той или иной СОЖ мы обычно принимаем во внимание все факторы:

- стоимость самого концентрата СОЖ,
- стоимость утилизации (частые замены СОЖ – увеличивают объемы утилизации),
- стоимость инструмента (более долгий срок службы резцов, пластин, шлиф. кругов),
- энергозатраты (приготовление рабочего состава не требует нагрева, смешивание проходит при комнатной температуре),
- режимы обработки (повышают производительность),
- длительный срок эксплуатации СОЖ,
- качество обработки (снижает количество брака).

Сервис. Постоянный мониторинг наших специалистов за использованием СОЖ на предприятиях, снижает вероятность возникновения локальных проблем. Наши специалисты имеют необходимое оборудование для контроля состояния работающей СОЖ, что позволяет устранить проблему в начале ее возникновения.

Реалии рынка. Как мы отмечали ранее, некоторые зарубежные производители СОЖ, предлагали на рынке Украины продукцию, успешно работающую в Европе или Америке, но не получившую у нас широкого применения. Причин этому много. Можем привести несколько примеров. Так в Европе СОЖ содержащие хлор или нитриты, пользуются все меньшим спросом из-за дороговизны их утилизации или даже запрета на их использование. В связи с этим европейские производители, уже давно, разработали высококачественные СОЖ не содержащие этих компонентов, естественно они дороже своих предшественников. Но они в несколько раз были дороже отечественных СОЖ. Потребители

Украины в те годы не готовы были платить за экологичность продукции. На данный же момент, ситуация меняется. Многие украинские производители разрабатывают более экологические составы СОЖ. Второй пример основан на концентрации применяемых СОЖ. Данному вопросу не уделялось существенного внимания по всей цепочке использования СОЖ. В основном концентрация СОЖ на отечественных предприятиях контролировалась только в момент приготовления СОЖ с концентрата. Это приводило к тому, что в работающем оборудовании концентрация изменялась в очень широких пределах от первоначальной. Мы знаем много примеров, когда в начале готовится 5% СОЖ, а фактическая концентрация в оборудовании от 0% до 20%. Поскольку импортные СОЖ, в подавляющем большинстве, работают при незначительных концентрациях, значительное завышение рабочей концентрации приводило к возникновению дерматологических проблем, что расценивалось, как плохое качество СОЖ.

Персонал. Все сотрудники нашей компании, проходят обязательное дополнительное обучение, как в начале своей деятельности, так и периодические тренинги в процессе работы. Технические специалисты Cimcool Industrial Products B.V. проводят ежегодные семинары, позволяющие нашим сотрудникам быть в курсе современных тенденций и разработок на рынке СОЖ. А также получать более подробную информацию от самих разработчиков СОЖ, что дает возможность глубоко понимать физико-химические процессы при непосредственном использовании разработанных ими продуктов. Отдел маркетинга «Электромет» изучает состояние украинского рынка СОЖ, а также рынка оборудования, где оно применяется. Это позволяет нам предлагать потенциальным заказчикам оптимальные и современные решения.

На данный момент мы предлагаем концентраты СОЖ и других технических жидкостей, позволяющие при описанном выше подходе, получить максимально сбалансированный результат между финансовыми возможностями и техническими требованиями. Все они характеризуются длительным сроком эксплуатации без полной замены – более 1-го года и эффективной защитой от коррозии в межоперационный период - до 1-го месяца. Все продукты фирмы Cimcool, представленный на рынке Украины, не содержат нитритов.

ОАК Kool 310, Cimpro 46 – полусинтетическая, водорастворимая СОЖ, работающая в диапазоне концентрации от 2% до 20%, что делает ее применимой на широком спектре операций и материалов при средних и тяжелых режимах обработки. В тоже время хорошо переносится кожей рук. В основном рекомендуется для применения на станочном парке производства стран СНГ.

Cimtube FC 180 и Cimperial 810LB – водорастворимые СОЖ, специально разработанные для увеличения стойкости инструмента, а также качества обрабатываемых поверхностей. Позволяют повысить режимы обработки (скорость, подача), рекомендуются для операций, где важен срок службы инструмента и чистоты обработки поверхности.

Cimtube FC 160 и Cimperial HD812 – водорастворимая СОЖ премиум группы, предназначенный для использования в высокопроизводительных обрабатывающих центрах, где основные требования это скорость и качество обрабатываемых деталей.

Cimtube H15 – полностью синтетический водорастворимый концентрат СОЖ, прозрачный, разработан специально для операций шлифования. При незначительной рабочей концентрации до 4% и минимальном проценте коррекции в 1%, обладает превосходными антикоррозионными и моющими свойствами. Срок эксплуатации, при надлежащей фильтрации, более 2 лет без полной замены.

Cimtap – водорастворимая паста, рекомендуется для процессов нарезки резьбы в диапазоне от ручной нарезки до высокопроизводительных автоматических операций на черных и цветных металлах.

Cimclean PC 340 - щелочной моющей состав, разработанный для очистки изделий из алюминия, стали, латуни, а также оцинкованных поверхностей от масел, СОЖ, и волоочильных смазок. Данное средство рассчитано на применение в спрэйерных моечных машинах высокого давления. Не вызывает точечной и общей коррозии, а также пятен, на необработанных и обработанных поверхностях из алюминия. При незначительной от 2% концентрации защищает металлические изделия от коррозии более 10 дней.

Компания «Электромет» всегда поддерживает наилучшие отношения со своими постоянными заказчиками – и будет рада знакомству с новыми!

Наш адрес: г. Киев, б-р. Кольцова, 19-Е, оф. 392. Тел/факс: (044) 495-1109
www.electromet.ua

УДК 531.781

ПОРТАТИВНЫЕ ТВЕРДОМЕРЫ ПРОИЗВОДСТВА МИКРОТЕХ® – ДОСТОЙНАЯ АЛЬТЕРНАТИВА ИМПОРТНЫМ АНАЛОГАМ Крамаренко Б.П., канд.техн.наук, Млечин А.И., Крамаренко С.Б. (ЧНПП «МИКРОТЕХ®»), г. Харьков)

There were considered digital and analogue models of portable hardness dynamic and statistical production of the Kharkiv enterprise MICROTECH®, functional and structural features, their reasonable price for European quality.

Твердомеры являются одними из основных приборов неразрушающего контроля и технической диагностики двигателей из неметаллических материалов, металлов, сплавов и неметаллов. В настоящее время в мире существуют десятки методов и сотни моделей приборов измерения твердости.

По функциональному назначению твердомеры делятся на два больших класса: стационарные и портативные.

Цель данной публикации – ознакомить читателей с номенклатурой и особенностями портативных твердомеров, которые производит харьковское Научно-производственное предприятие МИКРОТЕХ®.

Портативные твердомеры (в т.ч. с цифровой индикацией), в отличие от стационарных, эффективно применяют для оперативного контроля твердости преимущественно крупногабаритных деталей непосредственно на рабочем месте (без обязательного для стационарных твердомеров демонтажа и переноса детали в лабораторию).

Измерение твердости на портативных твердомерах производится по основным шкалам твердости:

- по Роквеллу (HRC, HRA, HRB);
- по Бринеллю (HB);
- по Виккерсу (HV);
- по Шору (HSD);
- по Супер-Роквеллу (HRN и HRT) и др.

По типу портативные твердомеры делятся на динамические, статистические, ультразвуковые и комбинированные. Комбинированные твердомеры объединяют возможности динамических, статистических и ультразвуковых твердомеров.

Украинские предприятия в большинстве случаев используют импортные портативные твердомеры нижнего ценового диапазона, которые в связи с упрощенной конструкцией, имеют ограниченные технические возможности и недостаточную точность при многих функциональных ограничениях.

В рамках корпоративной Программы производства харьковский МИКРОТЕХ® с 2006г. выпускает в системе качества ISO 9001:2000 (сертификат №225709) портативные твердомеры из импортных комплектующих.

Динамические портативные твердомеры предназначены для измерения поверхностной твердости деталей из различных материалов по различным шкалам твердости методом упругого отскока (по сравнению скоростей индентора-бойка до и после соударения с поверхностью контролируемого изделия). В процессе измерения твердости динамическим методом на поверхности деталей остаются следы от ударов индентора-бойка, которые на порядки меньше лунок от внедрения инденторов в стационарных твердомерах.

Динамические портативные твердомеры обеспечивают автоматический процесс измерений в условных единицах, переводимых в единицы твердости по Роквеллу, Бринеллю, Виккерсу и др., а также возможность статистической обработки результатов. Динамические твердомеры весьма востребованы благодаря широким функциональным свойствам компактности.

Широкое использование в Украине многофункциональных высокоточных моделей импортных динамических твердомеров ограничено их высокой ценой, сложностью и дороговизной их сервисного обслуживания.

В 2006 году МИКРОТЕХ® начал крупноузловую сборку динамических портативных твердомеров мод. НВХ со шкалой твердости по Бринеллю. Это автономный твердомер ударного принципа действия, в котором ударная нагрузка создается встроенной пружиной. К очевидным достоинствам твердомера мод. НВХ следует отнести:

- Сходство со стационарным твердомером по виду и размерам получаемых отпечатков;
- Комплектация отсчетным микроскопом мод. МОМ-20 производства МИКРОТЕХ® (по точности и удобству указанный микроскоп значительно превосходит металлографические типа МПБ);
- Наличие удобного и легкого алюминиевого кейса для хранения и транспортировки твердомера с ЗИП;
- Высокая надежность твердомера и доступная цена.

Еще одной группой портативных твердомеров являются приборы со шкалой твердости по Шору, используемые для определения твердости резин и полимерных материалов. В период роста украинской промышленности, ввиду ее экспортной направленности и внедрения инноваций, наблюдался высокий спрос на твердомеры по Шору. При этом твердомер по Шору типа ТИР советского и российского производства (в котором твердость резины определяется по сопротивляемости погружению в нее индентора) не отвечали возросшим техническим требованиям современных потребителей.

В 2007 году МИКРОТЕХ® организовал выпуск двух моделей аналоговых твердомеров по Шору типа ТША (статистического действия, в которых индентор с заданным усилием внедряется в контролируемую поверхность):

- в твердомерах модели ТША-1 используется стандартный индентор $\varnothing 0,79$ мм;
- в твердомерах типа ТША-2, предназначенных для тестирования пористых резин и пластиков, индентор $\varnothing 2,5$ мм.

Все пользователи твердомеров по Шору сталкиваются со значительным субъективным влиянием человека на результаты измерений, что усложняет процесс измерений и требует высокого уровня подготовки персонала.

С целью исключения влияния «человеческого фактора» (температуры рук, нестабильности усилия по направлению, обеспечения нормированного усилия 10 Н) в измерениях твердости по Шору харьковский МИКРОТЕХ® освоил производство специальных стоек для механического закрепления твердомеров по Шору мод. ТША-1 и ТША-2.

Стойки МИКРОТЕХ® для твердомеров по Шору можно модернизировать под усилие более 10Н, что актуально для исследования твердых резин и полимеров.

С 2008 года МИКРОТЕХ® выпускает цифровые твердомеры статистического действия по Шору мод. ТШЦ. Они выгодно отличаются от советских и российских аналогов:

- лучшей дискретностью отсчета и степенью автоматизации измерений;
- возможностью самодиагностики посредством имеющегося шаблона;
- наличием связи с персональным компьютером (ПК) пользователя;
- доступной для украинского пользователя ценой при европейском качестве.

Ориентируясь на новейшие достижения, МИКРОТЕХ® летом 2009г. приступил к производству динамических цифровых твердомеров мод. ТПУ-1, которые имеют следующие конструктивные преимущества:

- шесть основных и одна универсальная шкала твердости расширили возможности измерений твердости;
- для 20 основных металлов и сплавов имеются индивидуальные шкалы твердости;
- индикация положения датчика, текущего и среднего значений исключают ошибки измерений;
- автономная градуировка и коррекция погрешности не требуют применения мер твердости по всем шкалам;
- учет массы образца повышает надежность измерений;

- комплектация универсальной эталонной мерой твердости исключает дополнительные затраты;
- «взвод» ударника без использования толкателя продлевает ресурс работы ударника;
- в отличие от аналогов, конструкция датчика исключает его скольжение по поверхности образца;
- автономный принтер в комплекте твердомера позволяет документировать результаты измерений непосредственно на месте;
- связь с ПК посредством беспроводного USB обеспечивает статистическую обработку и протоколирование результатов измерений.

В Украине в настоящее время харьковская модель ТПУ-1 является оптимальной по критерию ЦЕНА–КАЧЕСТВО среди динамических твердомеров нового поколения.

МИКРОТЕХ® с 2007 года производит для стационарных и портативных твердомеров эталонные меры твердости (в т.ч. по разрядам) по шкалам Роквелла, Бринкелля, Виккерса, Шора, Супер-Роквелла.

На все харьковские эталонные меры твердости имеются свидетельства государственной метрологической аттестации ННЦ «Институт метрологии» или ГП «Харьковстандартметрология».

Портативные твердомеры харьковского МИКРОТЕХ® доступны по цене и адаптированы к реальным условиям украинских предприятий, поддерживаются гарантией. Производитель обеспечивает их полное сервисное обслуживание на весь период эксплуатации у потребителя.

www.microtech-ua.com

e-mail: tool@microtech-ua.com

Тел.: +380 (57)7390350; +380(57)7614560; +380(50)4024339

УДК 621.002.2 (03)

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ RENISHAW ДЛЯ КАЛИБРОВКИ И ДИАГНОСТИКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Бочаров В.Б., дипломированный инженер,

начальник отдела продаж УА ООО Фирмы «КОДА», г. Харьков

Measuring systems RENISHAW for calibration and di-agnostics of the industrial equipment are considered.

Развитие современного машиностроения невозможно без использования новейших технологий в области измерительной техники, устройств диагностики металлорежущего оборудования. Поэтому актуальным является вопрос выбора наиболее подходящих для конкретных условий производства схем измерений обрабатываемой детали, средств измерительной техники для оценки, мониторинга, контроля точностных и эксплуатационных характеристик оборудования.

Признанным мировым лидером в области создания средств калибровки и диагностики производственного оборудования является компания Renishaw plc (Великобритания), интересы которой на территории Украины представляет Украинско-Американское ООО Фирма «КОДА». Некоторые системы Renishaw

заслуживают особого внимания, так как сейчас они вызывают большой интерес со стороны крупных промышленных украинских предприятий. Они не имеют аналогов и пользуются репутацией лучших с точки зрения точности среди тысяч пользователей по всему миру.



Интерферометрическая установка Renishaw XL-80 является идеальным техническим решением для выполнения полной калибровки любых позиционных систем, измерения широкого спектра геометрических и динамических характеристик. Система имеет гибкое модульное строение, а комплектация определяется в соответствии с конкретными метрологическими задачами и условиями применения.

Лазерный блок XL-80 – основа измерительной системы. Он основан на применении гелий-неоновой (HeNe) лазерной трубки, производящей стабилизированный лазерный луч с длиной волны – 633 нм. Характеристики каждого лазера системы XL-80 проходят поверку на основе эталонов Национальной физической лаборатории (NPL, Великобритания). Входящий в состав системы блок компенсации XC-80 постоянно следит за состоянием окружающей среды в рабочей зоне, получая данные с высокоточных датчиков температуры, давления и влажности воздуха. В конечном итоге система позволяет добиться высочайшей точности – 0,5 мкм/м в диапазоне рабочих температур 0...40 °С.

Специальное программное обеспечение «Laser XL» полностью контролирует процесс подготовки системы и сами измерения. Анализ же результатов тестирования осуществляется в соответствии с международными стандартами.

XL-80 позволяет контролировать параметры:

- точность линейного позиционирования (диап. 0...80 м, разр. 0,001 мкм);
- погрешности угловых перемещений (осевой диап. 0...15 м, угловой диап. ± 175 мм/м ($\pm 10^\circ$), разр. 0,1 мкм/м);
- прямолинейность (осевой диап. 0,1...30 м, диап. измеряемой непрямолинейности $\pm 2,5$ мм, разреш. 0,01/0,1 мкм);
- перпендикулярность (разреш. 0,01 мкм/м);

- плоскостность (осевой диап. 0...15 м, диап. измеряемых отклонений от плоскостности $\pm 1,5$ мм, разреш. 0,01 мкм);
- точность вращательного движения;
- относительные смещения с течением времени;
- изменения скорости с течением времени;
- изменения ускорения с течением времени;
- анализ вибраций.



С целью выполнения оперативной проверки основных эксплуатационных и точностных характеристик металлорежущих станков компания Renishaw разработала уникальную систему Ballbar QC10 и ее обновленную беспроводную версию 2010 г. – Ballbar QC20-W. Для проверки технологической единицы требуется лишь провести испытание, занимающее около 20 минут. Быстрая и про-

стая установка производится с помощью программного обеспечения, которое шаг за шагом руководит действиями оператора.

Элемент системы (высокоточный индуктивный датчик) монтируется между двумя магнитными опорами, обеспечивая связь шпинделя со столом станка. Станок последовательно выполняет две окружности с заданным радиусом, эквивалентным базовой длине датчика: одна для сбора данных в направлении по часовой стрелке, а вторая – против часовой стрелки (G02, G03). Во время теста датчик точно измеряет любые отклонения от номинального радиуса предустановленной окружности.

Программное обеспечение Ballbar осуществляет анализ характеристик станка по результатам цикла проведенных динамических тестов, в соответствии со стандартами ISO, JIS и ASME, и выдает собственные отчеты по системе Renishaw. Вместе с этим, используются передовые математические методики определения источников конкретных ошибок. Эффективный алгоритм анализа позволяет классифицировать каждую ошибку согласно ее веса в общей погрешности станка. Общая же погрешность оценивается по отклонению от круглости и погрешности позиционирования.

Интерактивное руководство поясняет возможные причины возникновения каждого типа ошибок и дает рекомендации о наилучшем пути их устранения. Следовательно, точное определение конкретных дефектов оборудования позволяет организовать эффективное и целенаправленное техническое обслуживание, тем самым, сокращая время простоев.

Графики и отчеты, выводимые на экран, можно распечатать или сохранить для будущего просмотра и ведения статистики.

Полную информацию о продукции компании Renishaw вы сможете получить обратившись к специалистам фирмы КОДА или посетив наш сайт www.koda.ua.

УДК 621.002.2 (03)

КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ СЕРИИ TESA MICRO-NITE 3D (Hexagon Metrology TESA, Швейцария)

Бочаров В.Б., дипломированный инженер,

начальник отдела продаж УА ООО Фирмы «КОДА», г. Харьков

Koordinatno-measuring cars of series TESA MICRO-NITE 3D (Hexagon Metrology TESA, Switzerland) are considered.

Украинско-Американское ООО Фирма «КОДА», являясь эксклюзивным представителем инструментального завода HEXAGON METROLOGY TESA (Швейцария), осуществляет поставки новой линейки координатно-измерительных машин (КИМ) 2010 года для предприятий Украины.

Компактные координатно-измерительные машины TESA MICRO-NITE имеют несколько уникальных особенностей. Занимая среднее положение между ручным инструментом и традиционными КИМ, только эти машины обеспечивают настолько привлекательное соотношение цена/функциональность. Сто-

имость КИМ со склада в г. Харькове – от 35000 Евро до 50000 Евро (с учетом НДС, пуско-наладки и обучения персонала работе на оборудовании).



Изготовленные на нашем производстве, расположенном в г. Рененс, эти машины имеют маркировку «SWISS MADE». Каждая модель собирается на специальном участке производства, который отвечает высоким требованиям точности.

Помимо разрешения 1 мкм, КИМ TESA MICRO-NITE 3D являются удивительно лёгкими в освоении и использовании. Существует множество вариантов исполнения КИМ для соответствия различным требованиям пользователя.

Micro-Nite 3D с ручным перемещением пиноли 454 и 474



- Ручное перемещение пиноли по 3 координатам с пневмоподшипниками;
- Микрометрическая подача по 3 осям;
- Жесткая легкосплавная конструкция портала;
- Гранитный измерительный стол с М8-резьбовыми отверстиями для крепления детали;
- Прецизионные линейки с разрешением 0,039 мкм;
- Дискретность дисплея 0,001 мм;
- Контрольная панель с ПО Reflex.
- Сенсорная графическая цветная панель 154×116 мм;
- Функция поточечного сканирования, функции самораспознавания геом. элементов.

Micro-Nite 3D RC с моторизованным перемещением пиноли 454 и 474



- Моторизованное перемещение пиноли по 3 координатам с выбираемыми скоростями: 1 мкм/шаг, 10 мм/сек, 20 мм/сек;
- Диапазон измерения, мм: 460 × 510 × 420 (для исполнения 454), 460 × 710 × 420 (для исполнения 474);
- Максимальные размеры измеряемой детали (X × Y × Z), мм: 600 × 750 × 430 (для исполнения 454), 600 × 990 × 430 (для исполнения 474);
- Максимальная масса измеряемой детали, кг: до 227.

Micro-Nite 3D Recorder с моторизованным перемещением пиноли



- Революционная разработка 2010 г;
- Уникальное решение для КИМ малых размеров – ЧПУ версия КИМ с режимом самообучения;
- Высокая точность – 2,5 мкм повторяемость в автоматическом режиме;
- Программное обеспечение: TESA-REFLEX Recorder.

Полную информацию о продукции компании TESA вы сможете получить, обратившись к специалистам фирмы КОДА или посетив наш сайт www.koda.ua.

УДК 621.002.2 (03)

ТЕХНОЛОГИИ БЫСТРОГО ПРОТОТИПИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА. ЖЕСТКО-КОНКУРЕНТНАЯ БОРЬБА

Артемьев А.Ю., менеджер по продажам ООО с ИИ «БИБУС Украина», г. Киев
Technologies of fast prototyping and manufacture in the conditions of rigid competitive struggle are considered.

Пионером и основополагающей компанией в индустрии быстрого прототипирования является американская фирма 3D Systems. Это является общеизвестным фактом и потому, репутация и доверие к этой компании особенно высоко, особенно на новых рынках, где технологии быстрого прототипирования и производства не столь распространены.

Вместе с тем в данной индустрии появилось ряд относительно молодых компаний (как например Objet Geometries или EOS GmbH), которые значительно оттеснили позиции 3D Systems. Как на любом жестко-конкурентном рынке

конкурирующие компании не «гнушаться» пользоваться «не джентельменски» набором конкурентной борьбы. Одним из примеров этой борьбы является заявление 3D Systems о том что они изготавливают системы 3D печати на которых напрямую можно производить детали из металлов. Такое заявление не является «чистой» правдой и служит защитной реакцией на уникальные возможности систем EOSINT M от EOS GmbH.

Более того такие заявления сбивают потенциальных пользователей и вредят их решению в выборе в пользу той или иной технологии. Именно с такой ситуацией компания БИБУС Украина столкнулась на нашей отечественной компании Мотор Сич – всемирно-известным производителем авиадвигателей, нуждающимися в усовершенствовании старой LOM-технологии на новейшие системы и материалы RP&M.

Именно на Мотор Сич компания 3D Systems предложила SLS-систему SinterStation, утверждая что её якобы многофункциональность позволит пользователю создавать модели-прототипы из пластика, металла или литейного песка. Три в одном!! Конечно это было бы здорово, но к сожалению эту информацию следует опровергнуть.

В процессе написания основным источником информации являлся Wohlers Report (www.wohlersassociates.com/2009report.htm) – авторитетнейший ежегодник, “библия” пользователей и поставщиков рынка RP технологий. Ежегодник представляет из себя отчет на рынке RP технологий за прошедший год на 250-300 страниц. Wohlers Report не содержит рекламной информации, является наиболее правдоподобным источником текущего состояния рынка 3D принтеров, а также ближайших прогнозов изменения рынка.

Для достоверности привожу отсканированные выдержки из Wohlers Report 2008.

Wohlers Report 2008

Part 5: Metal Parts and Tooling

3D Systems (Rock Hill, South Carolina) produces the Sinterstation Pro and Sinterstation HiQ for laser sintering. The process is an indirect metal-sintering process, which means the machine uses a laser to sinter a polymer binder that fuses together the metal powder, creating a “green” part. The green part is then placed in a furnace to remove the binder, sinter the metal, and infiltrate bronze to make the part fully dense. The process is suited to building parts and tooling. The materials used are LaserForm ST-100, LaserForm ST-200

Опровержение того что системы 3D System SinterStation HiQ SLS позволяют изготавливать модели из пластика, металла и песка.

3D Systems (Рок Хил, Южная Калифорния) производит системы Sinterstation Pro и Sinterstation HiQ селективного лазерного спекания. Процесс представляет собой не прямое (косвенное) лазерное спекание металла, под которым имеется ввиду что лазер спекает полимерный клеящий состав вместе с металлическим порошком, создавая так называемую «зеленую» модель. Эта модель

помещается в печь для удаления полимерного клеящего связующего и заполнение пористой структуры бронзой для плотности.

SLS tooling by Tim Gornet

It is possible to use Selective Laser Sintering (SLS) from 3D Systems to create metal parts and tooling inserts using powder metal and special laser-sintering techniques. The company's LaserForm material consists of particles of 420 series stainless steel or A6 tool steel that are coated with a thin layer of polymer binder. The heat from the laser melts this binder to form "green" parts that must go through a furnace cycle. The furnace burns away the binder, sinters the steel particles into a porous metal matrix, and infiltrates bronze into the parts through capillary action. The result is a fully dense part that consists of about 55% steel and 45% bronze.

The steel materials are currently supported on the Vanguard LS machine and previous products, but not on the newer Sinterstation Pro platform. The process requires some "art" or long-term history with the process. Green parts are not very strong, which limits thin walls and fine features. Consequently, support structures and secondary machining may be required. Direct metal systems from EOS, Arcam, MTT, and others have largely displaced the LaserForm process.

Изготавливать металлические модели с помощью технологии SLS от 3D Systems возможно с применением специальной техники. Специальные материалы LaserForm состоят из гранул нержавеющей стали серии 420 или инструментальной стали А6, покрытые слоем полимерного клеящего связующего. Лазер расплавляет этот полимер и на выходе образуется так называемая "зелёная" модель, которая должна пройти дополнительный цикл через печь. В печи клеящее связующее выгорает, а металлические гранулы расплавляются в пористую матрицу, которая потом пропитывается бронзой. В результате получается плотная модель, которая состоит из 55% стали и 45% бронзы.

Металлические материалы поддерживаются системой Vanguard LS но не новыми платформами Sinterstation Pro. Сам процесс долгоиграющий и требует некоторого "искусства". Зелёные модели очень непрочные, что накладывает ограничения на толщины стенок и мелкую детализацию.

Еще одним подтверждением того что 3D Systems не имеет систем, которые изготавливают модели напрямую из металла является факт, что в феврале 2008 года они подписали соглашение с немецкой компанией MCP о дистрибуции их SLM-систем на территории США и Японии под своей торговой маркой. Соответственно DM100 (в оригинале SLM Realizer 100) и DM250 (в оригинале SLM Realizer 250)

In February 2008, 3D Systems announced a private label agreement with MCP Tooling Technologies (MTT) to market the Selective Laser Melting (SLM) equipment. The DM100 (a.k.a. SLM Realizer 100) and DM250 (a.k.a. SLM Realizer 250)

Относительно моделей из гипса и песка.

LS, ProMetal, and ZCast

In the last few years, some manufacturers have developed additive processes that build in plaster or sand directly. Using these systems, molds and cores can be built directly, eliminating the need for patterns and coreboxes. EOS, Ex One, and Z Corp. offer systems that can create sand cores and molds. These systems are gaining acceptance for prototype applications among some sand foundries. Since foundry tooling can be relatively expensive and require long lead times, cores and molds produced with additive fabrication offer advantages in product development.

За несколько последних лет ряд производителей внедрили процесс прямого изготовления моделей из гипса и песка. Используя эти системы формы и стержня могут изготавливаться напрямую, отсекая необходимость обратных матриц и стержневых ящиков. EOS, ExOne и ZCorp предлагают системы, которые позволяют изготавливать из песка стержни, внутренние каналы и формы.

3D Systems

by Tim Gornet and Terry Wohlers

Legal matters

Tangible Express (Springville, Utah) filed a lawsuit against 3D Systems in January 2008 and shut down all operations. Ten months earlier, the company had purchased 10 machines from 3D Systems, including six dual-vat Viper Pro systems, for its fractional ownership service business. In October 2007, it had added a Sinterstation Pro to the mix. Tangible alleged that the Viper Pro equipment did not perform as advertised, and the dual-vat build option would not function. It sued for \$4.3 million for the equipment, goods, and services. 3D Systems agreed in February 2008 to "repurchase" the used equipment for \$5.3 million, with Tangible paying \$0.6 million in an outstanding debt. Tangible Express followed Shared Replicators (Tulsa, Oklahoma) in another failed attempt at a fractional ownership business model.

In March 2007, DSM Desotech filed a lawsuit alleging repeated anticompetitive conduct and patent infringement. The case deals with the Viper

Из-за того что 3D Systems проводит некорректную и неправдоподобную маркетинговую политику, заявляя заведомо неправдоподобную информацию, против 3D Systems было несколько судебных исков. Как пример, один из них привожу ниже.

Компания Tangible Express (Спрингвилл, Юта) подала иск против 3D Systems в январе 2008 и прекратила с ней все операции. Десятью месяцами ранее компания приобрела 10 систем 3D Systems, включая 6 Viper Pro и 4 Sinterstation Pro. Tangible утверждает, что системы не соответствуют функциональным возможностям, заявленной в рекламе. Tangible Express последовала примеру компании Shared Replicators (Тулса, Оклахома), которая также инициировала судебный иск.

Все эти примеры, а также плохой сервис и поддержка клиентов привели к тому, что 3D Systems пользуется очень плохой репутацией на европейском рынке и постепенно "сдаёт" позиции на своём историческом американском рынке.

Рекомендуем обзвонить клиентов 3D Systems по списку Reference List для подтверждения данной информации.

Unit sales by manufacturer and year

The following table shows the number of machines sold from the inception of additive fabrication through the end of 2007. Most of the figures in this table were provided courtesy of the system manufacturers. The numbers include all AF systems, including 3D printer sales. Some of the Japanese figures are estimates of systems sold from April through March, which is the fiscal year of many Japanese companies. For example, the 2007 figures from Japan are estimates of systems sold from April 2007 through March 2008.

Company	Technology	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	Total
3D Systems ²	SL, Jetting, LS	32	94	105	44	58	60	94	130	175	278	224	303	387	415	297 ³	202 ⁴	428 ⁴	370 ⁴	238 ⁴	194 ⁴	4128
EOS ¹¹	Laser melting	-	-	1	2	9	8	14	39	52	55	39	42	51	52	57	55	54	59	67	79	735
Objet Geometries	Jetting	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21	46	94	164	235	316	402	1278

2 1995–1998 figures from 3D Systems include beta and rental units.

3 In February 2003, 3D Systems indicated that it had sold 152 SLA machines, 57 SLS machines, and 88 ThermoJet machines in 2002. The company's Form 10-K, which was made available much later, stated sales of 139 SLA machines and 44 SLS machines.

