

Итак, первый этап конструирования лезвия инструмента, изложенный выше, позволяет нам выполнить математическое моделирование режущих пластин с износостойкими покрытиями при воздействии заданного теплового потока. Это значит, что открываются широкие возможности конструирования режущих пластин с наперед заданными свойствами.

На втором этапе исследований необходимо выполнить экспериментальную проверку работоспособности режущих пластин при точении конструкционных сталей и, в первую очередь, эталонной стали 45.

Проведем анализ работоспособности режущих пластин из твердых сплавов ВК6 и ВК8 с фрикционным покрытием, повышающим теплонапряженность зоны резания, как наиболее оптимальных и перспективных марок для высокопроизводительной обработки сталей. Если на основу ВК6 толщиной 4000 мкм последовательно нанести низкотеплопроводные компоненты покрытия Ti и TiN толщиной 1, 3, 5 мкм при тепловом потоке  $q = 4 \cdot 10^6$  Вт/м<sup>2</sup>, то значение температур  $\Theta_n$  на передней поверхности практически не изменяется и не превышает 1100 °С. Это свидетельствует о том, что определяющую роль в изменении температуры  $\Theta_n$  играет теплопроводность основы.

Авторами теоретически и экспериментально подтверждено, что аналитический метод А.Н.Резникова [5] с учетом влияния среднего коэффициента трения в зоне контакта [1] при резании различных конструкционных сталей и сплавов применим для расчета температуры и тепловых потоков в контактной зоне и для режущих пластин с покрытиями.

Таким образом, изложенная выше методика исследований может быть использована при математическом моделировании тепловых процессов при лезвийной обработке стали с выборочной экспериментальной проверкой, что существенно сокращает расходы как на конструирование режущих пластин с покрытием, так и на проведение стойкостных испытаний.

#### Литература

1. Крюкова Н.В. Трение как важнейшая характеристика теплонапряженности процесса резания при высокопроизводительной обработке стали // Резание и инструмент в технологических системах. Межд. научн.—техн. сборник, Вып.56. — Харьков:ХГПУ, 2000. — С.96 — 102.
2. Палатник Л.С., Ильинский А.И. Механические свойства металлических пленок // Успехи физических наук. — 1968. — Т.95, №4. — С.623 — 645.
3. Крюков В.К., Крюкова Н.В., Дюбнер Л. Физические особенности основных механизмов контактного взаимодействия в зоне резания // Резание и инструмент. Республ. межведомств. научн. — техн. сборник, вып.49. — Харьков: ХГПУ, 1994. — С.91 — 97.
4. Лыков А.В. Теплообмен. Справочник. — М: Энергия, 1978. — С.450 — 454.
5. Резников А.Н. Теплообмен при резании и охлаждение инструментов. — М.: Машгиз, 1963.

УДК 621.923

В.Г Шкурупий, инженер,  
Ю.В. Шкурупий, инженер, Харьковский гос.  
эконом. университет.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТОНКОСТЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ

*В. Г. Шкурупій, Ю. В. Шкурупій.*  
Технологічне забезпечення оптичних властивостей поверхонь тонкостінних деталей. Представлені результати досліджень впливу процесу обробки на оптичні властивості поверхонь деталей.

*V.G. Shkurupiy, U.V. Shkurupiy.* A technological providing of optical characteristics of surfaces of narrow-wall details. Presented results of studies of influence of processes of processing on optical characteristics of surfaces of details

В настоящее время нашли широкое применение тонкостенные детали с высокими показателями качества поверхностного слоя. Особое место среди процессов обработки этих деталей занимают финишные операции.

При изучении светоотражения обработанных поверхностей мы пришли к выводу, что **учет** только высотных параметров шероховатости поверхности является недостаточным. На **наш** взгляд необходимо учитывать и влияние формы неровностей, соизмеримых и больше **длин** волн падающего светового потока. К недостаткам параметров шероховатости поверхности (ГОСТ 2789 – 73) следует отнести невысокую их чувствительность к форме **неровностей**. При выборе параметров, характеризующих форму неровностей, мы **руководствовались** положением, что они должны отражать степень ее приближения к **равновесному** состоянию, т.е. к минимуму поверхности при данном объеме. При изучении **профилей** шероховатости обработанных поверхностей использовали свойства условного **центра** тяжести геометрической фигуры, что позволило оценить форму неровностей **посредством** оценки критерия шероховатости