4 Wohlers Associates' estimate based on input from industry sources. The machine manufacturer did not supply the unit sales data.

В качестве подтверждения вышесказанному, приводим нелицеприятную для 3D Systems статистику.

3D Systems является основателем технологии 3D печати и с 1988 года поставило большое число систем.

НО:

С 1995-1998 в статистики, которую они присылали в Wohlers Report указывались также не только проданные системы, но и проходящие бета-тестирование и сданные в аренду.

В феврале 2003 3D Systems указала, что за период 2002 года было продано 152 SLA системы и 57 SLS. Много позже была обнародована (утечка информации) форма 10-K в которой было указано фактическое число проданных систем, 139 SLA и 44 SLS соответственно.

Начиная с 2004, 3D Systems (единственная компания) не предоставляет данные о своих продажах. Тем не менее, эти данные очень просто отследить и они показывают, что начиная с 2004 статистика продаж постоянно снижается. Между тем, за последние 3-4 года число продаж Objet – основного конкурента 3D Systems – значительно выше. Это, несмотря на то, что Objet выпускает на рынок свои системы лишь с 2001 года.

Также фактическим подтверждением роста популярности наиболее прогрессивных на сегодняшний день систем EOS и Objet является опрос, которые Wohlers Report проводил в 2007 году. В опросе принимало 580 организаций и предприятий из 14 стран мира.

На вопрос какую RP систему/технология Вы используете, подавляющим большинством ответ был SLA компании 3D Systems. На вопрос какую систему/технология Вы желаете внедрить были получены следующие ответы: **28% - Objet, 17% - EOS, 9% - 3D System, 7% - Stratasys** и прочее.

В завершении приводим сравнение технических характеристик и воз-

возможностей систем 3D Systems и EOS для изготовления металлических моделей, готовых изделий, элементов оснастки.

Metal Fabrication Comparison Matrix (1 of 3)	Direct Metal Laser Sintering	Selective Laser Sintering
Company	EOS GmbH www.eos.info	3D Systems www.3dsystems.com
Offering	equipment and materials	equipment
Present status	available	available
Number of installations	8 R&D, 8 internal service, approx. 180 commercial	-
Target markets	PIM, die casting, and direct parts mfg.	parts, PIM, and die casting
Typical tool life (part quantity)	PIM: >1 million zinc die casting: >10,000 alum. die casting: >1,000	PIM: 100,000 to 500,000 die casting: >500
Process style	direct	direct
Key process	laser-sintering	selective laser sintering
Key process time for 125 mm (5 inch) cube	1 to 2 days	2 to 3 days
Process steps (CAD to part)	slice STL, DMLS process, remove supports, post-processing as desired	powder metal and laser sintering, oven sintering and infiltration, polish, and finish
Typical delivery time for 125 mm (5 inch) cube tool insert	<1 week	1 to 2 weeks
Raw materials and form	metal powder (single component or blends)	420 stainless steel and bronze infiltrant; A6 steel composite and proprietary infiltrant
Finished part or tool composite makeup	tool steel, stainless steel, cobalt-chrome superalloy, titanium or bronze-based alloy	60% 420 stainless steel, 40% bronze; 60% A6 tool steel, 40% proprietary infiltrant
Finished part or tool density range	steel/superalloy/Ti up to approx. 100% bronze-based up to 93%	98% to 100%
Finished part or tool material properties	comparable to equivalent cast or wrought metals	wears like traditional tool steel with better thermal conductivity
Detail capability as small as X mm (inch)	0.3 (0.012)	1.016 (0.040) (can handle complex shapes)
Accuracy from CAD to part or tool insert in mm (inch)	typ. ± 0.02 - 0.05 (0.0008 - 0.002)	± 0.115 to 0.250 /25 mm (0.0045 to 0.010/in.); requires polishing or machining for critical dimensions
Surface finish Ra µm (µin)	up to 9 (354) as laser-sintered, 3 (118) after shot-peening	RMS 7.5 to 50 (300 to 1600); may be polished to near mirror finish
Conformal cooling	yes (unsintered powder easily flows out of channels)	yes
Multi-material capability	yes, but limited	no
Maximum part or tool insert size mm (inch)	250 x 250 x 200 (9.8 x 9.8 x 7.9)	200 x 250 x 125 (8 x 10 x 5)
Geometric limitations	minimum wall thickness 0.3 mm (0.012 in.)	typical molding limitations

Металлическое изготовление	Прямое лазерное спекание металла	Селективное лазерное спекание
Компания	EOS GmbH www.eos.info	3D Systems www.3dsystems.com
Предложение	Оборудование и материалы	Оборудование
Статус	Активна	Активна
Количество инсталляций	16 для внутреннего использования, 180* - у клиентов	-
Целевой рынок	Инжекционное литьё пластика, литьё металла, прямое изготовление металлических изделий	Модели, инжекционное литьё пластика, литьё металла
Цикл жизни оснастки	Пластик: > 1 мил. Цинк: > 10 000 Алюминий: > 1000	Пластик: 100 000 – 500 000 Метал: > 500
Тип процесса	Прямой процесс	Непрямой процесс
Ключевая фаза процесса	Лазерное плавление	Селективное лазерное спекание
Время процесса 125 мм ³	1-2 дня	2-3 дня
Основные фазы	Лазерное плавление, удаление поддержки, пост-процесс если требуется	Лазерное спекание, прокатка в печи, инфильтрация бронзой, мех обработка и полировка
Время получения 125мм ³	< 1 недели	1-2 недели
Исходный материал	Широкая линейка металлических порошков	Сталь 420 и бронзовая пропитка, Сталь A6 и соответствующая пропитка
Финишная модель	Инструментальная сталь, нержавейка, сплавы титана, бронзы, алюминия,	60% стали, 40% пропитки
Плотность финишной модели	100%, только сплав на основе бронзы 93%	98% - 100%
Характеристики финишной модели	Соответствует эквивалентным материалам	Позиционируется как традиционная сталь с лучшей теплопроводностью
Детализация по оси X, мм	0,3 мм	1,016 мм
Точность, мм	0,02 – 0,05 мм	0,115 – 0,250 мм
Щероховатость, Ra, мм	До 9 после процесса печати. Или 3 – после пескоструйки	RMS 7,5 – 50
Сложные охлаждающие каналы	Да	Да
Поддержка нескольких материалов	Да	Нет
Максимальные габариты моделей	250 x 250 x 200 мм	200 x 250 x 125 мм
Геометрические ограничения	Минимальная толщина стенок 0,3 мм	Ограничения типичные для инжекционных форм.

* - на сегодняшний день около 250 систем у клиентов

Список литературы: 1. Презентационный материал маркетингового характера и внутреннего использования. 2. Wohlers Report 2008 – Wohlers Associates, Inc. 3. The TCT Magazine – Rapid News Publications Ltd

ВЕРТИКАЛЬНЫЕ СТАНКИ С PICK-UP-ШПИНДЕЛЕМ ПРОИЗВОДСТВА EMAG (ГЕРМАНИЯ)

Струцинский А.В., инженер, директор ООО Батекс, Киев.

EMAG the first-ever manufacturer who has created the lathe, which working spindle located vertically, could grasp itself by means of an automatic cartridge preparation from the regular conveyor of the machine tool and move on the main axes.

Началось все с внешне непритязательной идеи г-на Хессбрюггена поста-

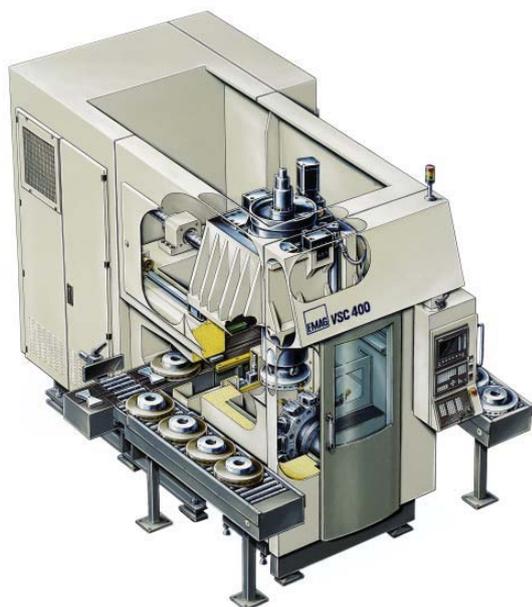


Рис. 1. Вертикальный «Pick-Up»-станок серии VSC, 1992 г.

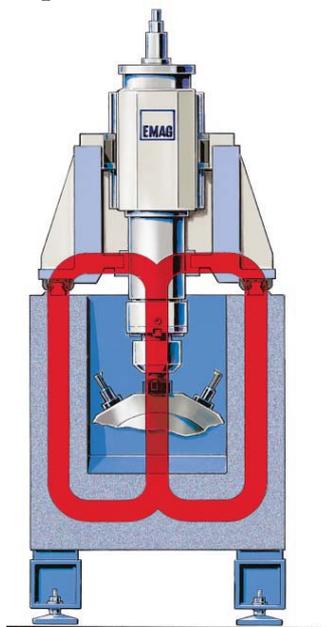


Рис. 2. Симметричные относительно нагрузок линейные опоры портального суппорта шпинделя замыкают станину, обеспечивая высокую жёсткость станка

вить токарно-карусельный станок «с ног на голову», сегодня эта идея обросла невероятным количеством инноваций многие из которых возможно реализовать только с использованием последних технических достижений неизвестных в начале 90-х. Заготовка в рассматриваемом станке стала сама совершать в пространстве все формообразующие движения относительно инструмента, зафиксированного по осям. Такая компоновка станков получила название «вертикальные Pick-Up-станки» или «вертикальные станки с Pick-Up-шпинделем». Во время первой демонстрации в 1992 году на выставке METAV в Дюссельдорфе многие эксперты не смогли сразу распознать все преимущества этой концепции станков и ее потенциал для многофункциональной обработки.

Рабочий «Pick-Up»-моторшпиндель с непосредственным безредукторным приводом (синхронный электродвигатель) обеспечивает высокую мощность (до 110 кВт) и крутящий момент (до 11.000 Нм). Патентованная концепция и компоновка вертикальных обрабатывающих центров: встроенные функции загрузки и выгрузки заготовок, встроенная система измерений, экономия занимаемой производственной площади составляет до 65%! Стружка в рабочей зоне беспрепятственно падает вниз, откуда легко и без задержки удаляется транспортером.

Очень важно, что все рабочие органы портального суппорта несущего главный шпиндель, находятся выше рабочей

зоны и надёжно защищены от загрязнений! Прямой привод без редуктора позволяет выполнять технологические процессы с очень высокими требованиями к качеству регулирования и равномерности вращения (шлифование, зубофрезерование), а также обеспечивает стабильный процесс обработки с высоким качеством поверхности и жесткими допусками (например, точные отверстия). При использовании шпинделя с редуктором для достижения тех же результатов требуется использование специальных механических элементов компенсации вибраций, возникающих в приводе.

Высокая жёсткость станка достигается не только замкнутой конструкцией, как это показано на Рис.2, толстостенная станина из синтетического гранита MINERALIT[®], с развитой системой стальных закладных деталей, обеспечивает идеальную жесткость и гашение колебаний (в 6-8 раз лучше, чем аналогичная станина из серого чугуна),

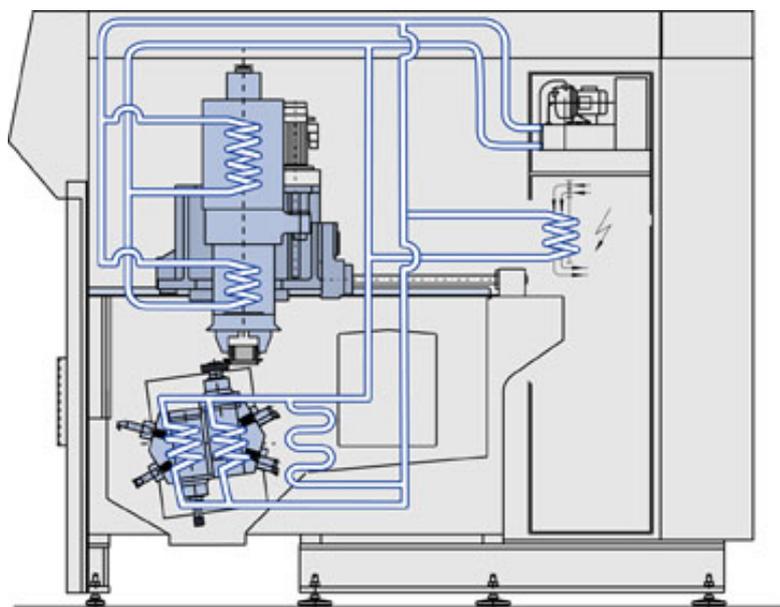


Рис. 3. Трубопроводы системы термостабилизации конструкций станка.

для наилучшего качества обработки и повышения стойкости инструмента. Экономия режущего инструмента в результате повышения его стойкости составляет до 30%. Высокой статической точности станка способствует то, что все элементы конструкции станка, определяющие точность обработки, термостабилизированы системой с охлаждающей жидкостью, циркулирующей по замкнутому контуру см. рис.3.

Одной из положительных сторон конструкции станков EMAG является наличие большого свободного пространства под Pick-Up-шпинделем. В этом пространстве легко помещается дисковый револьвер с возможностью использования неподвижного или вращающегося режущего инструмента. Револьвер настолько жёстко сопрягается со станиной станка, что можно использовать очень мощный привод (12 кВт) вращающегося инструмента, характерный скорее для фрезерных станков. Однако когда началась практическая реализация идеи **«СОКРАЩЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ЗАГОТОВОК ПО ЦЕХАМ ЗА СЧЕТ ИНТЕГРАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ НА ОДНОЙ ЕДИНИЦЕ ОБОРУДОВАНИЯ»** места оказалось достаточно для установки (в случае необходимости конечно), дополнительных фрезерных, шлифовальных шпинделей, высокоточных систем контроля размеров деталей.



Рис. 4 Рабочая зона станка серии VLC позволяет установить до трёх инструментальных обрабатывающих модулей.



Рис. 5. В зависимости от поставленных задач, токарный станок может быть оснащён фрезерным, сверлильным, хонинговальным модулями или их комбинацией.



Рис. 6. Измерительный шуп позволяет с минимальными перемещениями рабочих органов измерять размеры обрабатываемой детали

Система автоматической загрузки (выгрузки) деталей

Простые, не требующие переналадки, транспортирующие рамки в виде полых призм перемещают заготовки в зону загрузки (выгрузки). Круглые заготовки, не требующие угловой ориентации, произвольно уложенные в транспортирующую рамку, выходят в зону загрузки с погрешностью позиционирования не влияющей на надёжность захвата патроном шпинделя, это показано на рис.7. Заготовки с требованием угловой ориентации относительно патрона шпинделя, укладываются в специальную транспортную оснастку, как это показано на рис 8,9.

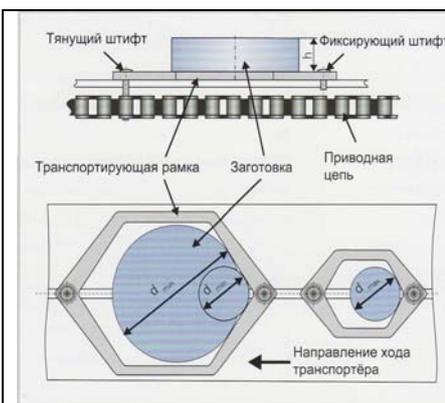


Рис 7. Схема транспортного устройства вертикального токарного ОЦ.



Рис. 8. Угловая ориентация заготовки по штифтам транспортной оснастки.



Рис. 9. Угловая ориентация транспортной оснастки по граням рамки.

Уверенность в завтрашнем дне за счет использования системы технологических модулей. Для заказчиков группы EMAG отныне существует

возможность изменения конфигурации оборудования! За счет этой концепции станки в течение всего срока службы могут адаптироваться под изменения технологических требований. Эта идея еще нигде и никогда не воплощалась в жизнь настолько последовательно, как в новой разработке EMAG – обрабатывающем центре VLC 250. VLC 250 является одним из исполнений единой станочной платформы EMAG с типоразмером зажимного патрона 250 мм. Концепция «платформы» - это новейшая разработка группы EMAG, ее отличительной особенностью является то, что отдельные исполнения станков, объединенных в платформу (в данном случае это VL 5i, VSC 250 и VLC 250) изготавливаются из единого набора компонентов и технологических модулей. Вот что говорит по этому поводу доктор технических наук, Гуидо Хегенер, руководитель технического отдела EMAG Salach Maschinenfabrik GmbH: „Идея, заложенная нами в новую концепцию, проста. Мы настолько глубоко стандартизовали отдельные технологические модули, входящие в систему, что практически каждый модуль может использоваться в любом из конкретных исполнений станка. Даже для базовых конструкций каждого из исполнений мы используем очень много одинаковых компонентов. Так, например, на всех станках используется порталный суппорт одной и той же конструкции. Адаптация к конкретным технологическим задачам производится только лишь за счет компонентов, непосредственно определяющих производительность и точностные параметры обработки, таких, например, как: конструкция опор и мощность главного шпинделя, тип направляющих пиноли“. За счет такого построения системы заказчикам EMAG предоставляются невиданные ранее возможности по индивидуальному подбору модулей. В рамках модульной системы в числе прочего можно выбрать одно из четырех исполнений главного шпинделя. Один шпиндель – универсальный, другой для высокопроизводительной обработки, третий – для задач высокоточной обработки, и четвертый для многофункциональной обработки с повышенной точностью позиционирования по оси С. Для перемещения главного шпинделя по оси Z могут быть выбраны либо направляющие качения, либо гидростатические направляющие. В зависимости от производственных задач, могут использоваться различные позиции револьверных головок, а сами станки могут комплектоваться различными вариантами системам автоматизации. Новая концепция платформ позволяет также реализовать на одних и тех же станочных модулях самые различные технологии обработки: токарная обработка, сверление, шлифование, фрезерование, использование многофункционального шпиндельного узла со сменой инструмента.

В конечном итоге цель новой разработки фирмы EMAG – не только предложить заказчику станок или производственный центр, который оптимально адаптирован к текущим задачам обработки, но и дать заказчику уверенность в том, что в будущем он сможет за счет использования новых или альтернативных технологических модулей либо расширять возможности станка, либо переориентировать его на выполнение других технологических операций.

**AMADA MACHINE TOOLS –
МЕХОБРАБОТКА С РАЗРЕШЕНИЕМ 50 НАНОМЕТРОВ**

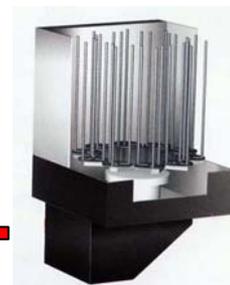
Пономарев П., инженер Амада, Хаан, Германия,
Струцинский А.В., директор ООО Батекс, Киев

Concern AMADA (Japan) has received popularity in Ukraine as proizvo-ditel a wide spectrum of the equipment for processing of sheet metal, ленточнопильных machine tools and твёрдосплавных and bimetallic cloths to them. It is less known that AMADA MACHINE TOOLS after absorption of leading manufacturers of precision grinding equipment WASINO, PeTeWe and PROFOLTEC became the largest in the world the manufacturer optical about-filno - grinding machine tools. Lathes are made with 1937г. Fir-mennyj style AMADA WASINO - machine tools of unique accuracy.

В основном предложенные для реализации в Европе серии токарных станков предназначены для обработки деталей максимальным диаметром от 20 до 80 мм, реже до 120 мм. Такой достаточно узкий диапазон размеров обрабатываемых деталей, даёт возможность легко унифицировать отдельные узлы и блоки.



Робот - загрузчик автоматизирует загрузку и выгрузку заготовок небольшого размера, выбирается в соответствии с размером и массой заготовки



Накопитель предназначен для межоперационного складирования заготовок (деталей), его можно использовать при ручной и роботизированной загрузке деталей.

Устройство подачи прутка позволяет в автоматическом режиме подавать заготовку в зону обработки



Разгрузочный конвейер с ёмкостью для хранения деталей в сочетании с устройством подачи прутка позволяет полностью автоматизировать процесс изготовления деталей из прутковой заготовки
Рис.1. Токарный станок AMADA WASINO G07 Варианты автоматизации.

Необходимо отметить, что станки сконструированы по модульному принципу, когда различного типа системы и узлы (в т.ч. опции, не обязательные к поставке), спроектированы как единый комплекс. Конфигурация такого станка строится по ТЗ Заказчика и в отличие от станков многих конкурентов все опционные составляющие изготовлены по единой концепции конкретного станка, как это показано на рис. 1.

Очень плотная компоновка узлов и блоков станков, малые габариты обрабатываемых деталей позволили минимизировать влияние термических деформаций деталей станка на точность обработки. Дополнительно с целью уменьшения таких деформаций можно использовать устройство термостабилизации СОЖ (опция). Немаловажно, что станки очень компактны.

Предлагаемые станки существенно отличаются между собой по точности обработки деталей (в самых точных можно реализовать поле допуска на некруглость детали в пределах 0,2 мкм), возможно применение вращающегося инструмента. Особенно интересен по своей кинематике токарно-фрезерный станок Mi-8, с возможностью 5-ти осевой обработки. Фрезерный шпиндель (до 20000 об/мин) расположен за револьверной головкой. Токарный шпиндель (до 8000 об/мин), обеспечивает при обработке поле допуска на некруглость до 0,3 мкм).

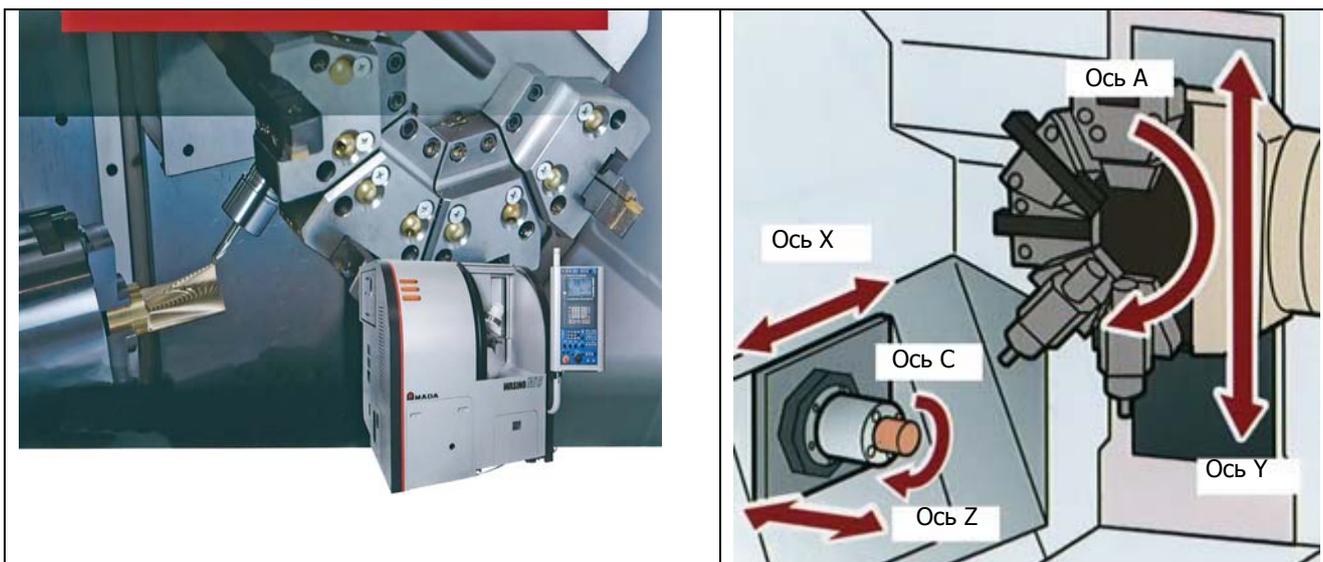


Рис. 2. Выполнение фрезерной операции на токарно-фрезерном станке Mi-8

Рис. 3. Оси управления на токарно-фрезерном станке Mi-8

В оптических профильно-шлифовальных станках обработка сочетается с одновременным оптическим контролем с помощью проектора. На станке AMADA GLS5T (рис. 4) обеспечивается обработка контура детали с полем допуска 1мкм, разрешение по осям 50 нанометров. Станок допускает возможность управления от ручного до 5-ти одновременно управляемых осей от ЧПУ. В процессе обработки учитывается износ шлифовального круга.

Принципиально новым профильно-шлифовальным станком с поворотной бабкой считается AMADA DV 7 M. Этот станок представляет собой усовершенствованную модель и открывает новые революционные возможности полностью автоматизируемой профильно-шлифовальной обработки.



Рис. 4. Оптический профильно-шлифовальный станок GLS 5T



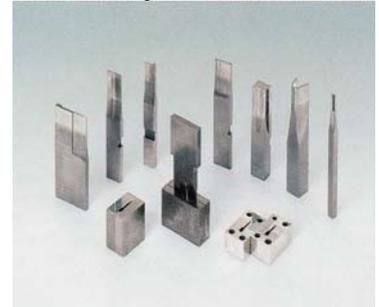
Рис.5. Шпиндель TS-6



Рис. 6. Обработка детали в поворотной головке



Рис. 7. Образцы деталей изготовленных на станке GLS 5T



На основе принципа оптического профильного шлифования станок с помощью встроенной камеры CCD Digital Vision System способен автоматически выполнять измерение как заготовки, так и шлифовального диска. Затем результаты подгоняются под желательное заданное значение. Выполняется расчет разности, после чего станок с точностью до микрона шлифует заготовку вплоть до получения нужного размера, обеспечивая при этом оптимальное качество поверхности.



Рис. 8. Профильно-шлифовальный станок AMADA DV7M

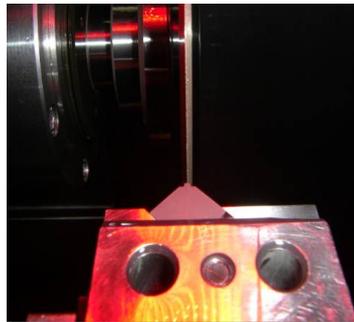


Рис. 9. Шпиндель

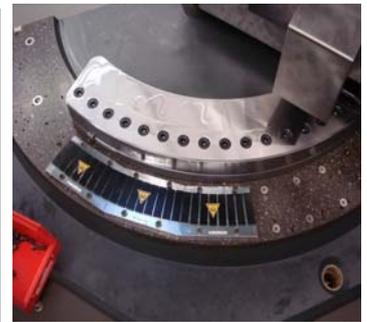


Рис. 10. Гидростатическая поворотная бабка

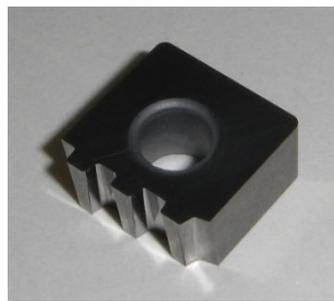
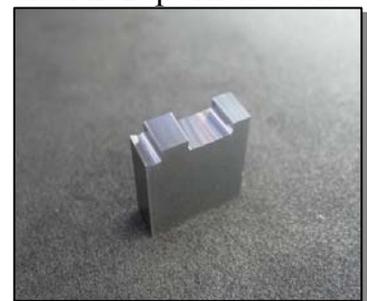


Рис. 11. Образцы деталей изготовленных на станке DV7M



Станок автоматически управляется одновременно по 5-ти осям от ЧПУ. В базисную комплектацию станка входит автоматически поворотная шлифовальная головка на +/- 45 градусов для шлифования сложного профиля детали.

УДК 621.002.2 (03)

ООО «ИМПЕРИЯ МЕТАЛЛОВ»

Полянский В.И., Генеральный директор, г. Харьков

The main activities of multi-production enterprise "Empire of metals"

ООО «Империя металлов» – многопрофильное производственное предприятие, имеющее три основных подразделения:

- подразделение механической обработки, специализирующееся на выпуске формующей оснастки для макаронной и кондитерской отраслей промышленности, а также на изготовлении спецзаказов для различных отраслей промышленности по чертежам и требованиям заказчиков;
- подразделение по продаже различного металлообрабатывающего оборудования, металлорежущего инструмента и оснастки, включая технологическое и техническое сопровождение при вводе в производство;
- проектно-технологическая группа с лицензией на строительные работы – изготовление металлоконструкций и металлопластиковых конструкций.

НПО «Империя металлов» основано в 2000 году на базе харьковского завода «Элеватормельмаш».

Уставный фонд – 11 000 000,00 грн.

Штат сотрудников – 75 человек.

Производственные площади – 5 000 м².

Офисные и бытовые помещения – 2 500 м².

Производственная база оснащена современным оборудованием.

В офисе и на производстве НПО «Империя металлов» работают 75 высококвалифицированных специалистов разного профиля. Коллектив компании состоит из опытных сотрудников с многолетним стажем, работавших ранее на ведущих государственных предприятиях общесоюзного значения (включая военно-промышленный комплекс) и стоявших у истоков развития предприятия, и молодых специалистов, которые работают над реализацией проекта как единое целое.

ООО «Империя металлов» – прогрессивное и динамически развивающееся предприятие. Коллектив следит за техническими и технологическими разработками, проводит маркетинговые исследования, регулярно принимает участие в специализированных выставках Украины, ближнего и дальнего зарубежья, научных семинарах и конференциях.

Подразделение по продаже металлообрабатывающего оборудования, металлорежущего инструмента и оснастки на данный момент является официальным представителем следующих компаний на территории Украины:

- **Металлорежущее оборудование**

– ARES MACHINERY Co., Ltd. (Тайвань)	оборудование фрезерной группы
– FINETECH MACHINE TOOL Co., Ltd (Тайвань)	оборудование фрезерной группы
– QUASER MACHINE TOOL Inc. (Тайвань)	оборудование фрезерной группы
– CHIFA-MACHINERY MANUFACTURER Co., Ltd (Тайвань)	оборудование фрезерной и токарной группы
– CHIAN CHYUN MACHINERY Co., Ltd(Тайвань)	оборудование токарной группы
– FORCE ONE MACHINERY Co., Ltd. (Тайвань)	оборудование токарной группы
– Nexturn Co Ltd (Ю. Корея)	оборудование токарной группы

- **Электроэрозионное оборудование**

Accutex Technologies Co., Ltd
JOEMARS MACHINERY & ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD

- **Оборудование для изготовления и переточки инструмента**

TOP WORK INDUSTRY (Тайвань)

- **Оборудование термической резки**

ASIA MACHINE GROUP (Тайвань)

- **Оборудование для пробивки, резки и гибки листового металла**

Jiangsu JinFangYuan CTC Machine Co., Ltd (Китай)

- **Металлорежущий инструмент**

GUHRING (Германия)	осевой инструмент
SGS Tools Company (США)	твердосплавный осевой инструмент
SUMITOMO ELECTRIC (Япония)	полный спектр металлорежущего инструмента
DOLFAMEX (Польша)	осевой инструмент
NAREX (Чехия)	резьбонарезной инструмент
DC SWISS (Швейцария)	резьбонарезной инструмент
DHF (Тайвань)	твердосплавный осевой инструмент
DTR (Ю. Корея)	червячные фрезы
WOLFRAMCARB	твердосплавный инструмент, заготовки

- **Оснастка**

D'ANDREA (Италия)	фрезерная оснастка, расточные системы
HAIMER (Германия)	фрезерная оснастка
ANN WAY (Тайвань)	фрезерная оснастка
PILANA MCT (Чехия)	фрезерная оснастка, расточные системы
CHIA-MO (Италия)	токарная оснастка
BISON-BIAL (Польша)	токарная и фрезерная оснастка
SCM (Италия)	фрезерная оснастка, быстросменная резьбовая оснастка

- **Системы преобразователи вращения**

OMG (Италия) фрезерные системы и приводные токарные блоки

EVERMORE (Тайвань) приводные токарные блоки

Подробнее о некоторых компаниях производителях:

Японская компания **SUMITOMO ELECTRIC HARTMETAL CORP.** является одним из крупнейших производителей высокопроизводительного металло-режущего инструмента в мире. Компания имеет обширную торговую сеть, а также производственные мощности, расположенные по всему миру и уделяет большое внимание внедрению новых прогрессивных технологий.

Монолитный твердосплавный инструмент производства американской компании **SGS TOOL COMPANY** в течении многих лет успешно используется на многих предприятиях Украины. И это не удивительно, ведь отличительной особенностью этой продукции является высокое качество и надежность в работе, а производственный ассортимент, насчитывающий более 13000 наименований, разработан с учетом решения самых разнообразных задач. Кроме этого компания уделяет большое внимание внедрению новых технологий, что позволяет инструменту под торговой маркой **SGS** занимать достойное место на мировом рынке твердосплавных изделий. Компания **SGS TOOL COMPANY** является лидером на американском континенте по количеству выпускаемого монолитного твердосплавного инструмента. Инструментом от **SGS** работают такие компании как Боинг, Дженерал Электрик, Форд, Фиат. Производственный ассортимент компании можно разделить на несколько категорий - это: стандартный концевой инструмент, высокопроизводительный концевой инструмент, бор-фрезы, инструмент сверлильной группы, роутеры, и развертки.

Компания **OMG** была основана в 1960 году. Основной продукцией на тот момент являлись ускорительные головки планетарного типа. На данный момент компания являет собой мощный концерн, который производит исключительно навесное оборудование. Номенклатуру выпускаемой продукции можно разделить на несколько видов: угловые головки, ускорительные вариаторы, мультишпиндельные сверлильные и фрезерные системы, специальное оборудование по требованиям заказчика.

Компания «**QUASER**» была основана в 1991 году, производственная программа компании представляет собой широкий ряд высокопроизводительных вертикальных и горизонтальных многоцелевых фрезерных станков. На сегодняшний день компания имеет обширную торгово-сервисную сеть по всему миру, которая насчитывает более **50** представительств. Уже более **5000** предприятий используют на своем производстве высококачественное оборудование производства «**QUASER**». В 2007 году создан новый производственный комплекс мирового класса, основанный на принципах производства компании «Toyota». Благодаря производству, которое размещено в Тайване и поставщикам комплектующих, в список которых входят такие компании гиганты как **REXROT BOSH GROUP, CONTITECH, MOELLER, GRUNDFOS, HEIDENHAIN, FANUC, FRANZ KESSLER, MMK Matsumoto** и другие, компания «**QUASER**» сразу стала лидером в производстве высокопроизводительного фрезерного оборудования по доступным ценам. На сегодняшний день компания

производит 25 моделей оборудования, в состав которых входят однопалетные и двухпалетные вертикально фрезерные и горизонтально фрезерные станки. Так же компания «**QUASER**» является лидером в производстве 5-ти координатных фрезерных станков. Из 200 единиц 5-ти координатного фрезерного оборудования, произведенного всеми предприятиями Тайваня, на долю «**QUASER**» приходится не менее 100 единиц, т.е. **более 50 %!** Станки компании «**QUASER**» оснащаются электрошпинделями и шпинделями, как с прямым приводом, так и с ременным. Все шпинделя, установленные на оборудовании «**QUASER**» имеют внутренне охлаждение (масло, СОЖ). В стандартной комплектации всех станков предусмотрена функция внутренней подачи СОЖ через шпиндель с рабочим давлением от 8 до 20 Бар, что придает оборудованию дополнительную возможность работы инструментом с внутренним подводом СОЖ. Данная функция оборудования является большим плюсом при изготовлении сложных деталей, в том числе штампов и пресс-форм. Все шпинделя оснащены системой «**BIG-PLUS**».

Уникальная технология электрошпинделей позволяет увеличить крутящий момент и мощность на валу шпинделя на 30% по сравнению с асинхронными двигателями такого же размера.

Компания **D'ANDREA (Италия)** является исключительно производителем и исключительно оснастки. Известна в мире, начиная с 1951 года. Ее продукцию успешно представляют некоторые мировые лидеры в области инструмента и оснастки. На рынке Украины представительство D'ANDREA официально открылось в 2004 году в лице ООО «Империя металлов». Во многом благодаря заключению этого договора на Украине появилась организация, которая вплотную занимается комплектацией современных импортных и отечественных обрабатывающих центров.

Специализация компании **ARES SEIKI** – производство исключительно оборудования сверлильно-фрезерной группы. К особенностям таких станков относятся повышенные холостые перемещения, усиленная ось Z с сервоприводом мощностью 3,5 кВт, компактные габариты, что дает возможность производить качественное фрезерование, сверление и растачивание отверстий, а также «жесткое» нарезание резьбы как в единичном, так и серийном производстве. Ассортимент компании насчитывает 12 моделей, сгруппированных в 4 серии.

Компания «**CHIFA MACHINERY MANUFACTURER CO., LTD**» является крупным производителем оборудования токарной, фрезерной и сверлильно-расточной групп. Станки производства этой компании с успехом используются на многих предприятиях мира, а так же поставляются многими европейскими и американскими компаниями – дистрибьюторами, в производственном ассортименте широко представлена токарная группа, группа фрезерных станков и обрабатывающих центров. Все станки комплектуются системами числового программного управления производства таких концернов как SIEMENS и FANUC. Важным фактором, влияющим на конкурентоспособность данной торговой марки, является стоимость оборудования, в сравнении с конкурентами при одинаковом качестве и технических характеристиках.

Тайванская компания **FORCE ONE** специализируется исключительно на

производстве токарных станков. В производственном ассортименте есть модели оснащенные револьверными головками с фрезерной функцией, контр шпинделями, высокоточные токарные станки с ЧПУ, оснащенные осью Y.

Компания **DOLFAMEX (Польша)** специализируется на выпуске широкого спектра фрез из быстрорежущих сталей и твердого сплава и является одной из крупнейших инструментальных компаний Восточной Европы. Инструмент компании DOLFAMEX отличает невысокая стоимость при высоком качестве. Очень широко в номенклатуре продукции представлена группа фрез для обработки штампов и пресс-форм.

Компания **DHF** специализируется на производстве высокопроизводительных концевых фрез, выполненных из ультрамелкодисперстных сплавов с градицией зерен в фазе от 0,2 мкм. Сочетая в себе высокое качество и минимальную цену, фрезерный инструмент производства компании DHF является на данный момент одним из лучших для машиностроительных предприятий Украины. В производственный ассортимент компании входит большой спектр фрез для обработки закаленных и проблемных материалов, цветных металлов, неметаллов, инструмент специальной геометрии, микроинструмент. Весь инструмент компании производится на высокотехнологичном оборудовании таких концернов как ROLLOMATIC (Швейцария), SCHNEEBERGER (Швейцария) и WALTER (Германия). Износостойкие покрытия наносятся по технологии BALZERS (Швейцария).

ООО «Империя металлов», Комсомольское шоссе, 88,
г. Харьков, Украина, 61020

e-mail: tools@imperija.com

url:tools.imperija.com

УДК 621.002.2 (03)

ОТ КОМПЛЕКСНЫХ ПРОЕКТОВ ДО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ РЕШЕНИЙ - РЕШЕНИЯ ООО “СТАНКОИНСТРУМЕНТИМПОРТ”

Смурыгин А.М., ведущий технолог, **Фролов О.В.**, ведущий специалист
(ООО “Станкоинструментимпорт”, г. Киев)

"Stankoinstrumentimport" as a separate unit in the Ukrainian market appeared in early 2004. Company's development strategy was identified by the needs for technical re-equipment of existing enterprises. The firm had to solve the problems of complex technological changes with the replacement of equipment, new technology and tools; and set of different branching processing problems.

В ходе работы компании на украинском рынке компанией были разработаны и внедрены современные комплексные решения в следующих отраслях:

- энергетическое машиностроение – обработка лопатки турбины, обработка ротора турбины и генератора, обработка паропроводной арматуры (трубы, тройники, запорная арматура, теплообменники);
- тяжелом машиностроении – обработка прокатных валков, обработка крупных корпусных деталей;
- обработке деталей гидроаппаратуры и арматуры – гидроцилиндры, штоки и плунжеры, корпуса гидрораспределителей, различная арматура;

- обработке штампов и прессформ;
- автомобильном и железнодорожном машиностроении – тормозные диски, головки блока цилиндров и коробки передач, детали подвески, гильзы цилиндров; детали тележки, оси и колеса.

Кроме крупных комплексных проектов реализовано большое количество узких технологических задач с применением современных инструментов на существующем оборудовании. В качестве инструментов используются последние разработки ведущих немецких производителей – фирмы Walter Titex Prototyp (инструменты для токарной обработки, обработки отверстий и фрезерования), Votek (сверла для глубокого сверления: ружейные сверла, сверлильные системы ВТА и Эжектор), Horn (специальные инструменты для токарной и фрезерной обработки различных канавок и отрезки), Escoroll (инструменты для накатного полирования и упрочняющего накатывания).



Новинки инструментов

Для тяжелых черновых режимов токарной обработки Walter предлагает пластины с новой «негативной» односторонней геометрией NRR. Она отличается износостойкими режущими кромками с защитной ступенчатой фаской. Это снижает усилия резания и позволяет обеспечить повышенный период стойкости. Для этих же режимов работы по стали (ISO-P40) специально разработан сплав WAK30.



Специально для обработки титана Walter предлагает новые твердосплавные пластины Skytec™ с оптимизированной геометрией и покрытием, а также цельные твердосплавные фрезы с внутренним подводом СОЖ.



Токарная программа оснастки для выпуска малоразмерных деталей расширена за счет токарных державок, предназначенных для внутренней обработки в диапазоне 6–16 мм. Новые оправки серии АК600 обеспечивают точную установку режущей кромки и стабильное точение без вибраций. Для обработки малых диаметров от 8,5 мм предлагаются две новые пластины TCGT06T1 TCMТ06T1 с геометриями PF2 и PF4. Специально разработанный для микрообработки сплав WSM21 успешно противостоит микровыкрашивани-ям режущих кромок.



Фирма Walter давно известна, в том числе на территории бывшего СССР, как производитель лучших инструментов для фрезерования. Торцевые и угловые фрезы, дисковые фрезы и фрезы для копировальной обработки производства Walter – это всегда наилучший инструмент, современные марки твердых сплавов, отличная производительность и стойкость.

Новейшая разработка – новый сплав для фре-

зерования WKP35S линейки TigerTec Silver. По сравнению с пластинами других производителей и предыдущим поколением пластин Walter новая линейка сплавов показывает уверенное увеличение режимов резания и периода стойкости. Внедрения у заказчиков показывают как минимум 50% увеличение стойкости.



Специально для обработки сталей фирма Walter-Prototyp представляет свою новейшую разработку — серию фрез Proto•max™ ST. Этот высокопроизводительный твердосплавный инструмент может использоваться как для чистовой, так и для черновой. С помощью новых фрез Proto•max™ ST можно добиться увеличения производительности на 50 % по сравнению с обыч-

ным концевым инструментом. Они находят широкое применение в общем машиностроении, автомобильной промышленности, производстве инструментов и прессформ.

Кроме комплексных проектов разработки, поставки и введения в эксплуатацию новых станков, инструмента и технологии нашими специалистами производится разработка и внедрение новых технологий на существующем оборудовании заказчика; разработка технологий для внедрения на новом оборудовании, поставляемом другими фирмами.

Однако даже нереализованные разработки играют важную роль в тандеме заказчик – исполнитель. Каждая сторона при этом чему-то учится: одна – современным технологиям и новым техническим возможностям оборудования и инструмента, другая – нахождению рационального решения поставленной задачи. Главное – найти правильный подход друг к другу, уметь точно сформулировать поставленную задачу и обоснованно отстоять предлагаемый вариант ее решения.

Большим преимуществом ООО «Станкоинструментимпорт» с этой точки зрения является огромный опыт работы основных специалистов в различных областях машиностроения. Немаловажную роль здесь играет и общее стремление постоянно пополнять знания. Так, специалисты «Станкоинструментимпорта» постоянно посещают международные профессиональные выставки и тренинги, которые организывают организации-партнеры. В таких условиях формируется общее понимание мировых тенденций развития отрасли, что в конечном итоге проясняет возможные пути выхода экономики Украины из сегодняшнего положения с энергоемкой и низкопроизводительной технологической и станочной базой.

При разработке технологии и подборе оборудования или инструмента специалисты компании «Станкоинструментимпорт» стараются рассматривать каждый проект детально и комплексно, с учетом перспектив будущих производственных задач. Это помогает подобрать наилучший вариант решения, исходя из своих возможностей или определить направление своего дальнейшего совершенствования.

Конт. тел. +38-050-35705587

E-mail: d.khranovsky@siimport.com.ua

УДК 621 (075.8)

ООО «ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ПрогрессТехноком»

Абакумова Л.П., директор, г. Харьков

The general information about trade and industrial enterprise "ProgressTehnoKom".

Наше предприятие организовано в 2007 году. Однако коллектив компании составляют профессионалы, имеющие более чем пятнадцатилетний опыт работы на рынке шлифовального и измерительного инструмента. Поэтому мы чутко отслеживаем ситуацию на рынке, гибко реагируем на любые рыночные инновации и предлагаем своим клиентам такие условия, которые не могут предложить наши конкуренты. Мы работаем в двух направлениях это поставка и подборка абразивных материалов, так как выбор абразивного материала для изготовления инструментов определяется характеристикой обрабатываемого материала. Большое значение для эффективности процесса шлифования имеет правильный выбор характеристики абразивного инструмента для конкретных условий абразивной обработки. В характеристику абразивного инструмента, определяющую его эксплуатационные свойства, кроме типа и размеров, входят вид и зернистость абразивного материала, твердость, номер структуры и вид связки и т.д. Все эти параметры определяют эксплуатационные характеристики инструмента, поэтому их правильный выбор является важнейшим условием обеспечения уровня и стабильности режущих свойств абразивного инструмента у потребителя.

Второе направление нашего предприятия – предоставить нашим клиентам максимально широкий выбор измерительных инструментов. Наша компания формирует свой ассортимент не только из продукции отечественного или импортного производства, прошедшей контроль качества, а также занимается изготовлением измерительного инструмента (калибры резьбовые, конические: кольца и вставки различной степени точности) и изготовлением резьбообразующего инструмента (плашки, метчики), согласно ГОСТу или по чертежам «Заказчиков».

Нашими партнерами и покупателями являются такие заводы как ЗАО «Харьковский инструментальный завод» ГП ХМЗ «ФЭД»; ГП «ХАКБ» ПАТ «Волчанский агрегатный завод»; ОАО «Турбоатом»; ОАО «ХЭЛЗ»; ГП «ХЭМЗ»; ХГАПП; ЗАО «ХЗТУ» АО «Гидроаппаратура»; ОАО завод «Потенциал»; ООО «ОЭПП «Промэнергоремонт»; ОАО «Мотордеталь-Конотоп» и другие заводы Украины.

ИЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКОГО ДОМА «ЦентрИнформ»

Горнакова Г.М., главный редактор журнала «Оборудование и инструмент для профессионалов», г. Харьков

Editions of Information Publishing House "CentrInform". Gornakova Galina, chief-editor of magazine "Equipment and Tools for Professionals" (Kharkov city, Ukraine).

Журнал «Оборудование и инструмент для профессионалов» - Международный информационно-технический журнал для профессионалов и о профессионалах. Издается с 2000г., полноцветный, объемом свыше 130 страниц, формат А4. Тираж: свыше 10 тыс. экземпляров. Подписной индекс — 92385.

Выпускается по 6 номеров в год в двух тематических сериях:
«Деревообработка» и «Металлообработка».

- Целевая аудитория:
- Руководители, ведущие специалисты и специалисты-снабженцы станкостроительных, машиностроительных заводов и промышленных предприятий;
- Ведущие специалисты предприятий, которые производят или торгуют комплектующими к оборудованию;
- специалисты по внедрению новых технологий и инновациям;
- продавцы оборудования, инструмента и материалов;
- ведущие специалисты предприятий, оказывающих услуги по ремонту, модернизации и восстановлению оборудования;
- разработчики проектов автоматизации и управления;
- учебные заведения.
- Основные рубрики:
- современные технологии в металлообработке и сварке,
- оборудование,
- инструмент,
- компрессоры и насосы,
- контроль и диагностика,
- подъемно-транспортное и складское оборудование,
- CAD/CAM/CALS–технологии,
- материалы, комплектующие, покрытия,
- литье.

Распространение:

около 8 тыс. – подписка (Россия, Украина, Белоруссия);

2-3 тыс. – презентации на специализированных выставках, конференциях семинарах (Россия, Украина, Белоруссия, Германия, Турция);

2-3 тыс. – адресная редакционная рассылка (рекламная и по запросу).

Издание принимает активное участие в выставках и конференциях, проходящих не только в Украине, но и за рубежом.

В январе 2010 года журналу "Оборудование и инструмент для профессионалов" исполнилось 10 лет. Все эти годы мы были вместе с нашими коллегами – с теми, кто ищет передовые решения в области техники и организации производства, кто упорно «ломает голову» - и в итоге приходит к эффективному решению, кто способен преодолеть любые трудности на пути к достойной цели.

Для любого проекта 10 лет – это, как говорится, дата. Момент подведения определенных итогов. За прошедшее десятилетие журнал из черно-белого издания толщиной в полсотни страниц вырос в полноцветного красавца, кото-

рый коллектив редакции с гордостью представляет своим читателям и рекламодателям как в своем отечестве, так и за рубежом. В формировании идеологии журнала существенную роль сыграли специалисты и руководители Национальной компании «Укрстанкоинструмент», Министерства промышленной политики, Украинского союза промышленников и предпринимателей. Наши представители, корреспонденты и специалисты по рекламе побывали за эти годы на десятках выставок и конференций, в представительствах компаний и цехах заводов, число которых перевалило за несколько сотен. Журнал знают и читают в России, Белоруссии, Польше, Германии, Швейцарии, Италии, Японии и Турции. При этом отрядно заметить, что коллектив авторов увеличивается с каждым номером.



Всеукраинский прайсовый бюллетень **"Оборудование. Инструмент. Прайс-обозрение"** является эффективным инструментом для принятия правильных решений в повседневной работе.

Издание состоит из 60-80 страниц формата А4, с полноцветной обложкой и рекламными страницами. Содержит полную информацию по предложению на рынке оборудования и инструмента, комплектующих, материалов, запчастей (более 7000 позиций прайсовой информации в более, чем 40 рубриках). Выходит два раза в месяц.

Журнал "Оборудование. Инструмент. Прайс-обозрение" распространяется по подписке, адресной рассылке, и в специализированных магазинах, принимает участие во всех профильных выставках Украины.



Всеукраинский рекламный еженедельный бюллетень **«Металл дайджест»**. Дата регистрации издания – 20 января 1997 года. Это «первенец» компании «ЦентрИнформ» и первое из зарегистрированных в Украине изданий подобного рода.

Подписной индекс – 23897. Тираж: 12 тыс. экземпляров. Содержит более 15000 позиций прайсовой информации. Распространяется по всем 25 регионам Украины.

Целевая аудитория:

- производственные предприятия;
- строительные организации;
- металлоторгующие организации;
- производители металлопроката и метизов.

Основные рубрики:

- листовой прокат;
- сортовой и фасонный прокат;
- трубы;

- металлоизделия промышленного назначения;
- черные металлы и сплавы;
- цветные металлы и сплавы;
- электротехническая и кабельно-проводниковая продукция;
- услуги металлообработки;
- промышленное оборудование и инструмент

На страницах журнала вы всегда найдете свежую и полную информацию по наличию металла в Украине (ассортимент, цены, новости рынка). Распространяется издание по подписке через «Укрпочту», а также по редакционной подписке. За двенадцать лет работы коллективом редакции была сформирована собственная база рассылки журнала, в которую вошли практически все промышленные и строительные организации Украины, потребляющие металлопрокат и другую продукцию, представленную в нашем издании. База регулярно пополняется и актуализируется.

Журнал также бесплатно распространяется на крупных металлобазах и в профильных магазинах, принимает участие во всех профильных выставках Украины и ближнего зарубежья.

Более 400 фирм уже воспользовались нашей рекламной поддержкой. Популярность бюллетеня оправдана целевым распространением, направленностью издания на определенную аудиторию и оперативностью предоставления интересующих потребителя данных.

Постоянно работает бесплатная телефонная бизнес-справка по инструменту, оборудованию, материалам, металлопрокату.

Адрес редакции:

Украина, 61052, г. Харьков,
ул. Мало-Панасовская, 4/7, к. 39
т/ф: +38 (057) 712-20-40, 712-5082, 712-1508,
e-mail: et@indormdom.com;
<http://www.info-ua.com>

ИСТОРИЯ И ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ГРУППЕ КОМПАНИЙ «ВариУс»

Жовтобрюх В.А., директор, г. Днепропетровск

History and general information about the group of companies "VariUs".

2004 год – Технический Центр “ВариУс” открывается и, объединив в своем составе специалистов нескольких ведущих КБ, технологов с более чем 20 летним стажем и сотрудников, имеющих большой опыт работы в коммерческих предприятиях технического направления, ставит перед собой ряд задач, связанных с комплексным обеспечением украинских машиностроительных предприятий оборудованием, инструментом и оснасткой.

2005 год – Открытие департамента модернизации станков с ЧПУ, создание отдельной собственной лаборатории для качественной подготовки оборудования, тестирования и ремонта комплектующих систем управления, электро-

автоматики, сервоприводов и измерительных приборов.

2006 год – Создание учебного центра для новых сотрудников и специалистов заказчиков на базе лаборатории ЧПУ и комплектующих.

В этом же году нашими заказчиками становятся предприятия энергетической и металлургической отраслей благодаря участию специалистов ТЦ «ВариУс» в программах по мониторингу и балансировке тел вращения (валы и роторы ТЭЦ и АЭС, рабочие колеса дымососов и компрессорных станций металлургических комбинатов и пр.)

2007 год – Открытие компании «ТаегуТек Украина» в г.Днепропетровске совместно с TaeguTec (Ю.Корея) для обеспечения качественного технологического сопровождения поставок инструмента и оснастки TaeguTec. Начало активной инжиниринговой деятельности.

2008 год - В феврале месяце создана самостоятельная компания ООО «ВариТек», специализирующаяся исключительно на поставках современного металлообрабатывающего оборудования. Предприятие обеспечивает пусконаладочные работы, обучение, гарантийное и сервисное обслуживание.

2009 год - Открыт филиал компании в г. Ростов-на-Дону (РФ) - компания Инженерный Центр «ТаТехнология» для возможности оперативного реагирования на заказы российских клиентов, а также для обеспечения качественного сервиса поставленного российским клиентам металлообрабатывающего оборудования.

2010 год – Для обеспечения бесперебойного обеспечения своих заказчиков оборудованием и оснасткой на базе транспортного отдела ТЦ «ВариУс» создан логистический центр ООО «ГудВей Транс».

В настоящее время:

Технический Центр «ВариУс» является одной из крупнейших компаний Украины в области разработок технологических процессов и комплексного оснащения предприятий металлорежущим оборудованием, инструментом и оснасткой.

Специалисты технологического отдела нашего центра (всего более 50 человек) ориентированы на выполнение полного цикла работ по подготовке, запуску и обеспечению, а также сопровождению производственной программы заказчика.

В результате, еще до приобретения оборудования и пр., заказчик точно знает сумму планируемых затрат, будущую производительность, имеет циклограмму производства каждой детали и, соответственно, знает себестоимость продукции.

Наличие в штате компании **Сервисного Центра** по обслуживанию станков с ЧПУ позволяет свести к минимуму простой производства из-за выхода из строя оборудования.

Кроме того, мы обеспечиваем заводских технологов всей необходимой или новой информацией о возможностях оборудования и другой информационной поддержкой с целью обеспечения наивысшей производительности производства и качества продукции.

Работа с Техническим Центром «ВариУс» постоянно сопровождается технико-экономическими семинарами на базе нашего обучающего центра или на промышленной площадке заказчика, а также на территории производителей

оборудования и инструмента в Германии, в Ю.Корее, в Испании и т.д.

Главное наше преимущество: за весь процесс подготовки производства отвечает одна компания. Перебрасывание ответственности за несоответствие планов и результата со станочников на инструментальщиков и обратно становится невозможным. Ответственность – наше второе имя!!!



Наши партнеры



Мировой лидер в производстве металлорежущего инструмента и оснастки **TaeguTec** (Южная Корея). Производство твердосплавных порошков и индустриальной продукции (твердосплавные прокатные валки, ролики, стержни и пр.). Специальный инструмент и лучшие технологические решения в области машиностроения.



Один из пяти крупнейших в мире производителей металлорежущих станков (Южная Корея). Предлагает лучшие в мире решения в серии вертикальных и горизонтальных токарных обрабатывающих центров, а также в производстве 3-х, 4-х и 5-ти координатных фрезерных обрабатывающих центров.



Обрабатывающие центры и оснастка (Германия) для массового производства точных изделий (от 100 тысяч штук в год) или для производства суперсложных деталей с огромной производительностью за одну установку. Лучшие в мире решения для автомобилестроения.



Весь спектр лазерных технологий (экономичный, скоростной и высококачественный раскрой металла и неметаллических материалов, прецизионная сварка и маркировка). Третий в мире по объему продаж производитель лазерного оборудования. Лучшая в Украине стоимость.



Производитель станков для глубокого сверления (Германия), которые используют все существующие инструментальные системы: ELB, BTA, DTS.



Ленточнопильные станки «**Jaespa**» (Германия) представляют собой большую гамму горизонтальных и вертикальных станков для резки под углом, а также в двух плоскостях одновременно. Лучшие решения в области крупногабаритных и специальных станков.



Фрезерные станки и обрабатывающие центры «**Millstar**» (Тайвань). Характеризуются усиленной станиной и невысокой стоимостью. Лучшая экономичная альтернатива при ограниченном бюджете даже сложных проектов.



Испанские токарные станки «**TRAVIS**». Экономичное решение для нагруженной токарной обработки. Усиленная станина и плоские направляющие во всех без исключения моделях.



Компания «**WIKUS**» (Германия) является ведущим мировым производителем ленточных пил с многолетними традициями и опытом. «**WIKUS**» имеет возможность предложить профессиональные решения для всех типов задач, возникающих в заготовительном производстве.



«**I.D.F.**» - ведущий европейский производитель измерительного инструмента и контрольно-измерительных приборов. Широкая гамма инструмента нониусного и цифрового исполнения. Помимо стандартной номенклатуры, «**I.D.F.**» специализируется на изготовлении специального и нестандартного инструмента.



Производитель систем ЧПУ (Россия). Лучший вариант для установки на модернизируемые станки советского производства. Экономичный и функциональный вариант для быстрого запуска производства при наличии хорошо сохранившегося в механической части оборудования.



Производитель электроприводов и двигателей постоянного тока (Болгария). Лучшее решение для восстановления работоспособности оборудования выпуска 80-х, 90-х годов.



UAB «Precizika Metrology» - производитель цифровых измерительных систем и индикации (Литва). Широкая номенклатура опико-электрических преобразователей для станков (угловые и линейные датчики перемещений).



ЗАО «ЗЭТ» - Российский производитель многофункциональных преобразователей и анализаторов для различных видов задач, а также программного обеспечения. С помощью такого оборудования возможно осуществлять диагностику и мониторинг любого технологического процесса и эффективно управлять им.



«**ESPRIT**» - CAM система для решения широкого спектра задач программирования обработки станков с ЧПУ



Минские агрегатные станки зарекомендовали себя на постсоветском пространстве как надежное оборудование для решения уникальных по сложности и производительности задач.

Наши партнеры



Мировой лидер в производстве металлорежущего инструмента и оснастки **TaeguTec** (Южная Корея). Производство твердосплавных порошков и индустриальной продукции (твердосплавные прокатные валки, ролики, стержни и пр.). Специальный инструмент и лучшие технологические решения в области машиностроения.



Один из пяти крупнейших в мире производителей металлорежущих станков (Южная Корея). Предлагает лучшие в мире решения в серии вертикальных и горизонтальных токарных обрабатывающих центров, а также в производстве 3-х, 4-х и 5-ти координатных фрезерных обрабатывающих центров.



Обрабатывающие центры и оснастка (Германия) для массового производства точных изделий (от 100 тысяч штук в год) или для производства суперсложных деталей с огромной производительностью за одну установку. Лучшие в мире решения для автомобилестроения.



Весь спектр лазерных технологий (экономичный, скоростной и высококачественный раскрой металла и неметаллических материалов, прецизионная сварка и маркировка). Третий в мире по объему продаж производитель лазерного оборудования. Лучшая в Украине стоимость.



Производитель станков для глубокого сверления (Германия), которые используют все существующие инструментальные системы: ELB, BTA, DTS.



Ленточнопильные станки **«Jaespa»** (Германия) представляют собой большую гамму горизонтальных и вертикальных станков для резки под углом, а также в двух плоскостях одновременно. Лучшие решения в области крупногабаритных и специальных станков.



Фрезерные станки и обрабатывающие центры **«Millstar»** (Тайвань). Характеризуются усиленной станиной и невысокой стоимостью. Лучшая экономичная альтернатива при ограниченном бюджете даже сложных проектов.



Испанские токарные станки **«TRAVIS»**. Экономичное решение для нагруженной токарной обработки. Усиленная станина и плоские направляющие во всех без исключения моделях.



Компания **«WIKUS»** (Германия) является ведущим мировым производителем ленточных пил с многолетними традициями и опытом. **«WIKUS»** имеет возможность предложить профессиональные решения для всех типов задач, возникающих в заготовительном производстве.



«I.D.F.» - ведущий европейский производитель измерительного инструмента и контрольно-измерительных приборов. Широкая гамма инструмента нониусного и цифрового исполнения. Помимо стандартной номенклатуры, **«I.D.F.»** специализируется на изготовлении специального и нестандартного инструмента.



Производитель систем ЧПУ (Россия). Лучший вариант для установки на модернизируемые станки советского производства. Экономичный и функциональный вариант для быстрого запуска производства при наличии хорошо сохранившегося в механической части оборудования.