$$F^1 = 1 - \frac{R_2}{2H_{I_{\min}}} [1] \quad (1)$$

Известно, что применение различных методов финишной обработки деталей **приводит** к формированию характерного поверхностного слоя, который оказывает **существенное** влияние на перераспределение падающего светового потока (отражение, **поглощение** и излучение). В поверхностном слое при обработке происходят физические и **химические** изменения, а поверхностный слой приобретает характерный микрорельеф и **химическое** состояние. Обычное шлифование жесткими кругами для таких деталей **применять** нецелесообразно, так как при обработке тонкостенных оболочек очень сложно **управлять** силовыми воздействиями на поверхностные слои. Поэтому мы рассмотрели ряд **альтернативных** способов обработки (рис 1). Состояние поверхностного слоя алюминиевых **сплавов** марок АМг3, АМг4 и АМг6 изучали после различных методов обработки, при этом **учитывали** ранее приобретенную технологическую наследственность.

Установлено, что изменение режимов обработки при точении, фрезеровании и **выглаживании** мало влияет на изменение излучательной способности поверхности, но **оказывает** влияние на ее светоотражение.

Эстетические свойства поверхностей улучшаются при точении алмазным **инструментом** (светоотражательная способность увеличивается и имеет зеркальный **характер**).

Отсутствие бликов на поверхности (светорассеивание) можно получить обдувкой **свободным** абразивом, струйно-абразивной обработкой, травлением в электролитах, **нанесением** гальванических покрытий. Эти