Производитель электроприводов и двигателей постоянного тока (Болгария). Лучшее решение для восстановления работоспособности оборудования выпуска 80-х, 90-х годов.



UAB **«Precizika Metrology»** - производитель цифровых измерительных систем и индикации (Литва). Широкая номенклатура опико-электрических преобразователей для станков (угловые и линейные датчики перемещений).



ЗАО «ЗЭТ» - Российский производитель многофункциональных преобразователей и анализаторов для различных видов задач, а также программного обеспечения. С помощью такого оборудования возможно осуществлять диагностику и мониторинг любого технологического процесса и эффективно управлять им.



«ESPRIT» - CAM система для решения широкого спектра задач программирования обработки станков с ЧПУ



Минские агрегатные станки зарекомендовали себя на постсоветском пространстве как надежное оборудование для решения уникальных по сложности и производительности задач.

Работа над проектами

В рамках любой комплексной задачи (Проекта) нами могут быть предложены услуги по наиболее эффективному подбору оборудования, оснастки, инструмента и по отладке технологии обработки с последующим сопровождением.

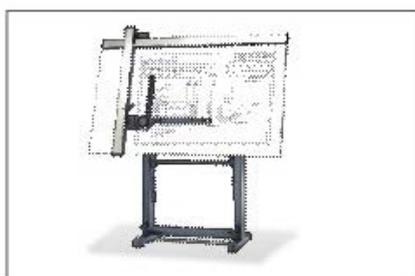
В результате, еще до приобретения оборудования и пр., Вы будете точно знать сумму планируемых затрат, будущую производительность, иметь циклограмму производства каждой детали и, соответственно, себестоимость продукции.

Мы поможем не только заранее рассчитать себестоимость планируемой к выпуску продукции, но и доказать эффективность выбранной нами технологии путем выполнения экономических расчетов.

Оборудование, инструмент, оснастка, режимы будут подобраны таким образом, чтобы обеспечить максимальную программу выпуска деталей при минимальных инвестициях. Мы поможем избежать так называемых «узких мест» и вызванного в связи с этим простоя оборудования.

Главное: за весь процесс будет отвечать одна компания. Перебрасывание ответственности за несоответствие планов и результата со станочников на инструментальщиков и обратно становится невозможным.

Для топ-менеджеров компаний, собственников и служб экономической безопасности наши специалисты предлагают прочитать серию семинаров по расчету действительной экономической эффективности процессов из области механообработки.



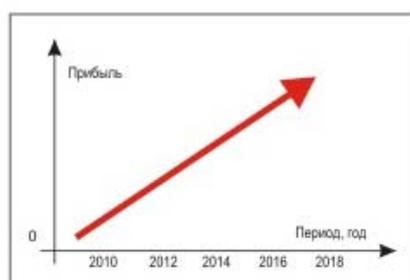
Разработка технологических проектов



Формирование технического задания

Трудоемкость обработки (Т)	час	6,9	0,8		
Затраты на инструмент (3 метра)	грн	23,60	5,38	5,14	7,24
Затраты на оборудование (3 образц)	грн	171,24	18,06	16,41	26,61
Затраты на материал (3 шт) (градированы)	грн	120,33	19,53	24,18	20,37
Прочие расходы (У дкс) (дополнительные начисленные расходы без учета расходов на оборудование и инструмент)	грн	180,5	20,3	36,26	30,56
Суммарно затраты (Зит)	грн	467,84	74,00	100	100
Экономия затрат на 1 деталь	грн		423,04	чел	20,12
Эффективность применения технологии ТЦ "ВариУс"					
При обработке det.	на операции №		При программе №	100	деталей
Сокращение затрат и		4,70	1800 на	10000	грн и чел.
Сокращение трудоемкости (Т) и		0,620	1800 на	0,10	чел/ч и чел.
Функциональнo увеличенo затрат (1 комплект «Партия» корпусов фрезы + 10 клапанов)		6,14	деталей		
Функциональнo увеличенo количество клапанов (10 клапанов)		1	деталей		
Количество деталей, обработанных за час					

Технико-экономическое обоснование



Возврат инвестиций

Производственная программа компании
«Doosan Infracore Machine Tools»



Горизонтально-токарные



Вертикально-токарные



Серия «Swiss Turn»



Токарно-фрезерные



Вертикально-фрезерные



Горизонтально-фрезерные



Автоматические линии



Обработка колесных дисков



Электроэрозионные



Сверлильно-расточные



Токарно-карусельные



Портальные ОЦ

R&D-центр

Как известно, лучшее оборудование может быть создано только на базе лучших технологий. Мы всегда делаем все возможное для внедрения современных технологий в каждый свой продукт.

Центр разработки оптимальных решений



Центр разработки технологий
(пресс-формы и штампы)



Центр разработки технологий
(многофункциональные ОЦ)



Исследовательский центр
(оценка надежности работы оборудования)



Расчет управляющих программ

Компания **ТЦ «ВариУс»** – поставщик **CAM** программного обеспечения для автоматизированного проектирования обработки на оборудовании с числовым программным управлением в Украине на базе системы **ESPRIT**.

ESPRIT – флагманский продукт **DP Technology**, являющийся мощной и надежной системой для программирования обработки на фрезерных, токарных, электроэрозионных и многозадачных токарно-фрезерных станках.

В ЧЕМ ПРЕИМУЩЕСТВА:

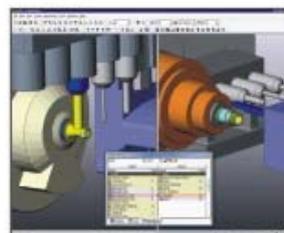
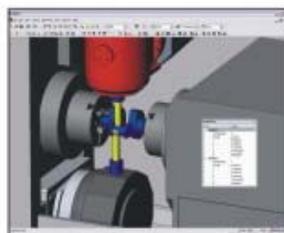
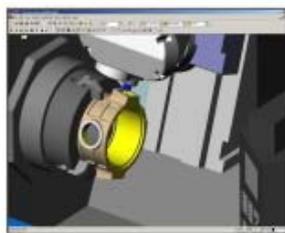
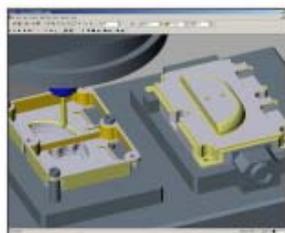
Политика компании разработчика **DP Technology™** (США) заключается в обеспечении технологов и программистов станков с ЧПУ самым мощным программным обеспечением в мире, основанном на понимании современных технологий и желании добиться совершенства.

ESPRIT – ЭТО ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНАЯ, МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ CAM СИСТЕМА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ШИРОКОГО СПЕКТРА ЗАДАЧ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ОБРАБОТКИ СТАНКОВ С ЧПУ

Программное обеспечение **ESPRIT** работает более чем на 15 000 предприятиях по всему миру и доступно на 15 языках, включая русский. Полнота функциональности системы заключается в способности работать с самыми сложными станками. **ESPRIT™** удовлетворяет самых требовательных программистов. Инженеры-технологи во всем мире предпочитают работать с **ESPRIT** в различных производственных областях: от медицины до авиации. **ESPRIT™** – это правильный выбор для программистов, станочников, инженеров, а также всех тех, кто хочет использовать максимальные возможности оборудования и быть свободным в выборе стратегии обработки.

РАБОТАЙТЕ СУВЕРЕННОСТЬЮ!

Высокопроизводительная система **ESPRIT** предлагает мощные средства для любого станка с ЧПУ. Функциональность **ESPRIT** включает программирование фрезерной обработки от 2-х до 5-ти осей, токарной обработки от 2-х до 22-х осей, электроэрозию от 2-х до 5-ти осей, многозадачных токарно-фрезерных станков с синхронизацией, станков с осью В. Упростите создание операций обработки при помощи гибких возможностей системы **ESPRIT**, оцененных программистами за широкое использование станочных циклов, всесторонний контроль инструмента и способность осуществлять поддержку всего производства.



ОБРАБАТЫВАЙТЕ ДЕТАЛИ ЛЮБОЙ СЛОЖНОСТИ!

ESPRIT предлагает прямой CAD/CAM интерфейс для импорта моделей из различных источников без необходимости правки или перестроения. **ESPRIT** позволяет обрабатывать любую комбинацию твердых тел, поверхностей, каркасной геометрии или STL, обеспечивая вас производственной гибкостью. Начало работы со 100% правильной и точной геометрий устраняет трудности в работе со сложными деталями и существенно уменьшает время программирования.

Универсальный постпроцессор **ESPRIT™** позволяет выводить правильный G-код для полного использования возможностей оборудования. С **ESPRIT** вы получаете проверенную библиотеку стандартных постпроцессоров. Дополнительные постпроцессоры сертифицированы для большинства известных в мире станочных брендов, открытая архитектура позволяет легко настроить любой постпроцессор под собственные желания и цеховые требования. Безошибочный код **ESPRIT™** дает вам максимальное использование станка и оптимальное качество детали по минимально возможной стоимости.



ООО ИНЖИНИРИНГОВАЯ КОМПАНИЯ «ТВИСТ»
49000, г. Днепропетровск, ул. Винокурова, 11
Факс: (056) 790-40-80, Тел: (056) 790-26-87; 790-26-61
ОКПО 37148909, № св-ва о регистрации 12241020000050036
www.twist.dp.ua admin@twist.dp.ua

ТОВ ІНЖИНІРИНГОВА КОМПАНІЯ «ТВИСТ»
49000, м. Дніпропетровськ, вул. Винокурова, 11
Факс: (056) 790-40-80, Тел: (056) 790-26-87; 790-26-61
ОКПО 37148909, № св-ва про реєстрацію 12241020000050036
www.twist.dp.ua admin@twist.dp.ua

СОБСТВЕННИКУ ПРЕДПРИЯТИЯ!

- если Вы купили или имеете оборудование с ЧПУ;
- если Вы устали от постоянных сбоев в работе станков из-за неквалифицированного персонала;
- если Вы хотите использовать возможности Вашего оборудования на 100%;
- если Вы хотите достичь максимальной производительности;
- если Вам необходимо лицензионное программное обеспечение для станков с ЧПУ по нормальной стоимости, признаваемое во всем мире, совместимое с любыми существующими компьютерами и программами, подходящее к любому оборудованию или системе управления, а также понятное каждому технологу с рядовой квалификацией после простейшего обучения:



Вам необходима САМ-программа **ESPRIT** – самый популярный продукт во всем мире, который стоит в среднем на 30-50% дешевле любого конкурента.
Для покупателей и поставщиков нового современного оборудования с ЧПУ имеется специальное предложение – скидка 20% при вводе станка в эксплуатацию.

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

“ТЕХНОПОЛИС”

02090, Украина, г. Киев, ул. Сосурь 7, оф. 15
Тел.: (+38044) 292-04-79; 451-86-51;
Тел./факс: (+38044) 536-16-32, 536-16-33.

www.technopolice.com.ua

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ МЕТАЛЛООБРАБОТКА

технологические проекты
оснащение производств
инструментальное обеспечение
информационная поддержка



Г Р У П П А
ТЕХНОПОЛИС

www.technopolice.ru

technopolice@ukr.net;

Уважаемые господа!

ООО «Технополис» (www.technopolice.com.ua) входит в состав предприятий ГРУППЫ ТЕХНОПОЛИС (www.technopolice.ru) - компании с более чем десятилетней историей. Группа ТЕХНОПОЛИС разрабатывает и реализует свою технологическую политику, стремясь предложить машиностроителям наиболее эффективные технологии обработки металлов резанием. Мы предлагаем комплексные технологические решения. Диапазон решений - от комплексного реинжиниринга (проектирования) механического производства или его технологического аудита до проекта обработки «под ключ» конкретной детали. Для реализации разработанных нами проектов мы предлагаем современное высокотехнологичное оборудование и инструмент от ведущих европейских фирм-производителей.

Всего Группой ТЕХНОПОЛИС разработано более 300 проектов механической обработки деталей и узлов, поставлено и сдано в эксплуатацию десятки единиц оборудования.

За 3 последних года специалистами компании были реализованы проекты на ряде крупнейших предприятий: Группа ГАЗ, ОАО «КАМАЗ», ОАО «Волгабурмаш», ЗАО «Петербургский тракторный завод», ЗАО «Щербинка Отис Лифт», ЗАО МК «Уралмаш», ОАО «ПО МУРОММАШЗАВОД», ОАО «НПК Уралвагонзавод», ЗАО «Новокраматорский машиностроительный завод», ОАО «Гидросила», ОАО «МеЗТГ», КГАЗ «АВИАНТ» (г.Киев), ЗАО «Горловский машиностроительный завод»; ОАО «НТЗ» (г.Днепропетровск);

Результатом совместного плодотворного сотрудничества в 2008-2010гг. стало создание современного, высокопроизводительного участка станков с ЧПУ на заводе «Харверст» и поставка современных обрабатывающих центров производства фирмы «Chiron» на Харьковское государственное авиационное производственное предприятие.

Группа с 2000 года издает собственный [журнал по металлообработке «Стружка»](#), информирующий читателей о самых современных технических решениях. С 2007 года совместно с издательством Альпина Бизнес Букс мы выпускаем книги серии «Производственный менеджмент». Уже вышли в свет [книги «Проектирование промышленных предприятий», «Расчет затрат для инженеров»](#) и «Управление организациями и производством».

На данном этапе своего развития мы предлагаем поставки оборудования, режущего и вспомогательного инструмента известных европейских производителей (со многими из которых у нас налажено сотрудничество на уровне эксклюзивного представительства):

- многоцелевые токарные станки;
- фрезерно-расточные обрабатывающие центры;
- горизонтально-расточные станки;
- зубофрезерные станки, станки для обработки роторов, станки для снятия фасок и заусенцев, а также зубошлифовальные станки, зубодолбежные станки, зубошевинговальные станки с ЧПУ;
- станки с ЧПУ для изготовления и переточки инструмента, универсальные заточные станки, а также приборы настройки инструмента вне рабочей зоны станка;
- балансировочные станки для инструментов;
- установки фирмы «Platit» (Швейцария) для нанесения износостойких покрытий на режущий инструмент, штампы, пресс-формы и др. детали методом физического осаждения;
- широкой гаммы режущего и вспомогательного инструмента, включая инструменты таких хорошо зарекомендовавших себя торговых марок как «Kennametal», «Fette», «Mapal», «Samputensili»;
- прецизионная оснастка для растачивания, торцевания, фрезерования, сверления и нарезания резьбы фирмы «D'Andrea»;
- универсальные одно- и многоместные тиски с ручным и механизирован-

- ным приводом, универсально-сборочные приспособления (УСП), угловые головки для обрабатывающих центров;
- зажимные устройства (патроны, люнеты);
 - резьбонарезные манипуляторы “Roscamat”(Испания);
 - инструмент от фирмы “Ecoroll” (Германия) для механического накатного полирования и упрочняющего накатывания;
 - измерительный инструмент и приборы, включая портативные приборы для контроля шероховатости и твердости, а также высокоточные измерительные комплексы для измерения деталей с зубчатыми венцами фирмы “Mahr” (Германия).

В качестве услуги мы предлагаем переточку режущего инструмента, восстановление или нанесение защитных износостойких покрытий на режущем инструменте общего назначения, матрицах, пуансонах и т. д. с помощью комплекса, включающего в себя универсальный 5-ти осевой заточной станок с ЧПУ и комплект оборудования по восстановлению и нанесению износостойких покрытий.

Надеемся, что Вас заинтересуют услуги, предлагаемые нашей компанией, а наши возможности и практический опыт не оставят у Вас сомнений в том, чтобы рассматривать ГРУППУ ТЕХНОПОЛИС в качестве перспективного и полезного технологического партнера.

С уважением,

Директор ООО «Технополис», канд. техн. наук

Шевелев А.Д.

ООО «ЦЕНТР ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ МЕМ»
(г. Днепропетровск)

49098, Украина, м. Дніпропетровськ,
вул. Прогресивна 6.8, к.92
р/р 26005033775102 у АКІБ «УкрСиб-
банк»,
МФО 351005, ЗКПО 33517193,
ІПН 335171904613, св-во 03927858
ТОВ «ЦТП «МЕМ»



49098, Украина, г. Днепропетровск,
ул. Прогрессивная д.8, к.92
р/с 26005033775102 в АКІБ «УкрСиб-
банк»,
МФО 351005, ОКПО 33517193,
ИНН 335171904613, св-во 03927858
ООО «ЦТП «МЕМ»

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИНИМАЕМЫХ РЕШЕНИЙ

ООО «ЦТП МЕМ» предлагает ведущие инструментальные бренды:



Немецкий инструментальный концерн «Hahn+Kolb» предлагает многообразие продукции и её качество: от сверла до станка.



Металлорежущий инструмент (Atorn, Orion, Komet).

Оснастка станочная - Оправки инструментальные (Schunk, Rohm, Diebold, Fahrion, Kesel, AMF, Atorn, Orion).

Контрольно-измерительные приборы (Tesa, Mitutoyo, Diatest, Preisser, JFA, Leica, BMI, Atorn, Orion).

Специальные измерительно-контрольные приборы (Ridgid, Eltrotec, Vision, Zeiss, Elma, Kern, Metron, Elcometer).

Производственная мебель (Raaco, Gedore, Sortimo, Parat, Hazet, Bimos, Meta, Anke, Zarges, WTS, H&K).

Слесарно-монтажный инструмент и приспособления (Gedore, Ridgid, Wiha, Dick, Wera, Hazet, Stahlwille, Knipex, VBW, Weidmuller, Gesipa, EWO, Ersa, ASW, Atorn, Orion, Bessey, Shaviv).

Абразивный инструмент и химическая продукция (Rhodius, Lapport, Orion).

Вспомогательный ручной инструмент, грузоподъемные, механизмы станки (Bosch, CP, IR, Yokota, Metabo, Fein, Autostat, Demag, Biax, Flott. Meba, Klaeger, Cuogi, HURON, Schroder, Carbolite).

NPK Компания «**NPK**» является ведущим японским производителем ручного пневматического инструмента предназначенного для промышленного применения. Клиенты и потребители продукции **NPK** – крупнейшие японские и мировые компании. В Украину инструмент поставлялся еще во времена СССР и отлично себя зарекомендовал на ведущих предприятиях Украины.

Основные группы инструмента:

Металлообрабатывающий

Шлифовальные и зачистные машины

Молотки отбойные и рубильные

Молотки клепальные

Трамбовки

Сборочный

Гидроимпульсные шуруповёрты и гайковёрты

Ударные шуруповёрты и гайковёрты

Угловые ударные гайковерты

Электронные системы точной настройки момента



Компания «**MENLO**» является одним из лидеров североамериканского рынка по производству и продаже концевой твердосплавного инструмента. Широкое предложение (от концевой фрезы до развертки и зенковки, включая борфрезы), уникальные геометрии режущих кромок, новейшие износостойкие покрытия делают инструмент **MENLO** более эффективным и выгодным для использования в Вашем производстве.



Надеемся на плодотворное сотрудничество,

Коллектив ООО «ЦТП «МЕМ»

УДК 621.002.2 (03)

КОММЕРЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ЗАКРЫТОГО АКЦИОНЕРНОГО ОБЩЕСТВА "АГРО-СПЕКТР"

Микаилов З.Ш-о., Генеральный директор (г. Днепропетровск)

Commercial offers a closed joint stock company "Agro-Spektr" - a major supplier of tool and in the eastern region of Ukraine.

ЗАО "Агро-Спектр" является одним из крупных поставщиков инструмента и технологической оснастки в восточном регионе Украины, а также официальным дилером 17 крупнейших инструментальных заводов стран СНГ и представителем 4 инструментальных компаний стран Западной Европы. Располагает достаточным количеством складских помещений, производственной базой "Днепропетровский завод специнструмента", реализующего свою продукцию через ООО "Торговый дом "Агро-Спектр", парком грузовых и легковых автомобилей, современным компьютеризированным офисом и информационными технологиями.

Номенклатура предлагаемого инструмента насчитывает более 6 тысяч наименований. Больше всего пользуются спросом следующие группы товаров:

- бакелитовые армированные зачистные и отрезные круги (Луга, Запорожье, Австрия, Франция);
- абразивные шлифовальные круги на керамической, вулканической и бакелитовой связках, а также шлифовальная шкурка производств ОАО "ЛАЗ" (г. Луга), ЗАО "Росси" (г. Челябинск), ОАО "ИСМА" (г. Иваново), ОАО "БАЗ" (г. Белгород), ОАО "ЗАК" (г. Запорожье);
- пилы ленточные "ARNTZ" (Германия), "ТОМЕТ" (Австрия);
- патроны токарные (Китай, Беларусь);
- молотки отбойные типа МО и пневматические шлифовальные машинки ШПР-2014, ШПУ-2106 производства ООО "Днепропетровский завод специнструмента" (г. Днепропетровск);
- пневматический инструмент (Россия, Китай);
- резцы токарные, фрезы, сверла с механическим креплением режущих пластин фирмы "PRAMET" (Чехия);
- пластины сменные твердосплавные торговой марки "PRAMET" (Чехия);
- ключи гаечные российского производства "КЗСМИ" (г. Камышин);
- напильники в широком ассортименте (Россия, Украина);
- нестандартный инструмент и специальные резцы производства ООО "Днепропетровский завод специнструмента" (г. Днепропетровск).

Предлагаем также слесарно-монтажный, мерительный, алмазный, металлорежущий (метчики, плашки, резцы токарные напайные), станкопринадлежности и прочий инструмент.

На весь изготавливаемый нашим предприятием инструмент выдаются паспорта и сертификаты качества на фирменных бланках ЗАО "Агро-Спектр", позволяющих предприятию избежать приобретение некачественного товара.

Предлагаемый товар китайского производства – достойного качества. Производитель тщательно подобран, а его товар предварительно протестирован в лабораторных условиях нашего производственного участка и опробован потребителями.

Надеемся, наше коммерческое предложение откроет новые возможности взаимного сотрудничества.

Адрес: 49055 Украина, г. Днепропетровск, ул. Строителей, 34, корпус 58, к. 9, телефоны: 050-453-63-11 (Гриднев Александр Алексеевич); 0562-365829; 0562-365830; 056-776-76-88 (вн. 115); E-mail: gridnev@agrospektr.dp.ua

УДК 621.002.2 (03)

**ПРОГРЕССИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ИНСТРУМЕНТОВ
ПРОИЗВОДСТВА ООО "ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ЗАВОД
СПЕЦИНСТРУМЕНТА"**

Гриднев А.А., инженер

(ЗАО "Агро-Спектр", г. Днепропетровск)

Characteristics of instruments produced by Dnepropet Cooper Works special tool.

ООО «Днепровский завод специнструмента» (ДЗС) родился 10 ноября 2008г. Предприятие специализируется на производстве металлорежущего инструмента для металлургической и трубной промышленности, и продает свою продукцию через торговый дом ЗАО «Агро-Спектр» в Украине, России и Белоруссии.

Помимо широкого спектра нестандартного инструмента наше предприятие может предложить изготовление и поставку специального металлорежущего инструмента, который изготавливается по эскизам, образцам, техническим заданиям, а также может быть спроектирован и изготовлен в соответствии с имеющимся образцом и применительно к технологическому процессу существующему на предприятии заказчика.

Вся продукция изготавливается на современном оборудовании производственных цехов ДЗС. Предприятие создано на базе производственного отдела ЗАО «Агро-Спектр», поправу занимающего ведущее место в системе производителей специального инструмента.

На заводе работают высококвалифицированные специалисты обеспечивающие стабильное качество нашей продукции, что подтверждается сертификацией предприятия в соответствии с требованиями международного стандарта 150 9001:2008.



Spinner VC 860



Spinner U5-620



Начиная с 2008 года в целях улучшения качества продукции, ее повторяемости и ускорения выполнения специальных заказов ООО «ДЗС» приступил к исполнению программы модернизации оборудования и технологических процессов.

В 2008-2009 году введены в эксплуатацию самые современные пятикоординатные фрезерные обрабатывающие центры VC860 и U5-620 производства Spinner (Германия).

В 2010 году планируется установка и освоение пятикоординатного фрезерного обрабатывающего центра и токарного обрабатывающего центра.

В настоящее время нами освоено изготовление более 1000 наименований нестандартного инструмента, более 300 из которых находятся регулярно в серийном производстве в серийном производстве. Основные группы инструмента освоенные в производстве ООО «ДЗС» предлагаются Вашему вниманию.

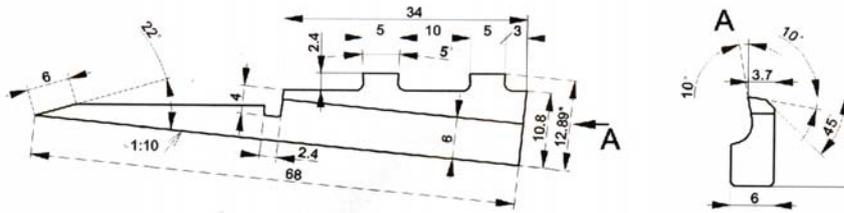


1. Резцы цельные:

- разделка трубных досок (цельные отрезные резцы типа КТР-32 из быстрорежущей стали марки Р6М5);
- торцовка труб (цельные торцовочные резцы типа ОР-1401 из быстрорежущей стали марок Р6М5 и Р18);
- отрезка труб (цельные отрезные резцы из быстрорежущей стали марки Р18 для трубореза ПТК);
- наружное точение (цельные отрезные резцы типа ЛР из быстрорежущей стали марок Р6М5 и Р18).

Разделка трубных досок

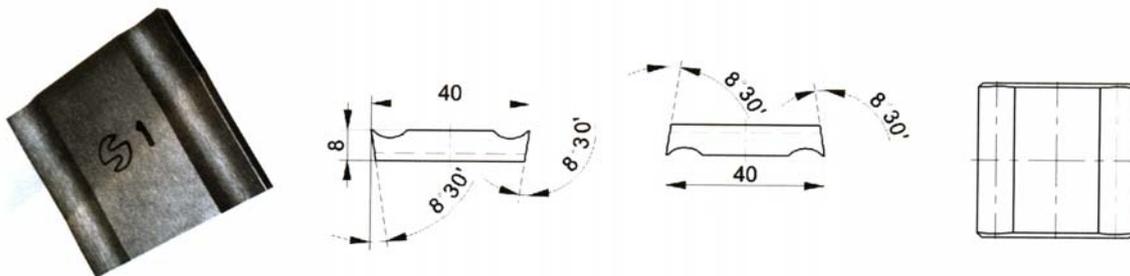
КТР-32 ▲



Цельные отрезные резцы типа КТР-32 из быстрорежущей стали марки Р6М5.

Торцовка труб

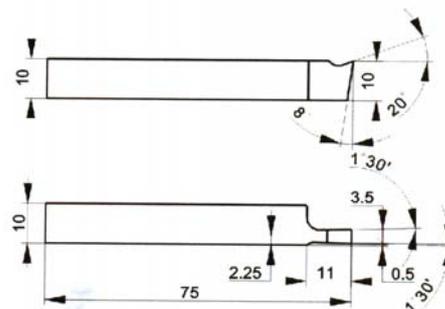
ОР-1401 ▲



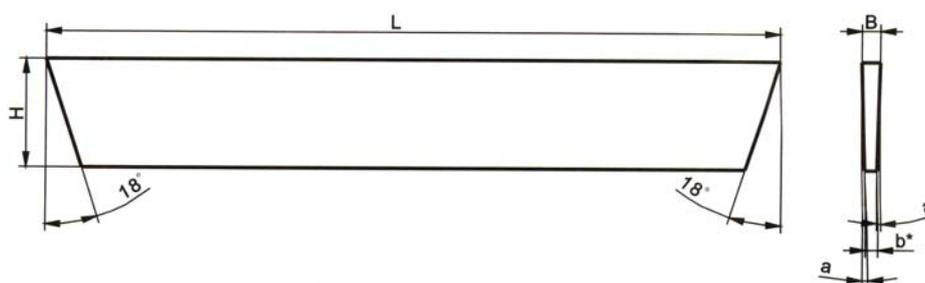
Цельные торцовочные резцы типа ОР-1401 из быстрорежущей стали марок Р6М5 и Р18

Отрезка труб

Р18 ▲



Цельные отрезные резцы из быстрорежущей стали марки Р18 для трубореза ПТК



Размеры в мм

Обозначение	L	H	B	b*	a, град.	Масса, кг
ЛР 5 x 30 x 200	200	30	5	3,4	1°30'	0,22
ЛР 6,5 x 28 x 200	200	28	6,5	5	1°30'	0,247
ЛР 6,5 x 32 x 200	200	32	6,5	3,9	2°20'	0,225
ЛР 7 x 32 x 200	200	32	7	5,3	1°30'	0,274
ЛР 8 x 34 x 250	250	34	8	6,2	1°30'	0,439
ЛР 8 x 35 x 250	250	35	8	6,2	1°30'	0,475
ЛР 8 x 42 x 250	250	42	8	5,8	1°30'	0,594
ЛР 10 x 45 x 250	250	45	10	7,6	1°30'	0,747

Цельные отрезные резцы типа ЛР из быстрорежущей стали марок Р6М5 и Р18.

2. Резцы напайные:

- резец для срезки грата на ободьях (резцы для расточки редукционных клетей трубопрокатных станов);
- резец проходной типа БТ-02;
- резец отрезной типа К-01;
- резец радиусный типа Н17-89А;
- рифленые ножи типа 2021-0015 для фрез;
- резцы фасонные для обработки бортовой закраины колес.

3. Резцы с механически креплением режущих пластин для наружного точения:

- наружное точение – ISO-C (ISO-D, ISO-P, ISO-X);
- нарезание наружной резьбы – ISO-C (ISO-M).

4. Резцы с механически креплением режущих пластин для растачивания:

- растачивание ISO-P;
- снятие грата ISO-P;
- наружное точение ISO-P;
- нарезание внутренней резьбы;
- блоки для внутренней расточки;
- подрезка торца.

5. Вращающийся инструмент:

- сверло трепанирующее СВ.30 под пластины WCMX 050308 (для высверливания образцов);
- сверло СВ.22 Ø 22 мм под сменные пластины WCMX 050308 R-51 и WCMX 050308 R-53;
- зенкер конический специальный А574 под пластины TCMT 16T308E-UR;
- фреза трепанирующая 100E4R100E4SRD12;
- фреза коническая специальная;
- зенкер конический специальный Т-2-05 под пластины SPKR 1203EDSR;
- фреза специальная канавочная 45E4RE050E03-SRD10.

6. Клейма.

7. Зубила и пики.

8. Шаблоны

9. Детали оборудования

10. Ножи к прессам для переработки металлолома

11. Пневмоинструменты

Машина ручная шлифовальная пневматическая радиальная ШПР-2014 для зачистки сварных швов, стального и чугунного литья, металлоконструкций



Молоток отбойный пневматический МО-2 для разрыхления твердого промерзшего грунта, пробивки проемов и отверстий в кирпичных стенах зданий, разборки кирпичных кладок, раскалывания льда, добычи мягких руд, глины, сланца и других строительных и горных работ



**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА АО «АЛТА» В УКРАИНЕ**

Машко А.А., Глава представительства (г. Киев)

This article describes the main activities in the representation of joint-stock company "Alta" in Ukraine.

Способность реализовать сложные коммерческие операции, удовлетворяя при этом индивидуальные запросы и потребности заказчиков, обеспечивает высокую конкурентоспособность компании. Первые контакты Компании «АЛТА» в Украине установились в 1991 году. Основным направлением делового взаимодействия стали поставки железной руды из Украины в Чешскую республику и Австрию. В последнее время произошло расширение сотрудничества с рядом горнодобывающих компаний, работающих в Криворожской области. Крупные проекты были осуществлены в сфере технологии добычи и переработки руд. Весомое участие Компания принимала в реконструкции технологических линий ОАО «Полтавский горно-обогатительный комбинат» (1995-1999 гг.) и ЗАО «Запорожский железорудный комбинат» (с 1998 г. до настоящего времени). В 2003 г. «АЛТА» реализовала поставку первой линии по производству битумных смесей для ОАО «АБЗ» (г. Киев). В 2006-2007 гг. осуществлены поставки следующих двух линий для этого же партнёра. В 2006 г. был подписан контракт на поставку линии по производству кирпича для ООО «Кузминецкий кирпичный завод». В 2008 г. подписан контракт на поставку шести портално-фрезерных станков для ЗАО «Новокраматорский машиностроительный завод» (Донецкая область). Всего в рамках данного проекта было поставлено 17 агрегатов – это самая крупная поставка станков производства компании АО «TOS KURIM – OS» на рынок Восточной Европы. Компания «АЛТА» успешно осуществляет многолетнее сотрудничество с ГП «АНТК им. О. К. Антонова» (г. Киев) по поставкам металлообрабатывающих станков, с компанией ОАО «Первомайскидзельмаш» (Николаевская область) - по поставкам турбокомпрессоров, а также запасных частей для чешских атомных электростанций. В настоящее время Компания «АЛТА» на территории Украины имеет торговые представительства в Киеве («АЛТА УКР») и Донецке («АЛТА ДОН»).

Основные направления коммерческой деятельности. Сфера экспорта Компании «АЛТА» в настоящее время ориентируется на поставки комплексных промышленных объектов, металлообрабатывающих станков, оборудования для добычи и переработки руды, угля и камня, оборудования для выпуска стройматериалов и другой продукции машиностроения. Поставки комплексных промышленных объектов в вышеуказанных отраслях промышленности относятся сейчас к наиболее важным экспортным направлениям Компании и представляют значительный потенциал для её развития.

Сфера импорта Компании «АЛТА» ориентируется главным образом на металлургическую промышленность и энергетику, где «АЛТА» достигает значительных объёмов в традиционных для неё поставках железорудного сырья,

металлургических материалов и топливных кассет.

Кроме стандартной коммерческой деятельности Компания «АЛТА» всё чаще играет роль генерального поставщика комплексных промышленных объектов – как при внедрении новых производственных технологий, так и в процессе реконструкции и модернизации действующих производственных мощностей.

Компания самостоятельно, или при поддержке специализированных инженерно-проектных организаций обеспечивает для своих заказчиков разработку проектной документации и осуществляет необходимое техническое содействие.

Одновременно с поставкой оборудования предоставляет заказчикам обширную инжиниринговую поддержку в сфере внедрения новых технологий производства.

В рамках послепродажной поддержки Компания «АЛТА» выполняет сервис металлообрабатывающих станков и комплексный сервис карьерной техники.

Коммерческая группа 1: МАШИНОСТРОЕНИЕ

Концепция Коммерческой группы 1 – предлагать оптимальные технологические решения согласно требованиям заказчика. Эта цель достигается посредством как поставок комплексных промышленных объектов, так и поставками отдельных машин.

Коммерческая группа 1 ориентируется главным образом на поставки технологий в следующих сферах машиностроительного производства:

- комплексные промышленные объекты машиностроения;
- решение технологических узлов и линий;
- поставки металлообрабатывающих станков;
- поставки кузнечно-прессового оборудования;
- поставки оборудования для обработки поверхностей;
- поставки литейного оборудования;
- поставки оборудования для энергетики.

Коммерческая группа 2: СЫРЬЁ И ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ

Коммерческая группа 2 с 1996 г специализируется на поставках технологий для добычи сырья как подземным, так и открытым способом. Деятельность Коммерческой группы 2 включает:

- > проектирование;
- > поставку и монтаж технологических линий по добыче и переработке руд, угля, и камня:
 - дробильно-сортировочное оборудование;
 - сепараторы;
 - шахтное оборудование;

- конвейерные системы;
- оборудование для переработки отходов;
- карьерные самосвалы «БелАЗ», включая запасные части;
- сырьё, уголь и металлургические материалы.

Коммерческая группа 4: ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Деятельность Коммерческой группы 4 ориентирована на поставки комплексных технологических линий и на модернизацию устаревшего технологического оборудования в ниже указанных отраслях.

> Технологическое оборудование для производства строительных материалов на:

- кирпичных заводах;
- асфальтных заводах;
- заводах по производству бетона;
- деревообрабатывающих комбинатах;
- производствах по выпуску цемента и извести;
- оборудование по выпуску материалов для кладки.

> Оборудование для керамической промышленности.

> Оборудование для химической промышленности.

> Оборудование для пищевой промышленности.

Основной целью Коммерческой группы 4 является предложение оптимального технологического решения на основе требований заказчика. Для достижения этой цели Коммерческая группа 4 использует комплекс инжиниринговых услуг, содержащий:

- обеспечение отборов проб сырья, включая проведение лабораторных испытаний;
- реализацию предпроектной разработки;
- разработку рабочего проекта о технологической части;
- комплекс технологических поставок;
- проведение шефмонтажа поставленного оборудования;
- предоставление технической помощи при вводе оборудования в эксплуатацию и реализацию гарантийных испытаний;
- обеспечение поставок запасных частей для многолетней эксплуатации;
- комплексное коммерческое, техническое и финансовое покрытие коммерческого проекта.

Представительство Компании «АЛТА» в Украине

01133 г. Киев, Бульвар Леси Украинки, 26

Тел./факс: + 38(044) 492 76 04

E-mail: officekiev@altacorp.com.ua



ООО «ПКФ «Промтехнология»

49022 г. Днепропетровск, ул. Молодогвардейская, д.6
р/с 26006248842 в ПАО «Райффайзен Банк Аваль» г. Киев

МФО 380805 код ОКПО 34682574

ИНН 346825704616 св-во № 100004270

тел/факс: (056) 373-04-45, 788-90-09, (067) 632-68-50

E-mail: promtehnologiya@gmail.com, promtehnologiya@ukr.net

Наша фирма ООО «ПКФ «Промтехнология» занимается поставками металлорежущего инструмента, резьбообразующей оснастки и ленточнопильных станков. Одним из основных направлений является поставка из Германии биметаллических и твердосплавных ленточных пил по металлу торговой марки «ARNTZ» в ассортименте. Данная продукция поставляется в бухтах по 100п.м. и под каждый ленточнопильный станок отрезается в необходимый размер и сваривается в кольцо на оборудовании концерна IDEAL-Werk (Германия). Концерн имеет 75-летний опыт производства сварочного оборудования, и в настоящее время является ведущим мировым производителем машин контактной стыковой сварки. Сварочная машина BAS-100 оснащена системой автоматического и пирометрического контроля процесса отжига и применяется для сварки ленточных пил шириной до 100мм.

ООО «ПКФ «Промтехнология» является дилером:

- ОАО «Свердловский инструментальный завод», г. Екатеринбург – производство зуборезного инструмента (долбяки, шевера, зуборезные головки и резцы, червячные модульные фрезы и т.д.)
- ООО «Тэтра-С», г. Москва – правопреемник завода «Фрезер» (производство резбонарезных и резбонакатных головок, роликов, кулачков, гребёнок).

Также наше предприятие оказывает услуги по порезке проката жаропрочных и нержавеющей сталей, труднообрабатываемых сплавов на основе никеля, титана максимального сечения до 330мм твердосплавными ленточными пилами. Данные заготовки режутся на автоматическом ленточнопильном станке WG-4033HA торговой марки «Way Train» (Тайвань). Данный станок двухколонного типа разработан для распиловки под 90° заготовок сплошного сечения (проката, поковок) и имеет автоматическое гидравлическое натяжение полотна, вариатор скорости, стабилизаторы полотна с твердосплавными направляющими и роликоподшипниками, гидравлическое управление давлением подачи и скоростью подачи, что позволяет подобрать необходимые режимы резания и достигать оптимальной производительности и ресурса полотна.

С уважением,
директор ООО «ПКФ «Промтехнология»

М.В. Луцан

Коммерческое предложение на автоматический станок маятникового типа WG – 4033HA фирмы WAY TRAIN
Общий вид станка:



О компании Way Train

WAY TRAIN – тайваньская компания, образованная в 1983 году. Постоянные научно-исследовательские и конструкторские разработки, наряду с постоянным ростом профессионализма и технической оснащенности, позволили компании занять достойное место среди производителей. На протяжении многих лет компания специализировалась на производстве небольших ленточнопильных станков по металлу. В 1998 году компанией получен сертификат ISO 9002. Компания WAY TRAIN выпускает более 5000 станков в месяц и является одним из крупнейших производителей ленточнопильных станков в мире.

Технические характеристики:

Станок разработан для распиловки под 90° заготовок сплошного сечения: проката, поковок, хотя могут с успехом использоваться для распиловки профильных заготовок. Имеет автоматическое гидравлическое натяжение полотна, вариатор скорости, стабилизаторы полотна с твердосплавными направляющими и роликподшипниками, гидравлическое управление скоростью подачи и давлением подачи, что позволяет подбирать необходимые режимы резания и достигать оптимальной производительности и ресурса полотна. Могут работать как с биметаллическими, так и с твердосплавными полотнами. По сравнению с автоматическими станками маятникового типа, имеющими тот же размер заготовки, отличаются большей производительностью и большими возможностями (станки с успехом используются для распиловки труднообрабатываемых материалов, жаропрочных и нержавеющей сталей и сплавов). Имеет автоматическую подачу заготовки на заданный размер, программируемый счетчик количества резов.

Биметаллические ленточные пилы

Общие свойства

M42
 Материал 1.3247
 Твердость 67-69HRC

M51
 Материал 1.3207
 Твердость 69HRC
 Высокое содержание вольфрама и кобальта.



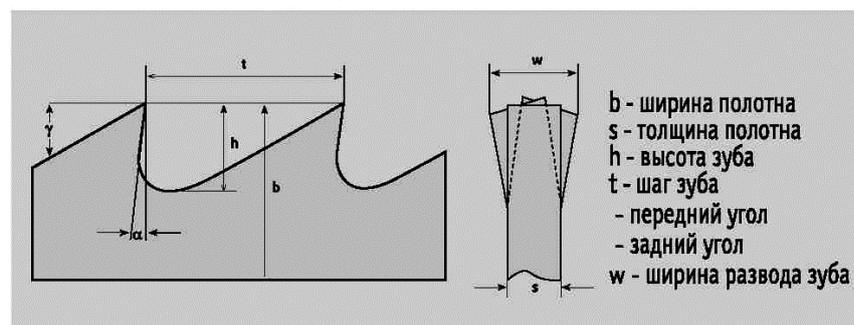
Гибкость:
 Несущее полотно биметаллической пилы изготовлено из специальной легированной стали с твердостью до 50HRC, что способствует более длительной службе без изломов.

Преимущества:
 Высококачественное биметаллическое полотно объединяет в себе гибкость несущего полотна с высокой износостойкостью HSS-стали, позволяющей выдерживать высокие нагрузки и обеспечивать отличную производительность.

Прочность и износостойкость:
 Вершина зуба, изготовленная из улучшенной HSS-стали марки M42 и M51, обеспечивает максимальную износостойкость, благодаря термообработке и определенному структурному составу.

Оптимальное соединение:
 Несущее полотно и HSS-полоса соединены между собой путем электронно-лучевой сварки, что обеспечивает высокое качество пилы.

Геометрия зуба:

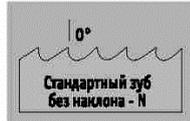




Форма зуба

Только правильно подобранная форма зуба обеспечит оптимальный рез без вибрации.

Постоянный шаг зуба



Рекомендуется:
- для вязких материалов, образующих короткую стружку
- для тонкостенных материалов.

Параметры:
- передний угол 0°
- от 4 до 18 зубьев на дюйм

Группа товара:
100, 110, 420



Рекомендуется:
- для вязких материалов, образующих длинную стружку;
- для толстостенных материалов.

Параметры:
- положительный передний угол
- от 1,25 до 6 зубьев на дюйм

Группа товара:
100, 110, 421, 426, 427

Переменный шаг зуба



Рекомендуется:
- для безвибрационной порезки материала;
- для профильных заготовок.

Параметры:
- передний угол 0°
- от 3/4 до 10/14 зубьев на дюйм

Группа товара:
430



Рекомендуется:
- для безвибрационной порезки материала;
- для сплошных заготовок.

Параметры:
- положительный передний угол
- от 0,75/1,25 до 4/6 зубьев на дюйм

Группа товара:
431, 432, 434, 435, 436, 437, 438, 445, 531, 537, 544

Шаг зуба



Все зубья пилы расположены на одинаковом расстоянии друг от друга.
Шаг: количество зубьев на 1 дюйм (25,4мм).



Расстояние между зубьями пилы плавно изменяется от минимального до максимального попеременно.
Шаг: отношение минимального расстояния между зубьями к 1 дюйму / отношение максимального расстояния между зубьями к 1 дюйму.

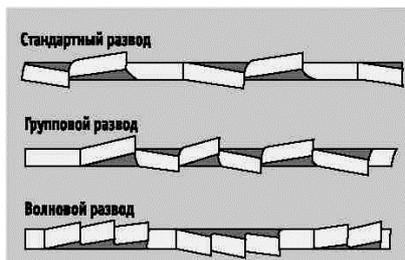
Разводка зубьев

Наряду с формой и шагом зуба для производительности пилы решающее значение имеет точный развод зубьев. Благодаря разводке зубьев пилы, происходит правильное свободное врезание в заготовку, которое препятствует защемлению полотна. Особенно это важно при порезке труднообрабатываемых сталей. При этом, вид развода и его ширина точно определяется для каждого случая.

Стандартный развод
- до 10 зубьев на 1 дюйм
- для формы зубьев N, H

Групповой развод
- от 0,75/1,25 до 10/14 зубьев на 1 дюйм
- для формы зубьев K

Волновой развод
- от 14 зубьев на 1 дюйм
- для формы зубьев N



Подбор шага зубьев пилы

Решающим фактором для повышения производительности биметаллической пилы является правильный подбор шага зубьев пилы, в зависимости от поперечного сечения заготовки. При этом, выбор можно сделать между стандартным зубом с постоянным шагом и комбинированным зубом с переменным шагом. Для порезки заготовок из труднообрабатываемых материалов рекомендуется применять комбинированный зуб с переменным шагом, что существенно повысит производительность пилы и снизит уровень вибрации.

Рекомендуемый шаг зуба для порезки заготовок со сплошным сечением

Постоянный шаг зуба			Переменный шаг зуба		
Поперечное сечение, мм	Количество зубьев на дюйм	Форма зуба	Поперечное сечение, мм	Количество зубьев на дюйм	Форма зуба
380-800	1,25	N	свыше 550	0,75/1,25	K
200-400	2	N	380-750	1/1.5	K
120-200	3	N	250-550	1.4/2	K
80-120	4	N/N	120-350	2/3	K
50-80	6	N	80-140	3/4	K
30-50	8	N	60-110	4/6	K
20-30	10	N	40-70	5/8	K
10-20	14	N	30-60	6/10	K
менее 10	18	N	20-40	8/12	K
			менее 25	10/14	K

N - стандартный зуб без наклона

N - зуб с положительным углом наклона

K - переменный зуб

Рекомендуемый шаг зуба для порезки труб и профильных заготовок

Тонкостенный профиль (пила без наклона зуба)

Толщина стенки (S), мм	Наружный размер (диаметр) профиля (D), мм						
	20	40	60	80	100	120	150
2	14	14	14	14	14	14	10/14
3	14	14	14	14	10/14	10/14	8/12
4	14	14	10/14	10/14	8/12	8/12	6/10
5	14	10/14	10/14	8/12	8/12	6/10	6/10
6	14	10/14	8/12	8/12	6/10	6/10	5/8
8	14	8/12	6/10	6/10	5/8	5/8	5/8
10	-	6/10	6/10	5/8	5/8	5/8	-

При порезке профильных заготовок наиболее эффективным является использование пилы с переменным шагом зубьев. При этом, требуемый шаг зуба определяется в зависимости от толщины стенки и размера (диаметра) обрабатываемой профильной заготовки. Данные таблицы предназначены для подбора шага зубьев при постоянном резе одной заготовки. Для одновременной порезки нескольких заготовок, необходимо подбирать шаг зуба в зависимости от суммарной толщины стенок.

Толстостенный профиль (пила с положительным углом наклона зуба)

Толщина стенки (S), мм	Наружный размер (диаметр) профиля (D), мм							
	80	100	120	150	200	300	500	750
10	-	-	-	4/6	4/6	4/6	3/4	2/3
15	4/6	4/6	4/6	4/6	4/6	3/4	2/3	2/3
20	4/6	4/6	4/6	4/6	3/4	3/4	2/3	2/3
30	4/6	4/6	4/6	3/4	3/4	2/3	2/3	2/3
50	-	-	3/4	3/4	2/3	2/3	2/3	1,4/2
80	-	-	-	-	2/3	2/3	1,4/2	1,4/2
100	-	-	-	-	-	2/3	1,4/2	1,4/2



Биметаллические и твердосплавные ленточные пилы

Таблица подбора ленточных пил



		Apr.	420	421	430	431	432	434	435	426	436	427	437	438	531	537	544	620	630	650	651	
		Марка пилы	Star	Star-Plus	Sprint	Sprint-Plus	Sprint-Medium	Maxima-Sprint	Profiler-Sprint (VS)	Alucut-Plus	Alucut-Sprint	Taifun-Plus	Taifun-Sprint	Taifun-Maxima	Sprint-Plus	Taifun-Maxima	Bitzard-Sprint	Black-Line	Red-Line	Silver-Line	Silver-Line-N	
Страницы каталога			8	9	8	9	10	14	11	10	11	12	13	13	13	14	16	17	16	16	16	
Материал	Размер заготовки, мм																					
Конструкционная сталь	< 70																					
Цементируемая сталь	80 - 350																					
Автоматная сталь	> 350																					
Низколегир. инструментальная сталь	< 70																					
Пружинная сталь	80 - 350																					
Шарикоподшипниковая сталь	> 350																					
Быстрорежущая сталь	< 70																					
Холоднокатанная сталь	80 - 350																					
	> 350																					
Азотированная сталь	< 70																					
Высоколегированная сталь	80 - 350																					
Горячекатанная сталь	> 350																					
Нержавеющая сталь	< 70																					
	80 - 350																					
	> 350																					
Жаропрочная сталь	< 70																					
Тугоплавкая сталь	80 - 350																					
	> 350																					
Высокопрочная сталь	< 70																					
Титан и его сплавы	80 - 350																					
Никелевые сплавы	> 350																					
Индукционно закаленные поверхности	< 70																					
Закаленные стали с твердостью до HRC 62	80 - 350																					
Сплавы повыш.тверд. с высоким содерж.хрома	> 350																					
Стальное литьё	< 70																					
Чугун	80 - 350																					
	> 350																					
Алюминий	< 70																					
Медь	80 - 350																					
	> 350																					
Латунь	< 70																					
Бронза	80 - 350																					
Сплавы олова, цинка и бронзы	> 350																					
Сплавы алюминия и бронзы	< 70																					
Сплавы алюминия с высоким содержанием кремния	80 - 350																					
	> 350																					

Стружкообразование:

■ Отличное

■ Хорошее

Биметаллические ленточные пилы ARNTZ поставляются как сваренные в кольца, так и в бухтах:

6-13мм длиной 30,5 (76,0)п.м.

20-34мм длиной 100,0п.м.

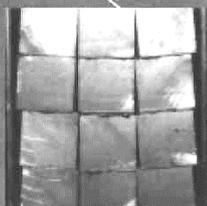
41-80мм длиной 80,0 (90,0)п.м.

Артикул 420

Arntz

M42-Star

Порезка мелких заготовок
сплошного сечения



Преимущества:

Стандартный зуб без наклона с волновым разводом изготовлен из стали HSS M42 (материал 1.3247). Отлично подходит для порезки хрупких (короткостружечных) материалов, заготовок малого сечения и тонкостенных труб, образует чистый рез без заусенцев.

Применяется для:

- рядовых марок стали с пределом прочности до 1400 Н/мм²;
- неметаллов;
- заготовок с габаритными размерами сечения до 100 мм;
- контурной резки.

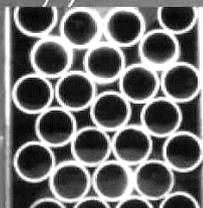
Размеры пилы, мм	Количество зубьев на дюйм					
	4	6	8	10	14	18
6x0.65				N	N	
6x0.90				N	N	
10x0.65				N	N	
10x0.90			N	N	N	
13x0.65				N	N	N
13x0.90		N		N	N	
20x0.90	N	N	N	N	N-W	
27x0.90	N	N	N	N	N-W	
34x1.10	N	N				
41x1.30	N	N				

N - стандартный зуб без наклона
W - волновой развод

Артикул 430

M42-Sprint

Порезка профильных заготовок
с малой и средней толщиной стенки



Применяется для:

- рядовых марок стали с пределом прочности до 1400 Н/мм²;
- профильных неметаллов;
- заготовок в пакете;
- труб и профильных заготовок с малой и средней толщиной стенки;
- листового металла (на вертикальных ленточнопильных станках).

Преимущества:

Переменный зуб без наклона со специальным групповым разводом изготовлен из стали HSS M42 (материал 1.3247). Отлично подходит для порезки хрупких (короткостружечных) материалов, тонкостенных труб. Ленточная пила M42-Sprint обеспечивает высокую производительность и качественный рез без вибрации.

Размеры пилы, мм	Переменный шаг зуба					
	3/4	4/6	5/8	6/10	8/12	10/14
6x0.65						K
6x0.90						K
10x0.65						K
10x0.90						K
13x0.65			K	K	K	K
13x0.90				K	K	K
20x0.90		K	K	K	K	K
27x0.90	K	K	K	K	K	K
34x1.10	K	K	K	K	K	K
41x1.30	K	K	K	K		
54x1.30	K					
54x1.60	K	K	K			

Артикул 421

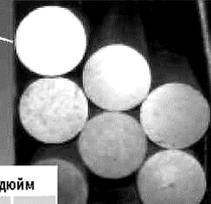


M42-Star-Plus

Порезка крупных заготовок сплошного сечения

Применяется для:

- рядовых марок стали с пределом прочности до 1400 Н/мм²;
- неметаллов;
- заготовок с габаритными размерами сечения свыше 100 мм.



Размеры пилы, мм	Количество зубьев на дюйм				
	1.25	2	3	4	6
6x0.65					Н
6x0.90					Н
10x0.65					Н
10x0.90				Н	Н
13x0.65				Н	Н
13x0.90			Н	Н	Н
20x0.90			Н	Н	
27x0.90		Н	Н	Н	Н
34x1.10	Н	Н	Н		
41x1.30	Н	Н	Н		
54x1.30	Н	Н	Н		
54x1.60	Н	Н	Н		
67x1.60	Н	Н	Н		
80x1.60	Н				

Преимущества:

Зуб с положительным углом наклона со стандартным разводом изготовлен из стали HSS M42 (материал 1.3247). Отлично подходит для порезки вязких (длинностружечных) материалов, заготовок крупного сечения, образуя чистый рез без заусенцев.

Н - зуб с положительным углом наклона

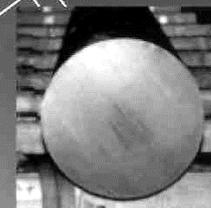
Артикул 431

M42-Sprint-Plus

Порезка заготовок средних и крупных размеров

Применяется для:

- рядовых марок стали с пределом прочности до 1400 Н/мм²;
- неметаллов;
- заготовок в пакете;
- твердых материалов средних и крупных размеров;
- толстостенных труб.



Преимущества:

Переменный зуб с положительным углом наклона со специальным групповым разводом изготовлен из стали HSS M42 (материал 1.3247). Отлично подходит для порезки твердых материалов, толстостенных профилей и труб. Обеспечивает высокую скорость и чистоту реза.

Размеры пилы, мм	Переменный шаг зуба				
	0.75/1.25	1.4/2	2/3	3/4	4/6
20x0.90					К
27x0.90			К	К	К
34x1.10		К	К	К	К
41x1.30		К	К	К	К
54x1.30		К	К	К	К
54x1.60		К	К	К	К
67x1.60	К	К	К	К	
80x1.60	К	К	К		

Артикул 432

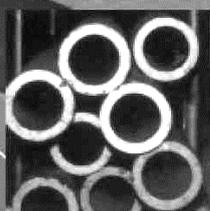
Arntz

M42-Sprint-Medium

Многоцелевые пилы универсального применения

Применяется для:

- сталей низкой и средней твердости с пределом прочности до 1000 Н/мм²
- арматуры
- тонкостенного профиля
- пакетной резки



Преимущества:

Переменный зуб с положительным углом наклона со специальным групповым разводом, изготовлен из стали HSS M42 (материал 1.3247), отлично подходит для работы на ручных маятниковых станках. Обеспечивает долговечность пилы и чистоту реза.

Размеры пилы, мм	Переменный шаг зуба		
	2/3	3/4	4/6
27x0.90		К	К
34x1.10	К	К	К
41x1.30	К	К	
54x1.60	К	К	

К - комбинированный зуб

Артикул 426

M42-Alucut-Plus

Порезка легких металлов



Применяется для:

- алюминия и алюминиевых сплавов;
- легких металлов всех размеров.

Преимущества:

Постоянный зуб с положительным углом наклона в сочетании с широким стандартным разводом изготовлен из стали HSS M42 (материал 1.3247), обеспечивает хорошую стойкость пилы и чистый рез. Предназначен для порезки заготовок легких металлов всех размеров.

Размеры пилы, мм	Постоянный шаг зуба				
	1,25	2	3	4	6
10 x 0,90				Н	Н
13 x 0,65				Н	Н
13 x 0,90			Н	Н	Н
20 x 0,90			Н		
27 x 0,90		Н	Н	Н	
34 x 1,10	Н	Н			
41 x 1,30	Н	Н			

Н - зуб с разводом и углом наклона

Артикул 435/445



M42-Profiler-Sprint



M42-Profiler-Sprint-VS

Порезка профильных металлоконструкций

Применяется для:

- профильного металлопроката средних и крупных размеров.

Размеры пилы, мм	Переменный шаг зуба		
	2/3	3/4	4/6
27x0.90		К	К
34x1.10	К	К	К
41x1.30	К	К	К
54x1.30		К	
54x1.60	К	К	К
67x1.60	К	К	

К - комбинированный зуб

Преимущества:

Переменный зуб с небольшим положительным углом наклона со специальным групповым разводом, изготовлен из стали HSS M42 (материал 1.3247). Разработан специально для порезки стальных балок и профилей крупных размеров. Ленточная пила M42-Profiler-Sprint обеспечивает перпендикулярно ровный рез и исключает защемление полотна за счет собственного натяжения.

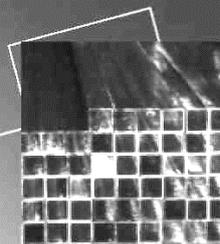
Артикул 436

M42-Alucut-Sprint

Порезка толстостенных профилей легких металлов

Применяется для:

- алюминия и алюминиевых сплавов;
- материалов, склонных к закусыванию зубьев пилы;
- крупногабаритных заготовок и толстостенных профилей.



Преимущества:

Переменный зуб с положительным углом наклона в сочетании с широким групповым разводом изготовлен из стали HSS M42 (материал 1.3247), предотвращает закусывание полотна пилы и обеспечивает качественный рез крупных заготовок. Alucut-Sprint – высокопроизводительная ленточная пила с низкой себестоимостью реза.

Размеры пилы, мм	Переменный шаг зуба	
	2/3	3/4
27 x 0,90	К	К
34 x 1,10	К	К
41 x 1,30	К	К

К - комбинированный зуб

Артикул 427/437

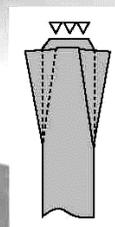
Arntz

M42-Taifun-Plus M42-Taifun-Sprint

Порезка заготовок из специальных сплавов и труднообрабатываемых материалов

Применяется для:

- нержавеющей и кислотостойких сталей;
- жаропрочных сталей;
- титановых сплавов;
- сплавов на основе никеля.



Преимущества:

Постоянный зуб с положительным углом наклона, стандартным разводом, изготовлен из стали HSS M42 (материал 1.3247) и имеет отшлифованную режущую кромку с износостойким покрытием. Специально разработанная геометрия зуба обеспечивает идеально ровный рез, оптимальное отделение стружки, высокую стойкость пилы.

Преимущества:

Комбинированный зуб с положительным углом наклона, групповым разводом, изготовлен из стали HSS M42 (материал 1.3247) и имеет отшлифованную режущую кромку с износостойким покрытием. Специально разработанная геометрия зуба обеспечивает идеально ровный рез, оптимальное отделение стружки, высокую стойкость пилы.

Размеры пилы, мм	Количество зубьев на дюйм		
	1.25	2	3
27x0.90			Н
34x1.10		Н	Н
41x1.30	Н	Н	Н
54x1.30	Н	Н	Н
54x1.60	Н	Н	Н
67x1.60	Н		

Н - зуб с положительным углом наклона

Размеры пилы, мм	Переменный шаг зуба		
	0.75/1.25	1/2	2/3 3/4
27x0.90			К К
34x1.10			К К К
41x1.30		К	К К К
54x1.30			К К К
54x1.60		К	К К К
67x1.60	К	К	К

К - комбинированный зуб

Артикул 531

M51-Sprint-Plus

Порезка твердых сталей и сплавов пилами с высокопрочным покрытием зубьев



Применяется для:

- марок стали с пределом прочности до 1700 Н/мм²;
- аустенитных (нержавеющих и кислотостойких) сталей;
- сплавов на основе никеля;
- титана, сплавов бронзы;
- заготовок сплошного сечения средних размеров;
- толстостенного профиля.

Преимущества:

Комбинированный зуб со специальной упрочненной формой, с положительным углом наклона, изготовлен из стали HSS M51 (материал 1.3207). Высокопрочное покрытие HSS M51 обеспечивает продолжительный срок службы пилы при порезке всех твердых и труднообрабатываемых сталей.

Размеры пилы, мм	Переменный шаг зуба		
	2/3	3/4	4/6
27x0.90		К	К
34x1.10	К	К	К
41x1.30	К	К	
54x1.60	К		

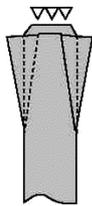
К - комбинированный зуб

Артикул 438



M42-Taifun-Maxima

Порезка вязких материалов
и сплавов

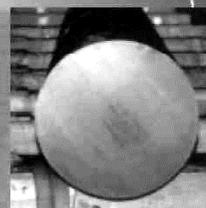


Преимущества:

Комбинированный зуб с положительным углом наклона, групповым разводом, изготовлен из стали HSS M42 (материал 1.3247) и имеет отшлифованную режущую кромку с износостойким покрытием. Специально разработанная геометрия зуба обеспечивает идеально ровный рез без вибрации, оптимальное отделение стружки, высокую стойкость пилы.

Применяется для:

- вязких (длинностружечных) сталей;
- нержавеющей и кислотостойких сталей;
- титановых сплавов;
- сплавов бронзы;
- медных сплавов;
- сплавов на основе никеля;
- труднообрабатываемых сплавов.



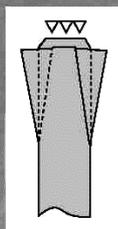
Размеры пилы, мм	Переменный шаг зуба		
	1.4/2	2/3	3/4
34x1.10		К	К
41x1.30	К	К	К
54x1.30		К	
54x1.60	К	К	К

К - комбинированный зуб

Артикул 537

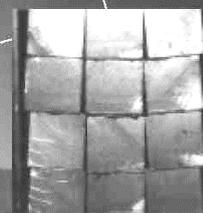
M51-Taifun-Maxima

Порезка высокопрочных сталей
и сплавов пилами с износостойким
покрытием зубьев



Применяется для:

- марок стали с пределом прочности до 1700 Н/мм²;
- аустенитных (нержавеющих и кислотостойких) сталей;
- сплавов на основе никеля;
- титана, сплавов бронзы;
- заготовок сплошного сечения средних размеров.



Преимущества:

Комбинированный зуб, изготовленный из стали HSS M51 (материал 1.3207) со специальной упрочненной формой, с положительным углом наклона и групповым разводом, обеспечивает оптимальное отделение стружки, пониженный уровень вибрации при резе. Высокопрочное покрытие зубьев пилы с твердостью 69 HRC значительно повышает производительность при обработке твердых и труднообрабатываемых сталей.

Размеры пилы, мм	Переменный шаг зуба	
	2/3	3/4
34x1.10	К	К
41x1.30	К	К
54x1.60	К	

К - комбинированный зуб

Артикул 434

Arntz

M42-Maxima-Sprint

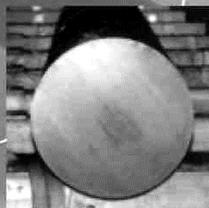
Порезка заготовок из вязких и труднообрабатываемых материалов и сплавов

Применяется для:

- вязких (длинностружечных) сталей;
- нержавеющей и кислотостойких сталей;
- титана и титановых сплавов;
- бронзы;
- медных сплавов;
- сплавов на основе никеля;
- труднообрабатываемых сплавов;
- твердых материалов средних размеров.

Преимущества:

Переменный зуб с положительным углом наклона, изготовленный из стали HSS M42 (материал 1.3247), специально разработан для порезки вязких и труднообрабатываемых материалов. Высокая стойкость полотна достигается благодаря конструкции зуба и резанию без вибрации.



Размеры пилы, мм	Переменный шаг зуба		
	1,4/2	2/3	3/4
34x1.10		К	К
41x1.30	К	К	К
54x1.30		К	
54x1.60	К	К	К

К - комбинированный зуб

Артикул 544

Blizzard-Sprint

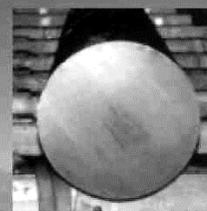
Порезка крупных заготовок сплошного сечения труднообрабатываемых материалов

Применяется для:

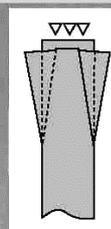
- высокопрочных сталей;
- вязких (длинностружечных) материалов;
- нержавеющей и кислотостойких сталей;
- титановых сплавов;
- сплавов на основе никеля и бронзы;
- крупных заготовок сплошного сечения.

Преимущества:

Прецизионно отшлифованная насечка зубьев пилы в сочетании с повышенной твердостью 68-69HRC (достигнута в процессе термического упрочнения вершины зуба) позволяет получить высококачественный рез труднообрабатываемого материала в кратчайший срок. Положительный передний угол наклона с групповым разводом зубьев пилы обеспечивает гладкую и ровную поверхность реза.



Отшлифованная насечка зуба



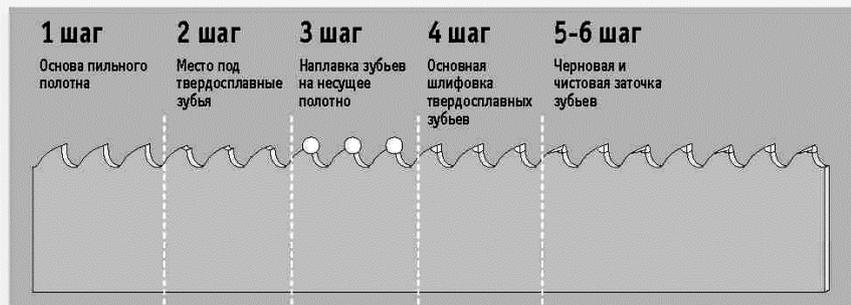
Размеры пилы, мм	Переменный шаг зуба			
	0,75/1,25	1/1,5	1,4/2	2/3
41x1.30		К	К	К
54x1.60	К	К	К	К
67x1.60	К	К	К	К

К - комбинированный зуб



Твердосплавные ленточные пилы

Общие свойства



Упругость:

Несущее полотно твердосплавной пилы изготовлено из легированной улучшенной стали.

Высокая прочность:

Вершина зуба выполнена из специального твердого сплава.

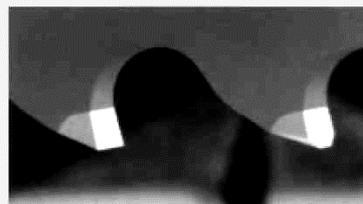
Высококачественная наплавка:

Специальным методом твердосплавные вершины зубьев наплавляются на несущее полотно.

Геометрия пилы

Одной из последних разработок в производственной программе ARNTZ являются высокопроизводительные твердосплавные пильные полотна. Наплавляемые специальным методом твердосплавные вершины зубьев имеют определенную чередующуюся геометрию, что позволяет получить оптимальный отбор стружки и высокую производительность.

Разработанная геометрия зуба пильных твердосплавных полотен ARNTZ способствует получению чистой и гладкой поверхности реза без вибрации.



Для достижения максимально высокого результата твердосплавные ленточные пилы ARNTZ должны использоваться только на специально оборудованных станках.

Твердосплавные ленточные пилы ARNTZ поставляются как сваренные в кольца, так и в бухтах длиной 50,0 п.м.

Артикул 620

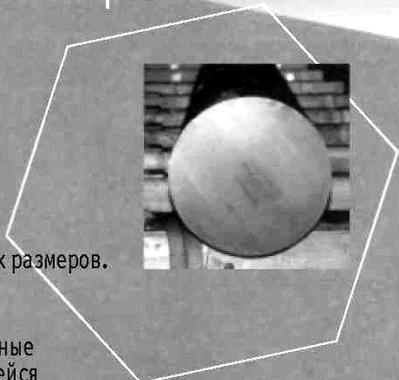
Arntz

TC-Black-Line

Порезка сверхпрочных материалов
сплошного сечения

Применяется для:

- титана;
- нержавеющей и кислотостойких сталей;
- сплавов на основе никеля;
- жаропрочных сталей;
- труднообрабатываемых сплавов;
- заготовок сплошного сечения средних и крупных размеров.



Преимущества:

Наплавленные специальным методом твердосплавные вершины зубьев пилы, благодаря своей чередующейся геометрии зуба, позволяют достичь максимальной производительности при отсутствии вибрации в процессе реза.

Размеры пилы, мм	Переменный шаг зуба					
	0.75/1.25	1/1.5	1.4/2	2/3	3	3/4
27x0.90				К	Н	
34x1.10				К	Н	К
41x1.30			К	К		К
54x1.60	К	К	К	К		
67x1.60	К	К	К			

К - комбинированный зуб
Н - зуб с положительным углом наклона

Артикул 650/651

VC-Silver-Line VC-Silver-Line-N

Порезка высокопрочных сталей
и труднообрабатываемых
материалов

Применяется для:

- заготовок сплошного сечения средних и крупных размеров;
- нержавеющей и кислотостойких сталей;
- специальных сплавов;
- жаропрочных сталей;
- горячекатанных сталей;
- холоднокатанных сталей;
- улучшенных сталей с пределом прочности до 1900 Н/мм²;
- сплавов на основе алюминия и кремния;
- сплавов на основе меди и никеля;
- циркония;
- титана.

Применяется для:

- распиловки поршневых ствол (стержней), подвергнутых индукционному закаливанию
- сталей, подвергнутых поверхностному закаливанию
- закаленных сталей с твердостью до HRC62
- сплавов повышенной твердости с высоким содержанием хрома
- сталей повышенной твердости с высоким содержанием марганца (аустенитная высокомарганцевая сталь).

Размеры пилы, мм	Переменный шаг зуба					
	0.75/1.25	1/1.5	1.4/2	2/3	3/4	
27x0.90				К		
34x1.10				К	К	
41x1.30			К	К	К	
54x1.60	К	К	К	К		
67x1.60	К	К	К			
80x1.60	К					

Размеры пилы, мм	Переменный шаг зуба	
	2/3	3/4
34x1.10	К	К
41x1.30	К	К
54x1.60	К	

Артикул 630



TC-Red-Line

Порезка труднообрабатываемых
цветных металлов и легких
сплавов



Размеры пилы, мм	Переменный шаг зуба					
	0.75/1.25	1/1.5	1.4/2	2/3	3	3/4
20x0.90					Н	
27x0.90				К	Н	
34x1.10				К	Н	К
41x1.30			К	К		К
54x1.60	К	К	К	К		
67x1.60	К	К	К			

Применяется для:

- алюминия и его сплавов;
- сплавов на основе алюминия и бронзы;
- меди и ее сплавов;
- латуни;
- литья из алюминия и магния.

К - комбинированный зуб
Н - зуб с положительным углом наклона

Dia-Navy-Line

Артикул 710/720

Dia-Yellow-Line

Пила с алмазным покрытием для
порезки различных материалов

Применяется для:

- асбеста;
- стекловолокна;
- графита;
- силикатного камня;
- кварца.

Применяется для:

- алюминия с высоким содержанием кремния;
- твердого сплава;
- мрамора и гранита;
- кремния;
- карбида кремния и керамики.

Преимущества:

Пильное полотно с нанесенным гальваническим методом алмазным покрытием (твердостью до 9000HV) позволяет резать материалы различной твердости. Заготовки малых размеров режутся полотном с бесконечным алмазным покрытием, крупные заготовки рекомендуют резать полотном с прерывистым алмазным покрытием.

Размеры пилы, мм	Сегментное алмазное покрытие	Бесконечное алмазное покрытие	Перечень алмазных покрытий	Зернистость алмазного покрытия
10 x 0,50		Х	D 151, D 181, D 152	100/120, 80/100, 60/80
13 x 0,50		Х	D 151, D 181, D 152	100/120, 80/100, 60/80
16 x 0,50	Х	Х	D 151, D 181, D 152	100/120, 80/100, 60/80
20 x 0,50	Х	Х	D 151, D 181, D 252	100/120, 80/100, 60/80
25 x 0,70	Х	Х	D 252, D 356, D 427	60/80, 45/50, 40/50
41 x 0,90	Х	Х	D 252, D 356, D 427, D 601, D 852	60/80, 45/60, 40/50, 30/40, 20/30
50 x 0,90	Х	Х	D 252, D 356, D 427, D 601, D 852	60/80, 45/60, 40/50, 30/40, 20/30

Ленточные пилы с алмазным покрытием поставляются бесконечной сварной лентой.

Углеродистые ленточные пилы

Артикул 100
CS-1

Поставляются в пластиковой упаковке с защитной полосой на режущих зубьях.

Размер пилы, мм	Количество зубьев на дюйм, шт.									
	3	4	4	6	6	8	10	14	18	22
4x0.65							N	N	N	N
6x0.65			H	N	N	N	N	N	N	N
8x0.65			H	N	N	N	N	N	N	N
10x0.65	H	N	H	N	N	N	N	N	N	N
13x0.65	H	N	H	N	N	N	N	N	N	N
16x0.80	H	N	H	N	N	N	N	N	N	N
20x0.80	H	N	H	N	N	N	N	N	N	N
25x0.90	H	N	H	N	N	N	N	N	N	N

Артикул 110
CS-2-Plus

Поставляются в деревянной упаковке с защитной полосой на режущих зубьях.

Размер пилы, мм	Количество зубьев на дюйм, шт.									
	3	4	4	6	6	8	10	14	18	22
4x0.65						H	N	N	N	N
6x0.65			H	N	N	H	N	N	N	N
8x0.65			H	N	N	H	N	N	N	N
10x0.65	H	N	H	N	N	H	N	N	N	N
13x0.65	H	N	H	N	N	H	N	N	N	N

Дополнительное оборудование Сервисная линейка

Содержит все технические контрольные параметры для применения биметаллических ленточных пил:

- группа материала;
- скорость резания;
- скорость подачи полотна;
- количество зубьев;
- рекомендации по использованию СОЖ и режимов резки;
- рекомендации по порезке заготовок в пакете.

Richtwerte für Bi-Metall-Bandsägeblätter zum Trennen von Vollmaterial.
Approximate Values for Bi-metal Band saw Blades for cutting of solid material.

Arntz
Säge- und Schneidtechnik für Metalle
Technique of Sawing Metals



Прибор для измерения натяжения полотна (тензометр)



Неправильное натяжение пильного полотна может стать причиной некачественного реза и преждевременного износа ленточной пилы. Поэтому натяжение пилы следует проверять каждый раз перед началом работы. На измерительном приборе ARNTZ – диапазон измерения от 0 до 4500 кг/см². Детальное руководство по эксплуатации прибора содержит все необходимые рекомендации по выбору и контролю натяжения полотна.

Прибор для измерения концентрации СОЖ (рефрактометр)

Правильная концентрация СОЖ важна для получения оптимальной стойкости пил. Для проверки состава смеси рекомендуется использовать рефрактометр ARNTZ.



Рекомендации по притирке ленточного полотна

Для увеличения срока службы ленточнопильного полотна рекомендуют перед использованием произвести процесс притирки, т.к. преждевременная нагрузка пилы может привести к выкрашиванию и микротрещинам в вершинах зубьев.

Биметаллические пилы

При площади реза 300-500см² рекомендуется уменьшить скорость подачи полотна вдвое от рекомендуемой скорости резания (см. табл. «Технические рекомендации»). Через соответствующее время врезания пилы в заготовку подача постепенно увеличивается до предусмотренного значения. Если в начале процесса резки появляется вибрация или шум, установленную скорость резания незначительно корректируют.

Твердосплавные пилы

В начале процесса резки (первые 30 мин.) рекомендуются следующие параметры:

- диаметр заготовки менее 600мм - скорость 30м/мин - подача 5мм/мин
- диаметр заготовки более 600мм - скорость 25м/мин - подача 3мм/мин.

Только в том случае, если пила работает без вибрации и шума, скорость и подача могут постепенно увеличиваться до максимального значения. Пила работает в оптимальном режиме до тех пор, пока не возникает слышимая вибрация полотна.

Оборудование для сварки ленточных пил

Сварка ленточных пил "Arntz" производится на оборудовании концерна IDEAL-Werk (Германия).

Концерн имеет 75-летний опыт производства сварочного оборудования, и в настоящее время является ведущим мировым производителем машин контактной стыковой сварки.

Сварочная машина BAS 100

Оснащена системой автоматического и пирометрического контроля процесса отжига. Применяется для сварки ленточных пил шириной до 100 мм.





Гильотина АНЕ 121

Применяется для порезки ленточных пил шириной до 120 мм.



Зачистное устройство SMP-120

Зачистка сварного шва на ленточных пилах шириной до 120 мм



Arntz

Arntz GmbH + Co. KG

Lenneper Straße 35
42855 Remscheid Germany
info@arntz.de
www.arntz.de

Arntz Sägetechnik GmbH

Industriering 12
04626 Schmölln Germany
sln@arntz.de
www.arntz.de

Arntz Nederland B.V.

Televisieweg 35
1322 AJ Almere Netherland
info@arntz-nl.com
www.arntz.de

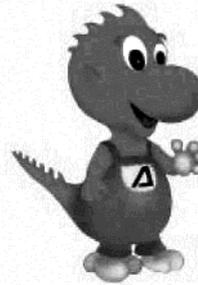
Arntz, Inc.

320 International Circle
Summerville, SC 29483 USA
arntz@arntz-usa.com
www.arntz-usa.com
www.arntz.us

ООО "ПКФ "Промтехнология"

Украина, 49022, г. Днепропетровск
ул. Молодогвардейская, 2-б
тел.: +38 (056) 373-01-45
788-90-09, 373-01-46
(067) 632-68-50
e-mail: promtehnologiya@ukr.net

Ваш ближайший дилер:



В.С. ГУСАРЕВ

**Виктор Афанасьевич
ДОБРОВОЛЬСКИЙ**

Инженер

Педагог

Ученый

ЭССЕ О ЖИЗНИ И ТВОРЧЕСТВЕ



В июне 2009 г. между директором Института промышленных технологий, дизайна и менеджмента Одесского национального политехнического университета профессором Владимиром Михайловичем Тонконогим и автором состоялась такой диалог:

— Владимир Сергеевич! Я вернулся из командировки в Харьковский политехнический институт, т.е. университет. В 2010 г. ХПИ исполняется 125 лет со дня его основания.

В.С. — В те давние годы он именовался Технологическим.

В.М. — Так вот к своему Юбилею харьковчане намерены издать хронику института и собирают данные о своих известных выпускниках.

В.С. — Наш бывший ректор В.А. Добровольский выпускник Харьковско-го Технологического института 1908 года. В этом году ему исполнилось 125 лет со дня рождения.

В.М. — Я вижу Вы в курсе истории, да и Харьков для Вас почти родной город. Добровольский для Вас “крестный отец” на преподавательском поприще. Он Вас принимал на работу?!

В.С. — Да, это было в 1955 году. Он уговорил меня поменять Харьков на Одессу, как это он сам сделал в 1918 году.

В.М. — Вам и карты в руки. Напишите о Викторе Афанасьевиче. Только не затягивайте это!

В ХПИ краткий вариант этого эссе был направлен электронной почтой. Сделав краткий вариант, я углубился в удивительные факты биографии и богатое творческое наследие, этого определенно незаурядного человека и гражданина. Прошло много лет, как покинул этот мир, исключительно талантливый инженер, педагог и ученый, редкие воспоминания сохранились у бывших его сотрудников и студентов. Автор, далек от мысли, что ему удалось раскрыть образ великого человека и перенести на бумагу вехи его жизни и творчества.

Как говорили древние: “Я сделал всё, что мог. Кто может, пусть сделает лучше”.

Автор благодарит бывших студентов и сотрудников Виктора Афанасьевича Добровольского за теплые сердечные воспоминания об учителе и коллеге.

Автор со всей искренностью благодарит своих добрых друзей и коллег профессоров: А.Н. Куценко, И.В.Голубович, П.А. Линчевского, С.С. Гутырю, В.Ф. Семенюка, доцентов: В.Б. Надачина, Л.В. и И.В. Прокопович, В.Г. Деневича за терпеливость в обсуждениях данного материала и по содействию его улучшения.

Особая признательность профессору В.М. Тонконогому, благодаря инициативе которого появилось это эссе.

Июнь 2010 г.

Светлой памяти
ВИКТОРА АФАНАСЬЕВИЧА ДОБРОВОЛЬСКОГО
Директора Одесского политехнического института (1945...1957)
Заслуженного деятеля науки и техники РСФСР
Доктора технических наук
Профессора

Виктор Афанасьевич Добровольский один из тех, кто стоял у истоков организации Одесского политехнического института, которому он отдал 45 лет плодотворной жизни. Деятельность его активна и многообразна, она касается различных сторон общественной жизни, научной и педагогической работы. Многие поколения инженеров-механиков его вспоминают с глубоким уважением и любовью, как человека исключительно доброжелательного, личность творческую, от природы одаренную, как многопланового ученого и педагога с особым индивидуальным стилем работы. Он широко известен как автор первого и фундаментального учебника “Детали машин”, который переведен на английский, французский, испанский, немецкий, китайский, арабский языки. По этому учебнику учились многие поколения инженеров-механиков в разных странах.

Виктор Афанасьевич Добровольский родился 2 февраля 1884 года в городе Тростянец Харьковской губернии в семье железнодорожного телеграфиста и учительницы городской школы. В те далекие годы Тростянец, вотчина князя Голицына, тихий городок, утопающий в зелени княжеского парка, имел станцию Южной Железной Дороги (ЮЖД) с огромным по тем временам, депо на 12 локомотивов, водокачку и угольный бункер для заправки паровозов. А какие тогда были паровозы? Их называли “овечками” – Ов и “джойками” – Од. Машины, дышащие огнем, извергающие дым и пар, оставили неизгладимый след в душе мальчика, который часто прибегал к отцу, где порой телеграфный аппарат выстреливал ленту с экстренными сообщениями, или как сказали бы теперь, навесной информацией. В раннем детстве образованием занималась мать. Мальчик любознательный рано научился читать, как все дети из семьи разночинной интеллигенции в конце XIX века, увлекался романами Эдгара По, Вальтера Скотта и особенно Жюль Верна. Последние открывали загадочный мир, где действия развивались на фоне научных достижений начала индустриальной эпохи. В Париже уже высилась Эйфелева башня, а в России по железным дорогам бегали поезда.

В семье служащего ЮЖД решался вопрос об образовании подраставших детей. Их было – семеро, четверо мальчиков и трое девочек. Родители своему первенцу решили дать устойчивое образование, соответствующее перспективам грядущего индустриального XX века. В те далекие времена дети разночинцев получали либо медицинское, либо инженерное образование. Однако такой выбор сделать не просто, проживая в маленьком городке. Медицинское образование требовало среднего – гимназии, а инженерное – реального училища. Гимназия давала гуманитарно-языковую подготовку, а реальное училище естественно – практическую. Решено было отдать подростка в Харьковское реальное училище, в связи с чем семья переехала в Харьков.

В реальное училище поступил сразу во второй класс. Виктор Афанасьевич говорил: “Учеба в училище особых воспоминаний не оставила, разве только занятия гимнастикой с учителем английского языка. Мы быстро выучили и знали, что есть: аут, бек, голкипер, корнер, офсайд, хавбек, ну и, конечно, теперь всем известное слово футбол. Уроки проходили, часто на открытом воздухе, с обоюдным удовольствием. Это было начало XX века”.

“Так Вы говорите по-английски?”

Он, с присущим только ему юмором, отвечал: “Говорю со Словарем!” Учился на казенный кошт, так как многодетная семья, с ограниченными средствами, имела льготу на образование детей в царской России. Будучи в старших классах подрабатывал репетиторством, перепиской нот для городского оркестра и ролей для музыкально драматического театра.

СТУДЕНТ

В 1902 году после окончания реального училища юноша поступает по конкурсу на **механико-технологический факультет Харьковского практического технологического института.**

Начал свою трудовую деятельность Виктор Афанасьевич газетным репортером, обтирщиком паровозов, помощником машиниста. После окончания третьего курса обучения в институте, получил право вождения паровоза, а еще через два года получил свидетельство машиниста 3-го класса, дающее право на вождение товарных поездов.

Интересны воспоминания Виктора Афанасьевича о студенческих годах, прошедших в ХТИ:

– **курсовая работа по механике машин:** “надо явиться к мастеру кафедры, он записывает твою фамилию в журнал, потом ведет в зал, где сложены в кучи разные детали: валы, шестерни, крышки, тяги, корпуса, всякий крепеж.

Надо все это разобрать, сделать эскизы отдельных деталей, попытаться, именно попытаться(!), собрать узел, и если все сложится и заработает, то можно будет сделать сборочный чертеж. Я говорю, если сложится, ибо почти никогда это не происходило. Во-первых, мы не знали, в каком порядке необходимо собирать детали в узел, надо было поломать голову. Во-вторых, часто какой-то детали не хватало, она могла лежать в другой куче, иногда наш “дед Потапыч” её просто прятал (!). Нет, не подумайте дурно, не для вымогания мзды. Это был прием обучения, который заставлял студента задуматься, как выходить из этой ситуации.

Если деталь не находилась и Потапыч её не прятал, то выход один — придумать её вид, начертить, а потом сделать в мастерской. Понятно, если деталь была достаточно простая, делал все сам. В мастерской было все необходимое и станки, и кузнечный горн, и молот, и молотки, клещи в общем все, что положено. Была и литейка с вагранкой. Все было, часто не хватало мыслей в голове(!), ну а если сложная была деталь, то помогал мастер. Затем собранный узел и всё: чертежи, эскизы карандашом на оборотках от синек (так дешевле — экономия поощрялась), чертежи на ватмане в туши, предъявлялись профессору на зачет. Это была уже другая процедура”;

— **подготовка инженера широкого профиля:** “мы должны были многое уметь делать руками: конструировать, изготавливать, приводить в действие изделие. Конечно, расчет конструкции — особая статья. Я изрядно попотел, когда выполнял строительный проект. Был такой. Сделать надо было чертежи, в туши и акварели, приходской вокзальной церкви на сто пятьдесят душ. Расчет акустики, эта была задачка, порылся в книгах — нашел ответ”;

— **навыки на всю жизнь:** “был у нас профессор Розенфельд, (вроде так была его фамилия, память подводит!) Так вот он нас приучал рисовать (чертить), карандашом на бумаге и мелом на доске одинаково и правой, и левой рукой. Как он объяснял эту свою дурь? Просто говорил “инженерная работа не проста, может и авария случиться, потерял правую руку, и что перестал быть инженером?” И добавлял: “да пусть Вас Бог милует, но кто застрахован?”

Я был свидетелем того, как Виктор Афанасьевич одновременно двумя руками на доске чертил две касающиеся в точке окружности. И еще рекомендовал чертить на доске не слева направо, как обычно, а наоборот справа налево — это для того, что бы не загоразивать рисуемое изображение своим телом;

— **об учителе:** “многие годы жизни вспоминаю лекции профессора Вадима Эрастовича Тира. Он читал нам курс “Детали машин”. Более полувека сохраняется у меня литография “Записки лекций по деталям машин”.

Особенностью его изложения были: четкое определение места и функции механизма, схема приложения сил и моментов, определение характера нагрузки (статической или динамической) вид напряжений в деталях. “Конструировалась” расчетная формула, далее подстановка данных и получение числового результата. Очень подробное обсуждение полученного результата. Подчеркивал, что в инженерном деле мелочей не бывает. Например, шпонка — деталь мелкая пустяковая, в машине не сразу найдешь, а из-за неё случаются аварии”.

В своем фундаментальном учебнике “Детали машин” (1945, с. 247...248) В.А. Добровольский приводит расчет теоретического обоснования размеров шпонки с таким примечанием: “изложенный метод расчета принадлежит моему (ныне покойному) учителю по деталям машин проф. Харьковского технологического института В.Э. Тиру (Харьков, 1903)”.

ИНЖЕНЕР

1908 год, окончание Харьковского технологического института.

На основании Высочайше утвержденного 16 апреля 1885 года положения о Харьковском Технологическом Институте Императора Александра III: “Лица, окончившие курс наук в означенном институте, удостоиваются звания инженер-технолог и имеют право на утверждение, при поступлении на Государственную службу, на штатную должность техников, в следующих чинах: окончившие курс с отличием — в чине X класса, а окончившие курс без отличия — в чине XII класса.

Поступая на штатные должности преподавателей в специальных или реальных учебных заведениях, инженер-технолог пользуется служебными преимуществами.

Инженеры-технологи пользуются правом производства всякого рода промышленных устройств, осуществления строительных работ и составления проектов всяких зданий и сооружений.

Инженеры-технологи не имеющие, по происхождению, прав высшего состояния, причисляются к сословию Личных Почетных Граждан без взимания установленной за грамоты пошлины”.

ДИПЛОМ

*Харьковский Технологический Институт
ИМПЕРАТОРА АЛЕКСАНДРА III
сим объявляет, что
Виктор Афанасьевич ДОБРОВОЛЬСКИЙ,
из мещан, 24 лет от роду, православного вероисповедания,
по окончании в 1908 году с отличием
полного курса наук по МЕХАНИЧЕСКОМУ отделению,
подвергся испытанию в Экзаменационной Комиссии
и оною 30 мая – 1908 года удостоен звания
ИНЖЕНЕР-ТЕХНОЛОГА,
а потому при поступлении на государственную службу
на штатную должность техника имеет право на утверждение
в чине X класса и вообще пользуется всеми правами
и преимуществами, законами Российской Империи
с званием **ИНЖЕНЕР-ТЕХНОЛОГА** соединенными.
В удостоверение чего и дан сей диплом,
за надлежащей подписью с приложением Институтской печати.
Харьков июня 5-го дня – 1908 года. №5009.*

*Директор Харьковского Технологического
Института Императора Александра III П. МУХАЧЕВ*

Печать

*Помощник Директора Р. ГАРТМАН.
За секретаря Учебного Комитета И. КРАСУСКИЙ.*

После защиты диплома Виктор Афанасьевич с квалификацией **инженера-технолога** становится членом Южно-Русского Общества Технологов, поступает на работу на Харьковский паровозостроительный завод. Через некоторое время переезжает в Санкт-Петербург, где трудится на Металлическом заводе конструктором сборочного производства.

В 1911...1915 гг. Виктор Афанасьевич работает инженером, руководителем отдела службы движения Восточно-Амурской железной дороги.

В 1915...1917 гг. он начальник отдела механики Вологодско-Архангельской железной дороги, совмещает работу преподавателя прикладной механики в Вологодском техническом училище. Здесь приходит первый опыт учебно-педагогической работы.

1917 г. — заместитель председателя губернского отдела Союза инженеров и техников, начальник механического отдела базы Одесского полевого войскового управления.

1918 г. — берет участие в организации Одесского политехнического института, который начал свое функционирование в сентябре.

В 1922...1927 гг. В.А. Добровольский на хозяйственной работе в губернском комитете государственных учреждений.

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

В 1923 г. — директор, преподаватель, профессор II группы Одесского рабочего вечернего индустриального института.

В период восстановления народного хозяйства страны на кафедре организуется научно-исследовательская лаборатория, ведутся эксперименты по разного рода машинам и установкам. Исследуются новые конструктивные решения, повышающие прочность и долговечность деталей, узлов и в целом машин. По результатам этих работ публикуются статьи по различным практическим проблемам: по ткацкому производству, прокатному и кузнечному делу, по ремонту локомотивов и паровозов, по технологии производства и эксплуатации тракторов и автомобилей.

Одновременная работа в промышленности и преподавание — такой симбиоз производственного опыта и энциклопедические знания приводит к тому, что он в первые годы своей преподавательской деятельности читает курсы: “Детали машин”, “Механические молоты”, “Паровозы”, “Прокатные станы” и многие другие.

В 1928...1936 гг. — заведующий техническим отделом, затем главный инженер Одесского отделения государственного института проектирования предприятий по производству металлов (ГИПРОМЕТ), консультант Главного научного управления механизации и моторизации РККА.

ПРОФЕССОР

1929 — профессор кафедры “Общего машиностроения”.

На основании своего огромного опыта профессор В.А. Добровольский приходит к необходимости создания учебного пособия по конструкциям деталей машин. Эта задумка реализовалась в виде конспекта лекций в 1926 году. Конспект был отпечатан на стеклографе, содержал всего 328 страниц.

В течение двух лет автор работал над этим конспектом, в результате появился первый учебник на украинском языке.

Приведем фрагмент документального рассказа старшего помощника Одесского окружного прокурора, члена КПСС с 1919 г., Скандаленко о тех условия, при которых учебник “Детали машин” состоялся:

“Дорогой Виктор Афанасьевич, прочитав в газете “Знамя коммунизма”, что Вам исполнилось 75 лет, я присоединяюсь к искренним приветствиям и поздравляю Вас — замечательного русского инженера, ученого и педагога, коммуниста и общественного деятеля, прошедшего славный путь вместе со старшим поколением и внесшим огромный вклад в развитие советской науки, технической мысли, воспитавшего тысячи и тысячи инженеров, научных работников из людей рабочего класса и беднейшего крестьянства нашей Советской Родины. Ваш светлый образ и жизненный путь не усыпан розами. Как сейчас помню один из самых драматических отрезков Вашей жизни.

В 1929 г. Вас арестовали и хотели сшить белыми нитками против Вас уголовное дело, как главного инженера. Тщательно ознакомившись с Вашим делом, я пошёл в судебное заседание, отказался от обвинения Вас от имени государственного прокурора и предложил Вас оправдать за отсутствием состава преступления в Вашей деятельности и немедленно освободить Вас из-под стражи.

Никогда не забуду, когда, находясь в Одесской тюрьме около 5-6 месяцев, Вы написали знаменитый учебник “Детали машин”, по которому училась

замечательная молодежь нашей страны. Тогда бюро Окружкома меня поддержало...”

Окончилась “командировка” благополучно, профессор опять на кафедре среди учеников и сотрудников.

В начале 30-годов происходит разукрупнение политехникума, из него выделяются институты: Водный, Электротехнический связи. Строительный, Институт холодильной промышленности и другие. Политехнический ныне именуется механико-технологический институт.

В.А. Добровольский — зам.директора по учебной и научной работе.

В 1935 г. прошла очередная реформа Высшей школы, на этот раз происходит укрупнение ВУЗов, теперь Одесский механико-технологический институт становится Индустриальным (ОИИ), одновременно проводится и переквалификация преподавателей ВУЗов.

*Всесоюзный Комитет по Высшему
Техническому Образованию при СНК СССР
Протокол №27/98 от 11 сентября 1935 г.*

Слушали:

*Об утверждении ДОБРОВОЛЬСКОГО Виктора Афанасьевича
(Одесса, Индустриальный институт) в ученном звании профессора.*

Постановили:

*Утвердить Добровольского Виктора Афанасьевича в ученном
звании профессора по кафедре «Общее машиностроение».*

*Председатель ВК по ВТО — Г.М.Кржижановский
Ученый Секретарь ВАК — А.В. Травина*

К. п.

ДОКТОР ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

1936 г. — В.А. Добровольскому присвоена научная степень доктора технических наук без защиты диссертации протоколом №1 ВАК при ВКВШ СССР.

*Высшая Аттестационная Комиссия
Всесоюзного Комитета по Делаам высшей школы при СНК СССР
Протокол №1 от 2 декабря 1936г.*

Слушали:

*Об утверждении ДОБРОВОЛЬСКОГО Виктора Афанасьевича
в ученой степени Доктора Технических Наук без защиты диссертации.*

Постановили:

*Утвердить Добровольского Виктора Афанасьевича в ученой степени
доктора технических наук без защиты диссертации*

*Председатель Высшей Аттестационной Комиссии — И.И. Межлаук
Ученый Секретарь — А.В. Травина*

К. п.

На кафедре и в экспериментальной лаборатории преподаватели, аспиранты и студенты ведут исследования по червячным редукторам, грейдерам, подшипникам скольжения и игольчатым подшипникам.

Игольчатые подшипники в те давние годы были известны и применялись в условиях ограниченного пространства в соединении корпус-вал. Однако расчетной модели, определяющей напряжения его элементов и соответствующих расчетов, не существовало. Этот подшипник привлек внимание В.А. Добровольского по случаю:

— “на полевых испытаниях некой транспортной техники (скажем так) вышел из строя механизм отбора мощности. Собственно полетела втулка, подшипник скольжения. Она была сделана из медно-графитного сплава.

Вытащили обломки, послали солдата-мотоциклиста в город, на завод за другой. На всякий случай сделали обмеры зазора корпуса - втулки, на тот случай, если втулки не найдется, то чтоб изготовили бронзовую или хотя бы чугунную. Дело с испытанием затягивалось. Главный конструктор изделия метал гром и молнии. Самое интересное, что данный узел застопорил дело, но к основной конструкции прямого отношения не имел. Большие начальники в фуражках и галифе ругались, грозили прекратить испытание. Подходит техник моторист и говорит: “А что, если зазор компенсировать, обмотав вал проволокой в виде пружины”. Думаю, если медной, и если подойдет по размеру, идея неплоха. Испытания пройдут, а там и со втулкой можно будет разобраться. “Где проволока?” — спрашиваю.

“Да вон в ангаре”, заходим: вижу не медная, а серебрянка (нержавейка). “Что Вы из неё делаете?” Отвечает: “Пружины”. Вот почему внес такое предложение. Навить не пойдет. Парень расстроился. “Есть другое предложение: нарежьте по длине спички, на точиле закруглите торцы. Вставим в зазор параллельно оси вала”. Получился игольчатый подшипник. Через полчаса все было готово, запаковали с солидолом подшипник, одели крышки. “Запускай”! Испытания прошли успешно, а втулки, за которыми посылали нарочного привезли только на третий день.

Тогда всем, конечно, повезло: что механик оказался с головой, серебрянка подошла по зазору”.

Как это неоднократно бывало, упомянутый случай попал в «кондуит»-записную книжку Виктора Афанасьевича. А книжка эта была особенная. В неё попадали самые невероятные, самые, самые интересные случаи из насыщенной практики её владельца. С тех пор и возник интерес к этим подшипникам.

В лаборатории кафедры, под руководством и при непосредственном участии В.А. Добровольского, были проведены фундаментальные исследования игольчатых подшипников аспирантом и студентом братьями Д.М. и В.М. Поддериными.

Потом все вместе написали книжку “Игольчатые подшипники: Конструкция, расчеты, производство, монтаж и уход”. — Одесса, изд. “Черноморская Коммуна”, 1935. — 172 с.

Еще было опубликовано пять статей по этой проблеме. Результаты исследования по этой проблеме были переданы для использования в промышленности ИПС и головному институту отрасли ЦНИИМАШ.

На кафедре выполняют исследования молодые преподаватели, инженеры, вчерашние выпускники и люди с богатым производственным опытом, студенты. Тематика исследований подсказывалась самой жизнью.

Был такой случай: после ремонта портового крана-буксира. Возникла чрезвычайная ситуация. Пятиминутная работа крановой лебедки, при номинальной нагрузке приводила к тому, что в редукторе подъема груза, температура масла повышалась настолько, что даже такая кратковременная работа недопустима. Замена масла для смазки и другие мероприятия положительных результатов не дали. Пригласили на консультацию.

Беглый внешний осмотр показал, что на свежеразкрашенных стенках редуктора остались следы масла, выброшенного через верхние смотровые люки, в виде черных сплошных полос. “Подвергался ремонту редуктор?” Оказалось, что демонтировали лебедку, потом вернули на место. “Покажите чертежи”. Их не оказалось. “Как делали ремонт?” А как обычно, сначала сняли, потом поставили на место. “Ну, тогда переверните редуктор так, чтобы червяк оказался внизу, а не наверху как сейчас”. Червяк после этого оказался в зоне обильной смазки, перегрев прекратился. По-видимому, выполняя монтаж после ремонта, при отсутствии чертежей редуктор установили неправильно”.

Этот случай, как всегда попал в кондуит В.А. Добровольского, а исследование тепловых потоков в червячном редукторе стало темой диссертации одного из его учеников А.С. Радчика.

Кафедра становится центром притяжения для многих специалистов, выполняющих диссертационные работы в новых и актуальных направлениях машиностроения, одним из центров подготовки специалистов высокой квалификации наряду с кафедрами и Учеными Советами крупнейших институтов Москвы, Ленинграда и Харькова.

В это время на кафедре трудятся специалисты разных специальностей, поэтому здесь докладывают и обсуждают диссертации по многим направлениям: физики твердого тела, механике разрушения конструкций, прочности и долговечности деталей машин, по проблемам резания металлов, по технологии обработки изделий и монтажа оборудования машиностроительного производства.

Очень часто в качестве оппонентов приглашались видные ученые из различных научных центров: Москвы, Ленинграда, Харькова, Киева — это способствовало повышению уровня работы кафедры. В 1936 году В.А. Добровольский — известный ученый, талантливый педагог и деятельный общественник — становится Председателем областного и членом Президиума центрального правления научно-технического общества машиностроителей, в этом статусе остается до 1955 года.

В.А. Добровольский много внимания уделял подготовке и воспитанию научной смены. Многие из выпускников его аспирантуры стали в последствии руководителями научно-исследовательских коллективов институтов, проектных организаций и заводов. Из 200 диссертаций, защищенных в ОПИ до 1960 года, 135 выполнено по тематике кафедры.

Кафедра “Общего машиностроения” в дальнейшем разделилась на: — “Детали машин” (В.А. Добровольский), “Металлорежущие станки”

(Л.Б. Эрлих), “Технология машиностроения” (Л.Д. Шехтер). Руководителями этих кафедр стали его ученики, перед этим защитившие диссертации.

ЛЕКТОР

Виктор Афанасьевич Добровольский обладал оригинальной манерой чтения лекций. По звонку, точно (без скидок на свой статус) заходил в аудиторию, вынимал из кармана свой неизменный кондуит, медленно перелистывал, находил нужное место, делал паузу не более минуты, отправлял блокнот в карман, объявлял тему лекции и начинал свой монолог.

Для того чтобы хоть отдаленно представить это действие, надо вспомнить выдающиеся, блистательные выступления Ираклия Андроникова на ТВ, надеюсь, старшее поколение помнит. Различие в том, что лекторы виртуозно разворачивали сюжет повествования, но в первом случае на техническом поле, а в другом — на гуманитарном.

Начинался рассказ всегда нетривиальным сюжетом, где могли случиться: авария, полная драматизма, или курьезный смешной случай.

Это были истории, которые развивались в изложении автора, как детектив с участием технического эксперта (исследователя). Сначала в технических терминах описывалось событие: что? где? когда? Затем ставились вопросы как? возможно? почему? И вот шаг за шагом распутывается ситуация, при этом изложение сопровождается четкими чертежами, необходимыми расчетами, обязательно доводится до числа. При исследовании задачи часто рассматриваются альтернативные варианты решения, они тут же оцениваются, принимаются или отвергаются. В обсуждение альтернатив вовлекается студенческая аудитория. Самое интересное: все это действие соответствует заявленной теме лекции.

Лекции В.А. Добровольского пересказывали студенты города, они превращались в легенды, где иногда выхолащивалась техническая сторона, но передавался её удивительный колорит действия. Его лекции никто не пропускал, на них часто бывали студенты даже из других вузов. В Одессе всегда было несколько технических вузов, где читался курс “Деталей машин”, все учились по его учебникам. Понятен интерес к автору, ведь он был рядом, да еще читал лекции, которые превращались в легенды.

— Некую легенду рассказывают, как однажды идя на лекцию он завернул в буфет и одолжил стопку глубоких тарелок. Предстояла лекция о пружинах, сначала речь шла о пружинах растяжения, с примером пружинных весов — с помощью которых на одесском привозе взвешивают камбалу. Это всем понятно. Потом рассказ о рессорах, пружинах сжатия, которые применяются в качестве амортизаторов в транспортных машинах.

Наступает очередь тарелок, которые иллюстрируют возможности изменения жесткости пакета тарельчатых пружин французского инженера Бельвиля, в зависимости от их соединения. Это тут же демонстрировалось: если вкладывать тарелку одна в одну, жесткость большая, если собирать в башню жесткость понижается, но ход пружины увеличивается. Дальше давалось объяснение о применении тарельчатых пружин в механизме подвески автомобиля, откатных системах артиллерийских орудий или в качестве технологической оснастки.

Коллеги порой неодобрительно относились к таким приемам ведения лекций. Дескать, фиглярствует профессор!

Он же в своих действиях стремился к пробуждению у студента свободного мышления, не связанного с догмами единственного книжного варианта. Главная цель — добиться понимания, а не зазубривания материала.

В лекциях бывало, он приводил примеры, в книжках о которых не прочесть. Здесь были рассказы об инженерных просчетах, приводящих к неработоспособным конструкциям. О столь заумных решениях, что порой при современных способах производства конструкцию невозможно было бы воплотить в жизнь. Он всегда говорил: “Хороший конструктор — это прежде всего отменный технолог”. “Простота решения — залог успеха”.

Вот характерный пример.

Известно, что любые чертежи лучше всего делать в натуральную величину, при этом лучше зрительно воспринимается изображение. Конструктор в этих случаях меньше делает ошибок. Как поступить, если конструкция огромных размеров? Расписывая стены фресками больших размеров, художники для этих цели используют леса, как строители, в инженерной практике применяют не вертикальные доски для черчения, а горизонтальные, так называемые “плазы”. При размере в 8...12 м в длину и 5...6 м в ширину надо чертить в середине такого стола — “плаза”. “Как это сделать?” Повисает пауза. Разрешает студентам вносить предложения.

Кто посмелее, предлагают сделать люльку и подвесить на кран-балку. Следует вопрос: “Будет ли это удобно, ведь надо чертить, и как управлять перемещениями кран-балки т.д.”

Потом извлекает из кармана четыре шарика для пинг-понга, выкладывает на стол и накрывает книгой. Получилась тележка на шарах для перемещения в любой «системе координат». На ней лежит чертежник. Перемещается такая конструкция по плоскому столу легко при отталкивании с упором руками в плаз. Так дети плавают, например, на досках-плотах по морю.

ЭКЗАМЕНАТОР

Оригинален у него был метод приема экзаменов. На экзамене можно было пользоваться книгами, справочниками, конспектами, методичками, т.е., чем угодно. Но должно выполняться одно условие, нельзя списывать из-под стола, со шпаргалки. Все делать надо открыто. На двух столах всегда лежали горой учебники и справочники разных годов издания, до известного с давних времен справочника “Хютте”. Студент, получив билет, мог подойти к столу с книгами, найти нужную, и дальше садиться за стол, готовиться к ответу.

Чаще всего студенты списывали текст, перерисовывали чертежи. Далее студент подходил к экзаменатору и тут то, все начиналось. Сыпались вопросы: как? почему? зачем? каким образом? для чего?

Его многочисленные студенты вспоминают:

— “после ответа по билету, где один из вопросов относился к подшипникам качения, последовали вопросы: “Почему одни подшипники имеют сепаратор, а другие нет, зачем он применяется, каким образом его изготавливают, как он влияет на надежность и долговечность?” и т.п.

Пришлось соображать, может даже фантазировать... Получил пятерку”;

— “вопрос достался пустяковый о резьбовых соединениях “ну думаю, покажу класс, говорил долго, заговорил “деда”, мне даже показалось, что он спит с открытыми глазами”. “И это вся классификация гаек! А теперь расскажите, что вам известно о всяких гайках?” Едва спасся на тройку, стипендия рухнула”;

— в институте метод приема экзаменов “по Добровольскому” был всем известен, однако, им никто не пользовался, и отношение к нему было разное. Одни были абсолютно против: “как можно допустить на экзамене пользование книгами, справочниками? — студенты все спишут, что после этого делать?” Другие — “что позволено Юпитеру, то не позволено быку”, намекая на ректорский статус профессора.

Как объяснял свой прием автор:

“Настоящая работа инженера — это творчество, которое требует знания и понимания предмета. А что такое знание — это память и еще раз понимание. Что в результате: память и понимание в квадрате. Вот такая формула получается. Память у всех разная. Одни лучше запоминают тексты, другие рисунки, чертежи, третьи формулы. Память явление нестабильное, так почему не разрешить пользование книгой?

В производственных условиях у инженера будет под рукой книги, справочники, нормативные документы пусть привыкает ими пользоваться.

Конечно, беда, когда студент только вы зубрит материал без понимания.

Хорошая память это необходимое условие, но не достаточное условие для понимания предмета. Только на экзамене лектор (тет-а-тет), может выяснить уровень понимания студента, да и на себя оглянуться, на свои собственные прорехи. Экзамен это не столько контроль успеваемости, сколько продолжение учебного процесса”.

Один коллега, в те давние годы ассистент родственной кафедры, рассказывал такой эпизод, участником которого он невольно был. “Разыскивая своего приятеля, аспиранта кафедры, заглянул в один из кабинетов. В кабинете вокруг стола столпились молодые люди разных возрастов. Кто сидит за столом не видно.

Громко спрашиваю, есть ли здесь интересующее меня лицо. Слышу знакомый голос: “Кто там?” Толпившиеся у стола раздвинулись. “А наша юная смена!” Собственной персоной директор института. И поманил меня пальцем. Думаю — попал. Подхожу к столу, на нем лежит синька, примерно формата А0. Угловым зрением вижу, в штампе — листов 3, лист 2. Тут никак идет разбор конструкции, а ведь по одному листу чертежа из трех бывает чрезвычайно трудно разобраться в её сути. Обращаясь к присутствующим: “Что поцаны (сказал через “о”) за.....сь, вот человек случился, спросим...?”

Думаю, попал, так попал. Показывает на вырыв в углу чертежа. “Для чего вон та х..ренатень?” Смотрю, изображены три детали. Корпус, в нем глухое отверстие, на дне лежит свободно шайба-гайка, в её отверстии резьба. В отверстие корпуса запрессована втулка. Шайба-гайка лежит свободно, какая её функция? Странность в чертеже, и в вопросе. Думаю, это только начало, наверно, вопрос на раскачку, “на разогрев”. Надо, что-то отвечать. Раз есть резьба,

она для чего-то нужна. Значит это не шайба, а определено гайка. Завинчиваем, например, болт. Он, пройдя гайку-шайбу, упрется в дно отверстия корпуса, если продолжать закручивать болт, он начнет приподнимать гайку-шайбу и после того, как она упрется в торец втулки, она будет её выпрессовывать. Шайба-гайка нужна для демонтажа злополучной втулки.

Мгновенно следует вопрос: “Как работает болт?” На сжатие. “А гайка?” Так же. Повисла пауза. Жду продолжения. “Лицо, которое вы ищете, здесь отсутствует”. Я понял, что меня пронесло, можно уйти. В дверях сталкиваюсь с замдекана: “Что прогнал?” Да вроде бы нет.

Потом мне кто-то объяснил, что там было собеседование с аспирантами, в связи с предстоящим экзаменом кандидатского минимума по специальности. Для меня этот эпизод имел продолжение, но, как говорится, это уж другая история”.

ОРГАНИЗАТОР

1941 г. — Война. Одесса почти сразу прифронтовой город. Директор ОПИ, он же секретарь приморского райкома и ответственный за эвакуацию предприятий и учреждений района, М.Ф. Волохович по директиве наркомата эвакуирует сотрудников и оборудование ОПИ. Эвакуация возможна двумя способами: на морских судах и поездом. Старый паровозник выбирает железную дорогу. Эвакуация проходит успешно.

1941...1942 гг. Сталинградский механический институт (директор института А.В. Ловягин). В.А.Добровольский заместитель директора по учебной и научной работе организует коллектив на решение актуальных задач в области военной тематики. Здесь весной 1942 года состоялась защита кандидатской диссертации В.Н. Кудрявцевым, впоследствии ставшим крупнейшим ученым-механиком, специалистом мирового уровня в области зубчатых передач. Официальными оппонентами были В.А. Добровольский и доцент кафедры ОПИ С.Л. Мак, в то время главный инженер передвижных авиационных мастерских, располагавшихся на окраине города.

1942 г. — вторичная эвакуация. Оборудование, сотрудники и студенты двух вузов ОПИ и СМИ на новом месте, их принял Челябинск. Организуется Челябинский механико-машиностроительный (танковый) институт (директор института П.А. Гришин). В.А. Добровольский заместитель директора по учебной и научной работе. В декабре 1943 года он проводит набор на танковый и технологические факультеты, который осуществляется без вступительных экзаменов по собеседованию. Одновременно он налаживает работу испытательной лаборатории на Челябинском танковом заводе им. Кирова совместно с коллективом инженеров и ученых, эвакуированных из Ленинграда.

Научный вклад В.А.Добровольского в теоретические и экспериментальные исследования по важнейшей тематике, необходимые для практики танкостроения, правительство высоко оценило, наградив его орденом Ленина.

В 1944 ему было **присвоено звание Заслуженного деятеля науки и техники РСФСР** (Указ Президиума Верховного Совета РСФСР от 19 мая 1944 г.) в связи с шестидесятилетием со дня рождения и сорокалетием научно-производственной и педагогической деятельности.

1944 г. — возвращение в Сталинград, ожидание освобождения Одессы. Работа продолжается, консультирует восстановление оборонных и гражданских предприятий Сталинграда и Харькова.

ДИРЕКТОР

1945 г. — возвращение в Одессу.

Постановлением СНК СССР №215-237 от 17.05.1945 Индустриальный институт преобразуется в Одесский политехнический институт, его директором назначается профессор В.А. Добровольский.

Быстрыми темпами восстанавливается институт, он уже располагает зданиями на ул. Красной Армии (Преображенской) 8, ул. Гоголя 4 и 16, аудиторной площадью более 4500 квадратных метров, лабораториями, кабинетами и мастерскими в 1400 квадратных метров. Площадей не хватало, институт работает с 8.00 до 22.00. Налаживается учебный процесс на стационаре дневном и вечернем.

На кафедре начинаются целенаправленные исследования в помощь восстановлению предприятий города. Развертывается тензометрическая лаборатория. Возвращаются в институт сотрудники и аспиранты. Заработал Совет по присуждению степеней.

1946 г., коллективы НИИ и ВУЗов Южного региона, при поддержке ученых Украины, выдвигают В.А. Добровольского в действительные члены Академии Наук УССР. Президиум Академии подтверждает возможность избрания в члены Академии, при условии переезда в Киев и организации академического института общего машиностроения. После некоторого размышления он решил отказаться от столь заманчивого предложения. В письме Президиуму он мотивировал отказ следующими соображениями: первое, только год назад был назначен директором Одесского Политехникума и куратором ВУЗов Южного региона, второе, он связан обещанием перед Правительством о восстановлении работы ВУЗа и обеспечении нормального хода учебного процесса и научных исследований в промышленности Южного региона и Молдавии. В заключение рекомендовал Президиуму Академии организовывать, предлагаемый институт в Харькове — городе высокого научного и промышленного потенциала.

В эти годы, кроме необходимых хозяйственных забот, он занимается совместно с коллективом кафедр, разработкой новых, соответствующих текущему моменту, программ учебных дисциплин и учебных планов института. Эти планы предусматривают три формы обучения - дневную, вечернюю и заочную; и три цикла - общенаучный (первые два года), общетехнический (третий год обучения) и специальных дисциплин (четвертый и пятый годы). Особое внимание уделено практике и курсовым проектам. Полезное воспоминание о своих студенческих годах и многолетнем опыте педагогической деятельности.

В.А. Добровольский избирается председателем областного правления НТО машиностроительной промышленности, и депутатом Городского и Областного Советов.

Человек он был необыкновенный и как директор института, и как депутат.

Он был чужд всякой формальности и бюрократизма. У него не было для посетителей приемных дней, часов, как и соответствующих табличек на дверях. Он принимал их всегда, когда был свободен от лекций и Ученых Советов. До-

статочно было зайти в приемную и сообщить секретарю причину своего обращения. Если В.А. Добровольский был в кабинете и не занят, посетитель принимался немедленно. В проблему вникал мгновенно. Вопросы решались стремительно. Бывали обращения вне его компетенции. Тогда он подсказывал к кому обратиться или сам обращался за помощью. Когда он был в кабинете, и не было текущих дел, и посетителей, он писал... писал свою очередную книжку.

1949 г. вторичное выдвижение в Академию в качестве члена-корреспондента по отделению “Механика”, поддержанное рядом ученых страны и персональной рекомендацией академика Н.А. Доллежала. Избрание не состоялось, возможно, это было реакцией на прошлый отказ.

Все послевоенные годы коллектив кафедр института оказал существенную научно-техническую помощь предприятиям региона. Тематика специальных кафедр носила в большинстве случаев инженерный проектный характер. В стране возрождалось производство на основе новых технологий. Внедрялись методы прогрессивной обработки деталей машин “скоростным” и “силовым резанием”. Известно процессы резания металлов оказывают значительное влияние на состояние поверхности деталей машин. Это влияние прежде всего связано с образованием микрорельефа и возникновением пластической деформации (наклепа) поверхностного слоя. Остающиеся на поверхности следы механической обработки играют роль концентраторов напряжений и понижают прочность, снижают предел выносливости деталей. Исследования, проведенные в институте, показали, что “на выносливость оказывают не только методы обработки, но и режимы резания. Широко применяемые, методы “скоростного” и “силового” резания металлов оказываются выгодными в смысле повышения производительности, но и способствуют увеличению выносливости деталей машин. Это результат “упрочняющих технологий”. Было выяснено, что упрочнение в этих случаях связано с увеличением прочности поверхностного слоя и возникновением в нем остаточных сжимающих напряжений. Негативное влияние качества поверхности, определяемого механической обработкой, полностью устраняется последующей обкаткой. Образцы, грубо обточенные и шлифованные, и образцы после обкатки имеют практически одинаковый предел выносливости.

В связи с этим важно особо подчеркнуть необходимость тесной связи работы конструктора и технолога. Первый обязан знать, какими методами и при каких режимах будет обрабатываться детали и в зависимости от этого устанавливать значения пределов выносливости; второй — технолог, обязан назначать такие методы и режимы обработки, которые, способствуя ускорению производственного процесса, одновременно обеспечивают расчетную прочность”.

1954 г. В.А. Добровольский баллотируется на место члена-корреспондента Академии, которое освобождается при избрании в академики Ф.П. Белянкина, директора института строительной механики. К сожалению, избрание обоих претендентов не состоялось из-за надуманной причины.

Жизнь продолжается — выходит 7-е издание учебника “Детали машин”.

Начало научной публицистики положила статья “Металл Монеля”, о новом медно-никелевом сплаве – материале запатентованном Канадской фирмой “Индастри никел корпарейшн” с интересными свойствами жаропрочности и коррозионной стойкости, опубликованной в Известиях Южно-русского общества технологов в 1911 г.

Круг научной публицистики В.А. Добровольского огромен. В списке публикаций, приведенном в книге, выпущенной к его 75-летию, содержится авторская классификация научных трудов: на книги (оригинальные и переводные) и статьи (научные и научно-популярные) общим числом более ста пятидесяти. Среди первых из них научные труды, монографии, учебники для вузов и техникумов, переводы книг, среди вторых научные статьи по самым разнообразным проблемам машиностроения. Обращают внимание книги переводные. Так, например: Аллан Ч. Эд. Паровоз (перевод с английского с дополнениями и примечаниями инж. В.А. Добровольского). Х., Госиздат. 1925. – 144 с. В этой книге скромные дополнения и примечания составляют более её половины. Для украинского издания переведена с немецкого и полностью переработана книга “Промислові локомотиви.” – О.–Х., 1930. – 132 с.

Многие годы автор неисчислимого количества статей выступает как переводчик с английского, немецкого, французского, итальянского языков и редактор постоянной рубрики – “Хроника зарубежной техники” в журнале “Шквал” морского пароходства (в какое то время акционерного общества РО-ПиТ). С двадцатых годов до последних лет жизни сотрудничает с союзными и республиканскими журналами: “Науково-технічний вісник”. “Вестник науки и техники”, “Вестник металлопромышленности”, “Тяжелое машиностроение”, а также публикует статьи (до 1933 г.) в немецком журнале “Fordertechnik und Fraddverkker”. Тематика статей поражает своей энциклопедичностью и уникальностью: “К вопросу о подводных туннелях” (1912 г.), “Несколько слов о бурильных молотах и перфораторах” (1916 г.), “Коэффициент полезного действия человека” (1923 г.), “Двигатель Стилла” (1924 г.), “Работа кондуктрисс трамвая” (1924 г.), “Передача гнучкою биндою з натяжним коточком” (1927 г.), “Глобоидальная червячная передача” (1936 г.), “Нужно ли рассчитывать валы на угол закручивания?” (1937 г.) и т.п.

Выходят капитальные монографии, привлекающие внимание технической общественности и в наше время:

“Многоковшовые экскаваторы: их конструкция, проектирование и расчет.” – Х.–К.: Техидат, 1934, – 415 с.

“Современные паровые автомобили и тракторы.” – Х.: Держвидав, 1938. – 288 с.

Неоднократно перерабатывает свой оригинальный ученик “Детали машин”, переиздает сборник задач по курсу.

В грозные годы войны В.А. Добровольский подготавливает и затем издает фундаментальный учебник-монографию для машиностроительных вузов “Детали машин: Теория, конструкция и расчеты.” – 3-изд. – М.–Свердловск:

ГОНТИ, 1945. – 815 с. На первой странице книги:

“Светлой памяти товарищей по кафедре и инженеров механиков, героической смертью павших на полях сражений в боях за честь и свободу Родины, настоящий труд посвящает автор”.

Это издание учебника было существенно переработано с учетом новых требований к обучению, выдвинутых войной, развитием новых, по тем временам технологий. Это издание поражает своим объемом, в нем 815 страниц, 1900 формул и 1249 рисунков! Набор всей книги выполнен двумя шрифтами: крупным для студентов, а мелким для изложения первоисточников с обязательным обсуждением темы, методов исследования, расчетов и рекомендаций. Поражает обилие ссылок (их более 400) на работы крупнейших отечественных и зарубежных специалистов. Здесь указаны работы Н.Е. Жуковского и С.А. Чаплыгина, П.Л. Капицы, И.И. Артоболевского, Е.А. Чудакова, Н.Н. Давиденкова, С.В. Серенсена, И.А. Одингга.

Коротко эти принципы сводились к следующему:

— простое изложение даже сложных вопросов преследует главную цель: достижение наибольшего понимания и затем усвоения основных принципов конструирования;

— изучение физических принципов, реализуемых в механических конструкциях;

— выбор расчетных зависимостей должен опираться на ранее изученные физические принципы и их математическое описание;

— представление исчерпывающих разъяснений по поводу возможных отказов, природе их возникновения и факторах, влияющих на их появление;

— несерьезной - следует обратить внимание на возможные отступления и не согласования действующих факторов от исходной математической зависимости, компенсации этих несоответствий за счет корректирующих коэффициентов.

Читает лекции в своем традиционном стиле. Они теперь обогащены опытом недавнего прошлого. Начиная цикл лекций, он, обращаясь к аудитории студентов, говорит: “Все, что вам понадобится в жизни, я написал в своих книжках, по ним вы научитесь считать, решать задачи. Расскажу Вам то, что я не мог, по разным причинам, там написать”.

В этих лекциях богатство новых примеров, в основе которых вчерашние “будни”: эвакуация, развертывание производства под открытым небом, поиск рациональных конструкторских и технологических решений.

Много внимания уделяется “поведению людей” в экстремальных ситуациях при эксплуатации сложной техники. Известно, любая даже совершенная и отработанная конструкция имеет “слабое звено”, как и производство “узкое место”, которое обязательно проявляется именно в экстремальных условиях. А война предъявляет весьма повышенные требования, к конструкции, к её производству, и особенно к человеку.

Он в лекциях развивает понятие “машина”, формирует принципы конструирования машин, публикует свой оригинальный взгляд на эту проблему (соавтор Л.Б. Эрлих). “Основные принципы конструирования современных машин”; ВНИТОМАШ. – К.–М.: Машгиз, 1956. – 109 с.

Из воспоминаний его самого любимого ученика, продолжателя дела своего учителя, ставшего в дальнейшем профессором и ректором ОПИ (1969...1985 гг.) Константина Ивановича Заблонского:

“На кафедре работали сотрудники с разными характерами и способностями, все были трудолюбивыми, жизнерадостными, не обделёнными чувством юмора. Виктор Афанасьевич любил острую шутку, сам был ироничным, называл наш коллектив джаз-кафедрой.

На заседаниях кафедры он был немногословен, внимательно выслушивал аргументацию, не проявлял ярких симпатий к чьей-либо позиции по спорному вопросу. А споры иногда носили очень острый характер, допускались любые высказывания. Истина рождалась сама собой в споре сторон. И не было ни торжествующих, ни посрамлённых.

Работать с Виктором Афанасьевичем было легко, он не любил многословия, был точен и конкретен, воспринимал всё очень быстро, шел легко на внедрение нового.

...Следует сказать о личных качествах Виктора Афанасьевича. Он был настоящим ученым, и прежде всего, порядочным, отзывчивым человеком.

Абсолютно не терпел склочников и кляузников. Он с горечью говорил: “...Есть люди, которые по субботам ходят в баню, а есть такие, что пишут всякие-разности по субботам в ВАК и другие организации”.

Если возникали шероховатости в отношениях с окружающими, тем более конфликтные ситуации, он умел их легко разрешать, иногда пользуясь своим непререкаемым авторитетом, а иногда снимал напряжение, переводя все в шутку, этому ему помогал природный юмор”.

Однажды, два аспиранта послали статьи в столичный сборник. Статью одного приняли к публикации, а другому вернули с рецензией на доработку. Этот последний пришел с жалобой на необъективность редакции. Переминаясь с ноги на ногу, сказал: “Вот его статью приняли, (показывая на коллегу), а мою вернули”. У Виктора Афанасьевича в глазах появились лукавые искорки. “Что за беда? Ну, он “выпердил” со статьей, так и вы “тужтесь, тужтесь!” и вашу статью примут”.

“Дом Виктора Афанасьевича был хлебосольным. В праздники и в памятные семейные дни в этом доме собирались многочисленные друзья, коллеги по кафедре, старые и молодые, все чувствовали себя непринужденно, веселились допоздна”.

... На втором этаже Одесского Дома Ученых, в голубой гостиной чествовали В.А. Добровольского. Как обычно, доклад о жизни и творчестве, выступление гостей. Скучно перечисляли заслуги юбиляра. Наконец, он не выдержал, встал и произнес следующее: “Господа (редкое обращение в те годы), о виновнике данного мероприятия, все известно: что делал, где был, в чем замечен, чем отмечен. Зачем разводить бодягу. Кто пришел с адресами складывайте сюда на стол, подарки в угол. Потом давайте спустимся на нижнюю палубу, где есть что принять на борт, и опустить в трюм. А кто имеет желание поговорить, так это лучше сделать не на сухое горло”.

Знающие люди комментировали – “... замечен был – в защите своего коллектива от произвола в годы “космополитизма”; “... отмечен был – двумя

орденами Ленина, орденом Трудового Красного Знамени и множеством медалей, среди которых была, особо им ценимая “За оборону Сталинграда”.

Виктор Афанасьевич Добровольский, – автор более ста пятидесяти научных трудов, монографий, публицистических статей и знаменитого учебника “Детали машин”, который выдержал 14 изданий. Он постоянно поддерживал научные и личные контакты с учеными, работающими в его или примыкающей области знаний.

Он близко знал: академиков И.И. Артоболевского, А.А. Благоднарова, Н.Г. Бруевича, Е.А. Чудакова, профессоров С.И. Артоболевского, С.Н. Ачеркана, Б.Л. Богославского, А.П. Владзиевского, Л.Б. Левенсона (Москва), академиков Ф.П. Белянкина, И.Г. Одина, Е.О. Патона, С.В. Серенсена. (Киев), профессоров В.И. Небесного, Е.Б. Лунца (Одесса). В добрых дружеских отношениях был с офтальмологом академиком Филатовым В.П.

Последние годы жизни, его одолевали разные болезни, тяжело стало говорить, с трудом ходил. Его можно было часто увидеть на веранде дачи, сидящем в плетеном кресле, с неизменной сигарой в руке. У ног устраивался любимый, также стареющий, бульдог “Атос”.

Виктор Афанасьевич Добровольский скончался 23 декабря 1963 г., не дожив пятьдесят дней до своего восьмидесятилетия. Похороны состоялись в очень холодный, снежный и морозный день 25 декабря.

Хоронила легендарного человека вся Одесса. Сотрудники и студенты с непокрытыми головами несли гроб с телом В.А. Добровольского на плечах от института, его детища, до второго христианского кладбища. Процессия с венками вытянулась вдоль всего проспекта Ю. Гагарина. Коллективы всех учебных заведений, заводов, исследовательских и проектных институтов, конструкторских бюро вышли проводить в последний путь ВИКТОРА АФАНАСЬЕВИЧА ДОБРОВОЛЬСКОГО.

ЛИТЕРАТУРА

1. История Одесского политехнического в очерках /под ред. В.П. Малахова. – Одесса: ОНПУ; Астропринт, 2003. – 656 с.
2. Заблонський Костянтин Іванович. Біобібліографічний покажчик. Уклад.; Т.Ю. Гнатюк; Бібліогр. Ред. З.Х. Ісламгулова. — Одеса; Наука і техніка, 2003. – 116 с.
3. Віктор Опанасович Добровольський. Біобібліографічний покажчик / Одес. нац. політех. ун-т. наук.-техн. б-ка; уклад.: Т.Ю. Гнатюк, З.Х. Ісламгулова. І.А. Яковлева; Наук. ред. К.І. Заблонський. – Одеса: Наука і техніка, 2004. – 44 с.
4. Заблонский, К.И. Одесская научная школа в становлении и развитии курса деталей машин, как составной части машиностроения // Труды Одес. политех. ун-та / К.И. Заблонский. – Одесса, 1998. – Вып. 1(5). – С. 168–174.
5. Добровольский, В.А. Детали машин. Теория, конструкция и расчеты / В.А. Добровольский. – Изд. 3. – М.–Свердловск: ГОНТИ, Маш.Лит., 1945. – 815 с.

Отец — **Добровольский Афанасий Алексеевич** (1862...1912 гг.) и мать — **Любах Елена Иосифовна** (1865...1932 гг.) православные, из мещан.

Тростянец — железнодорожная станция Смородино.

Серия паровозов “О” основная не имела передней направляющей и задней, поддерживающих тележек, в сцепке четыре колеса. Основная серия паровозов имеет колесную формулу 0-4-0.

Паровозы “Ов” — “овечка”, “Од” — “джойка”, “Ок” — “компаунд” различались механизмами парораспределения Вальсхорта, Джоя, Аллана.

Харьковское реальное училище располагалось на Вознесенской площади (ныне один из корпусов Технического университета сельского хозяйства).

Тир Вадим Эрастович (1863...1926 гг.) — статский советник, адъюнкт-профессор, инженер-технолог. Окончил ХТИ (1893 г.). На службе с 1895 г. Заведующий техническим отделом Харьковско-Николаевской ЖД (1896 г.). Преподаватель ХТИ (1901 г.). Адъюнкт-профессор с 1902 г. Читал курс лекций по прикладной механике, теории построения машин. Секретарь Харьковского Отделения Императорского Русского Технического Общества (1896...1903 гг.). Заведующий лабораторией по испытанию частей машин (1907...1910 гг.), затем начальник технической конторы Харьковского паровозостроительного завода (1911...1915 гг.). Под его руководством выполнены: проект товарного паровоза для Венской железной дороги, элинг для постройки дредноутов в городе Николаеве (русского судостроительного Общества (1911 г.). Член редакции журнала “Известия Южно-Русского технического общества” (1908...1911 гг.). В дальнейшем — профессор и заведующий кафедрой общего машиностроения (1921...1926 гг.).

Приведенные в тексте документы в копиях (диплом об окончании ХТИ, протокольные выписки о присвоении звания профессора и степени доктора наук), содержатся в личном деле В.А. Добровольского архивный номер 160-Д.

Волохович Михаил Федорович выпускник ОИИ 1933 года, был директором ОИИ в 1938...1941 гг., участник ВОВ, в дальнейшем доцент кафедры “Технологии машиностроения” и начальник НИС ОПИ, главный ученый секретарь научно-технического Совета Одесского Совнархоза.

Ловягин Арсений Васильевич был директором Сталинградского механико-машиностроительного института в 1939...1945 гг., в дальнейшем доцент, заведующий кафедрой “Высшая математика”, заместитель директора по учебной и научной работе в ОПИ (1954...1956 гг.), ректор Севастопольского приборостроительного института с 1964 г.

Гришин Петр Алексеевич первый директор Челябинского механико-машиностроительного (танкового) института в 1943...1945 гг., в дальнейшем доцент, заведующий кафедрой “Технологии металлов”, декан механико-технологического факультета ОПИ (1945...1947 гг.).

Заблонский Константин Иванович выпускник ОИИ 1940 г., аспирант, участник ВОВ, доцент, заведующий кафедрой “Теория механизмов и машин”, проректор ОПИ, профессор, заведующий кафедрой “прикладная механика”, ректор ОПИ (1969...1985 гг.).

Эрлих Лазарь Борисович выпускник ОИИ 1932 г., аспирант, кандидат наук и доцент с 1939 г., заведующий кафедрой “Металлорежущие станки” ОИИ (1939...1941 гг.), главный технолог оборонного завода (1941...1946 гг.), заведующий кафедрой “Технология машиностроения” ОПИ (1946...1950 гг.), доцент (1950...1964 гг.), профессор, заведующий кафедрой “Детали машин” ОПИ с 1964 г.

Приложения Висячие гайки

Существует ряд действенных способов, обеспечивающих равномерное распределение нагрузки по виткам резьбы стержня и гайки. Решение заключается в том, чтобы заставить гайку деформироваться в том же направлении, в каком деформируется стержень. Этого можно достичь переносом опорной поверхности гайки выше последнего витка (рис. 1, II). Расположенное под опорной поверхностью тело гайки (“юбка”) в этом случае подвергается деформации растяжения; смещение витков гайки направлено в ту же сторону, что и смещение витков стержня. Отсюда — более равномерное распределение нагрузки по виткам.

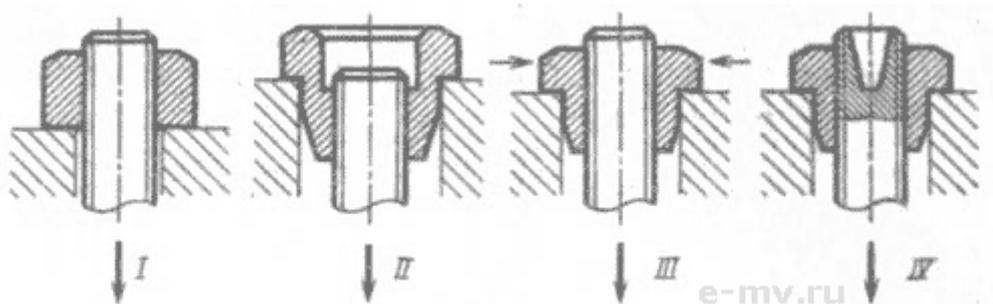


Рис. 1. Гайки: I — сжатия; II — растяжения; III — растяжения-сжатия; IV — растяжения-сжатия, в стержне-разгружающая выборка

Подобные гайки, получившие название “**висячих гаек**” или гаек растяжения (в отличие от обычных гаек, которые называют гайками сжатия), широко применяют в ответственных резьбовых соединениях в машиностроении. Недостаток этих гаек — увеличенные осевые и радиальные габариты, а также необходимость увеличения диаметра отверстия в корпусе под “юбку” гайки. Если опорная поверхность гайки расположена между первыми и последними витками (рис. 1, III), то получается так называемая гайка растяжения-сжатия. Ниже опорной поверхности тело гайки подвергается растяжению, выше — сжатию. Будучи менее громоздкими, чем гайки растяжения, эти гайки практически равноценны, потому что положительный эффект растяжения “юбки” дополняется положительным эффектом всестороннего обжатия верхних витков в результате упругой деформации верхней части гайки под действием сил, приложенных к опорной поверхности. Для получения еще большей равномерности распределения нагрузки по виткам резьбы в некоторых случаях делают выборку на торце стержня (рис. 1, IV), увеличивающую податливость верхних витков стержня. Этот способ применяется преимущественно для болтов большого диаметра.

Тарельчатые пружины

Возможные способы укладки тарельчатых пружин. Конусная форма тарельчатых пружин позволяет складывать отдельные пружины в блоки. Таким образом можно менять характеристики пружины в соответствии с необходимыми требованиями. Последовательное (противолежащее) укладывание тарельчатых пружин — при сохранении постоянной силы пружины F увеличивается прогиб пружины S с увеличением количества пружин в комплекте (кривая b). Параллельное (прилегающее) укладывание тарельчатых пружин — сила пружины F увеличивается пропорционально количеству пружин в блоке, прогиб пружины S остается неизменным (кривая c).

Комбинированное укладывание тарельчатых пружин - сила пружины F и прогиб пружины S растет пропорционально количеству пружин в комплекте и их взаимному расположению (кривая d).

Если необходимо получить прогрессивное повышение силы тарельчатой пружины при большом её вертикальном прогибе, то это возможно достигнуть изменением количества параллельных (вложенных) пружин или использовать способ комбинированного укладывания, или такой результат будет также получен при комбинации пружин разной толщины.

Тарельчатые пружины, могут применяться стандартных размеров, но можно использовать тарелки из различных материалов, или они могут быть нестандартными по толщине материала от 2 до 30 мм.

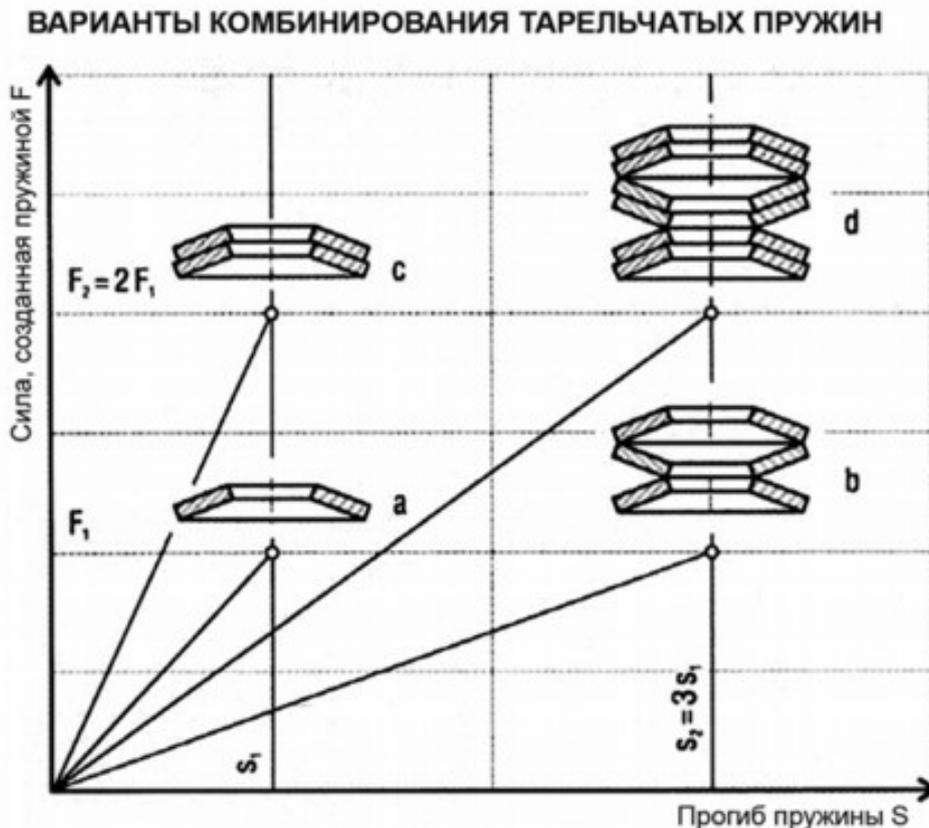
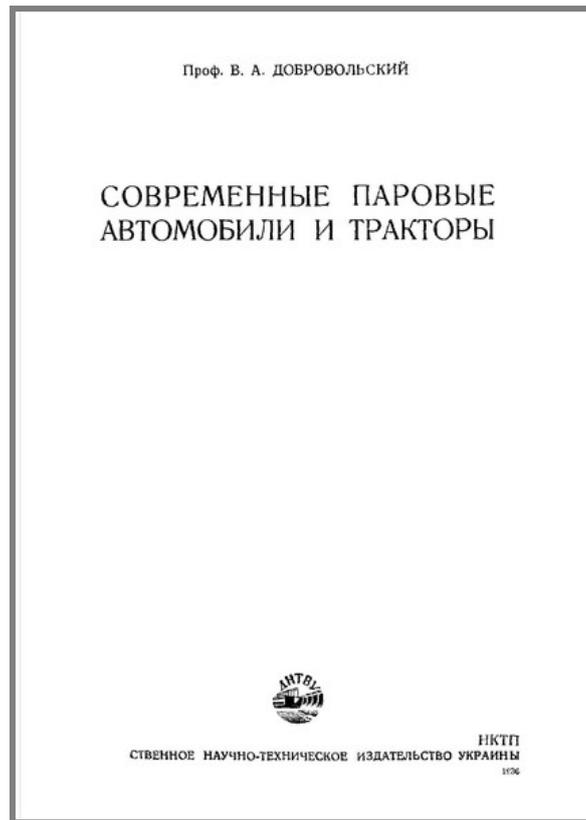
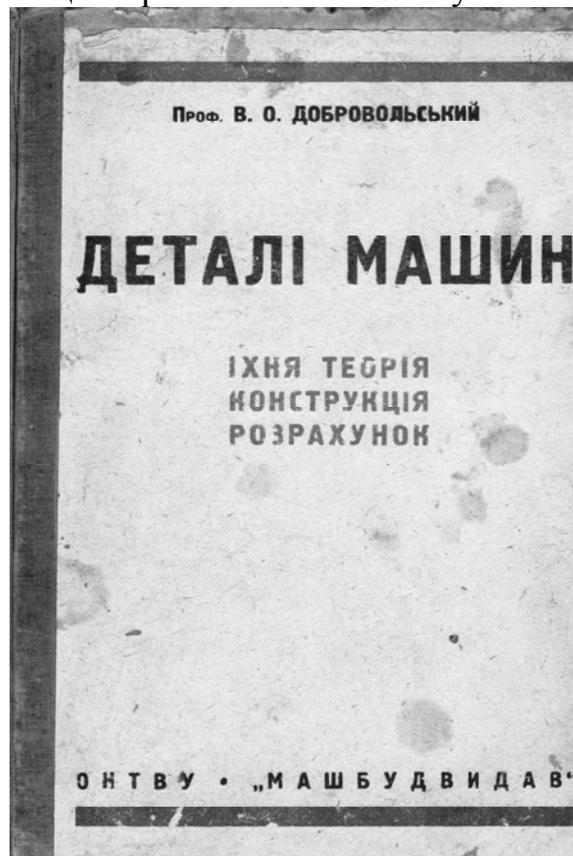


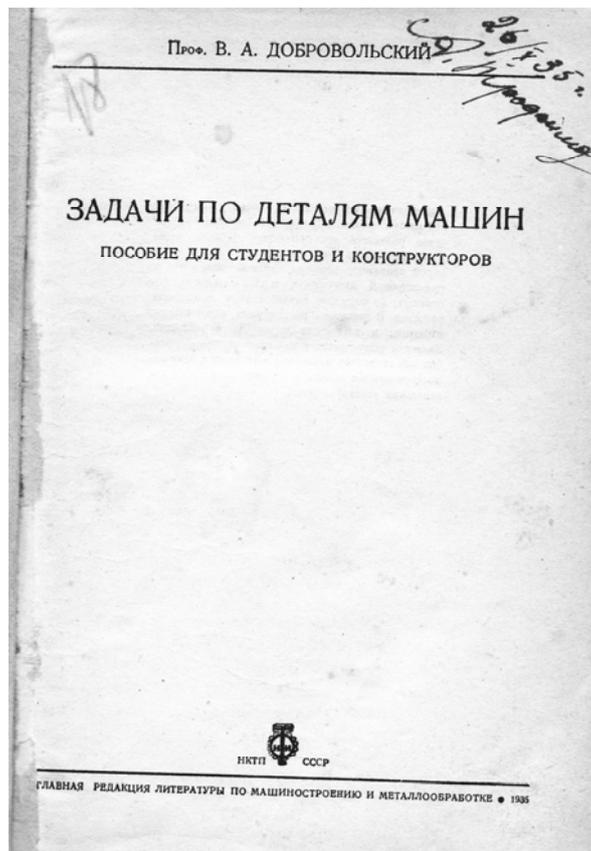
Рис. 2. Прогрессивная характеристика тарельчатой пружины



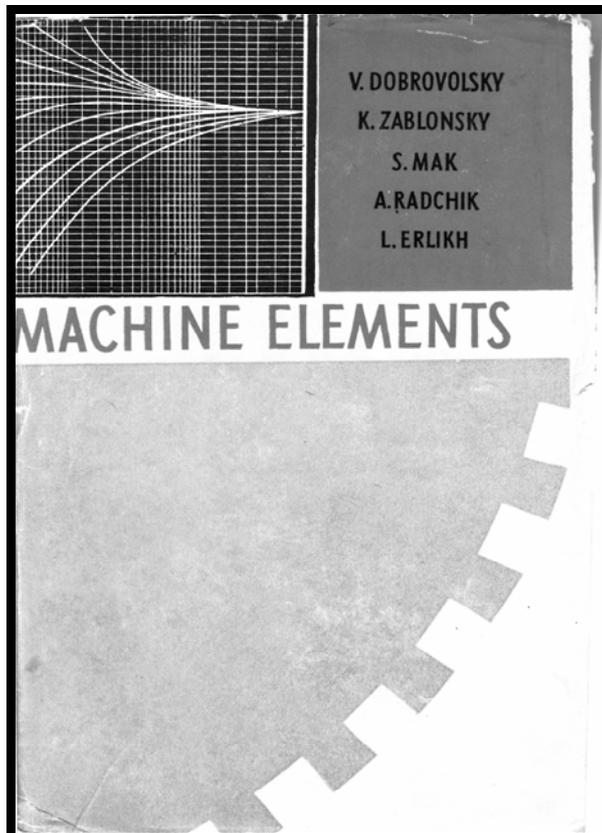
Книга профессора В.А. Добровольского актуальна по настоящее время, хотя она была написана еще в прошлом веке. Её актуальность — энергосбережение



Первый учебник «Детали машин», изданный на Украине в 1928...1929 гг., для техникумов и вузов по машиностроительным специальностям



Профессор В.А. Добровольский автор не только учебников, но и нескольких пособий по предмету “Детали машин”



Одна из последних книг профессора В.А. Добровольского, написанная с коллективом его учеников (1963 г.)



Профессор В.А.Добровольский на первой странице сделал такую запись (посвящение):

Светлой памяти товарищей по кафедре и инженеров-технологов, героической смертью павших на полях сражений в борьбе за честь и свободу Родины, настоящий труд посвящается



Об авторе

Г у с а р е в Владимир Сергеевич родился в Луганске (1930 г.).

С 17 лет начал работать на Луганском паровозостроительном заводе, затем в проектом институте “Оргтрансмаш” — ВПТИ в Харькове.

Закончил ВВФ ХПИ.

С 1955 года преподаватель кафедры “Технология машиностроения” ОПИ.

Круг научных интересов: структурология, теория машин автоматического действия, энергетика технологических операций.

СОДЕРЖАНИЕ

10-летию проведения Международной научно-технической конференции "Физические и компьютерные технологии"	3
Поздравление к 85-летию доктора технических наук, Заслуженного деятеля науки Украины, Лауреата Государственной премии Украины, профессора Якимова Александра Васильевича	9

1. Научные концепции развития технологии машиностроения, механической и физико-технической обработки

Новиков Ф.В., Дитиненко С.А., Бережной Р.А. Повышение эффективности шлифования внутренних цилиндрических поверхностей зубчатых колес	17
Ларшин В.П., Лищенко Н.В., Мочуляк А.В. Твёрдые технологические смазки для лезвийной и абразивной обработки	23
Якимов А.В., Новиков Ф.В. Определение условий возникновения незатухающих колебаний при механической обработке материалов	27
Якимов А.А. Кинетика теплового и напряженно-деформированного состояния цементированного слоя зубчатых колес при шлифовании	33
Коломиец В.В., Тищенко Л.Н., Любичева К.М., Клименко С.А. Рекомендации по эффективному применению резцов из сверхтвёрдых материалов при точении наплавленных материалов	43
Шкурупий В.Г. Закономерности формирования эксплуатационных свойств поверхностей обрабатываемых деталей в процессе резания	46
Новиков Г.В. Теоретическое обоснование условий уменьшения температуры шлифования	53
Кленов О.С. Обеспечение параметров качества обработки при глубинном шлифовании елочного замка турбинных лопаток	60
Фадєєв В.А. Наукові підходи до вибору структури й параметрів технологічних систем механічної обробки високоточних деталей	64
Геворкян Э.С., Гуцаленко Ю.Г., Мельник О.М. Некоторые особенности создания высокоплотных композиционных материалов на основе нанопорошков диоксида циркония	69
Пилипець М.І., Васильків В.В. Структуризація інформації про технічні системи на етапі розроблення концепцій	72
Левкович М.Г., Лясота О.М. Формоутворення конічних поверхонь жорстко закріпленим інструментом	78
Лисенко Т.В., Бондар О.А., Степаненко Г.В. САПР ливарних процесів	81
Новиков С.Г., Малыхин В.В., Новиков Ф.В. Конструкция устройства для отделочной обработки изделий алмазно-абразивными брусками	85
Андилахай А.А. Технологические возможности струйно-абразивной обработки	89

Иванов Е.И., Иванов И.Е. Разработка вероятностной модели определения погрешностей при механической обработке	95
Ковальчук А.Н., Нежебовский В.В. Повышение надежности работы редукторов шахтных конвейеров.....	99
Тихенко В.Н., Яглинский В.П. Использование управляемых гидродемпферов в станках с параллельной кинематикой	106
Дудин А.Т. Устройство для ударно – прижимного прерывистого шлифования	107
Горшков Ю.Б. Практические вопросы полирования металлов и сплавов	109
Горшков Ю.Б. О проблеме автоматического управления конечными операциями в ГПС.....	112
Сердюк Ю.Д., Терехов П.А., Семижон О.О., Прокопив Н.М. Металлоорежущему инструменту из твердого сплава Т5К10 – новое качество	116
Андилахай В.А. Выбор оптимальной схемы шлифования контактных (наплавленных) поверхностей крупногабаритных изделий металлургического назначения.....	119
Рябенков И.А. Механизм формирования погрешностей обработки при шлифовании	124

2. Прогрессивные технологии, оборудование, инструменты и технологические системы

Никоноров А.С. Стратегии обработки, применяемые при фрезеровании	129
Иванюк В.С. Рынок СОЖ – прошлое, настоящее, будущее	132
Крамаренко Б.П., Млечин А.И., Крамаренко С.Б. Портативные твердомеры производства МИКРОТЕХ® – достойная альтернатива импортным аналогам	136
Бочаров В.Б. Измерительные системы RENISHAW для калибровки и диагностики производственного оборудования.....	139
Бочаров В.Б. Координатно-измерительные машины серии TESA MICRO-NITE 3D (Hexagon Metrology TESA, Швейцария)	142
Артемьев А.Ю. Технологии быстрого прототипирования и производства. Жестко-конкурентная борьба	143
Струцинский А.В. Вертикальные станки с Pick-Up-шпинделем производства EMAG (Германия)	146
Пономарев П., Струцинский А.В. AMADA MACHINE TOOLS – мехобработка с разрешением 50 нанометров.....	153
Полянский В.И. ООО «Империя Металлов».....	156
Смурыгин А.М., Фролов О.В. От комплексных проектов до специализированных решений - решения ООО “Станкоинструментимпорт”	160
Абакумова Л.П. ООО «Торгово-промышленное предприятие «ПрогрессТехноком»	163
Горнакова Г.М. Издания информационно-издательского дома «ЦентрИнформ»	163

Жовтобрюх В.А. История и общая информация о группе компаний «ВариУс»	166
Шевелев А.Д. ООО «Технополис»	173
ООО «Центр технической поддержки МЕМ»	175
Микаилов З.Ш-о. Коммерческие предложения ЗАО ”Агро-Спектр”	177
Гриднев А.А. Прогрессивные конструкции инструментов производства ООО ”Днепропетровский завод специнструмента”	178
Машко А.А. Основные направления деятельности представительства АО «АЛТА» в Украине	183
Лушан М.В. ООО «ПКФ «Промтехнология»	186
Гусарев В.С. Виктор Афанасьевич Добровольский. Инженер. Педагог. Ученый. Эссе о жизни и творчестве	207

© Харьковская научно-производственная
корпорация "ФЭД", 2010

Научное издание

Труды 16-й Международной научно-технической конференции

Физические и компьютерные технологии

15–16 сентября 2010 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 09.09.2010. Формат 60x90 1/16
Бумага офсетная. Усл.-печ. л. 14,7. Уч.-изл. л. 12,3
Тираж 300. Заказ № 1086

Отпечатано в типографии завода "ФЭД". 61023, г. Харьков, ул. Сумская,132