$A_s / \varepsilon$

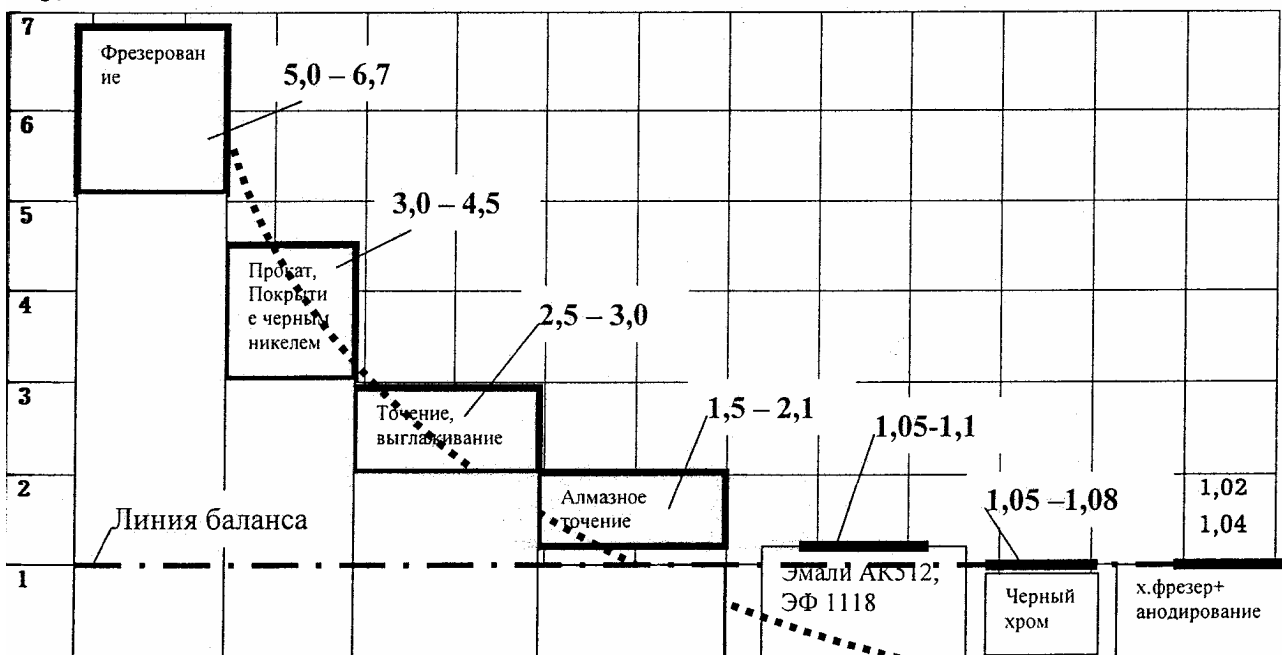


Рис.1. Влияние способа обработки поверхности на ее оптические свойства

Способы обработки

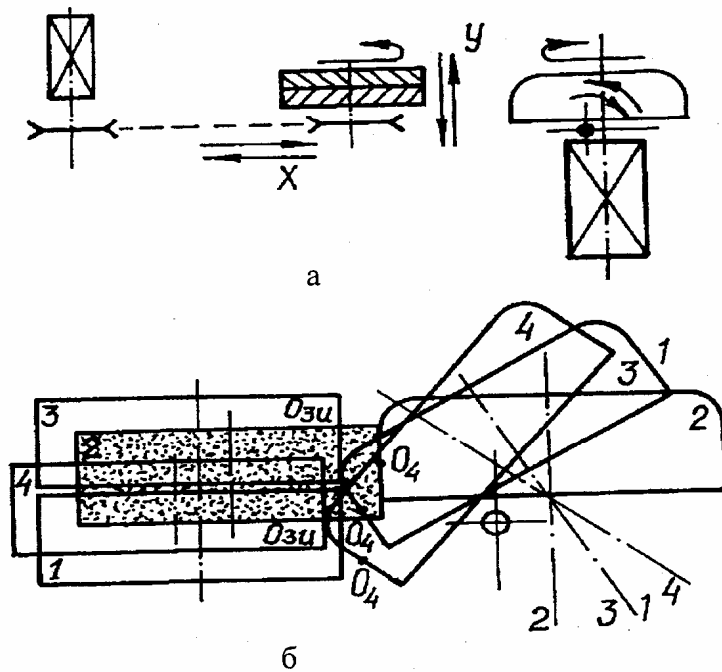


Рис. 2. Схема движения инструмента и детали при обработке наружной поверхности (а) и положение инструмента и детали в процессе обработки (один цикл) (б).

кругами.

Для осуществления процесса обработки была изготовлена специальная установка (рис.5). Обработку декоративных поверхностей тонкостенных деталей термоса из сплава АМГ-2 выполняли абразивными кругами и иглощетками повышенной жесткости.

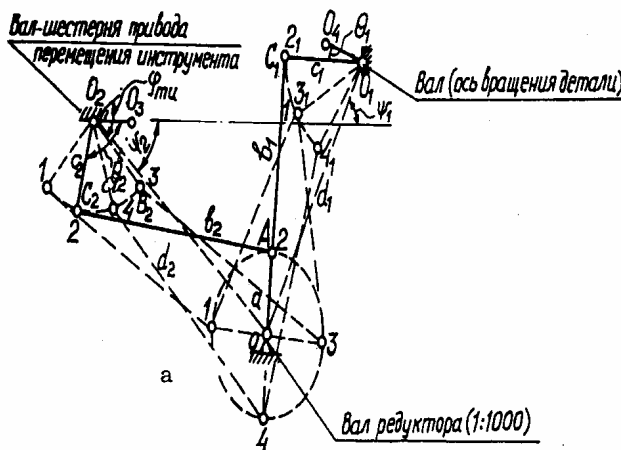


Рис. 3. Схема двух четырехзвенных механизмов привода относительного перемещения абразивного инструмента и детали

методы обработки увеличивают излучательную способность поверхностей при одновременном уменьшении светотражения. Характер светотражения от таких поверхностей диффузный. Эти методы обработки могут быть эффективны при технологическом обеспечении свойств декоративных поверхностей. При применении струйных методов обработки свободным абразивом образуются неровности с относительно большим диапазоном рассеивания размеров. Для поверхностей деталей с окисленным слоем критерий шероховатости лишь частично отражает форму неровностей на поверхности ввиду увеличенной погрешности контактного метода оценки параметров шероховатости.

Однако, при обработке тонкостенных деталей осуществление ряда процессов затруднено. Поэтому для разработки технологии изготовления деталей термоса мы выбрали способы обработки абразивными составами, лепестковыми и игольчатыми

При обработке для обеспечения равномерной по оттенку светорассеивающей поверхности векторы окружных скоростей инструмента и детали по направлению совмещали (рис. 2). При обкатке инструментом деталь вращается вокруг своей оси и ось поворачивается от 0 до 80°.

Процесс обработки осесимметричных деталей обеспечивается многосвязным рычажным механизмом (рис.3).

При разработке конструкции установки возникла необходимость в более точной оценке расстояния  $O_4O_{3u}$  в зависимости от текущих значений угла поворота кривошипа  $a$  ( $\rho = f(\alpha)$ ). В работе [2] подобная функция представляется в виде:

$$\rho = \rho_m \cos \omega t, \quad (2)$$

где  $\rho$  – текущее значение кратчайшего расстояния между средними линиями обрабатываемой поверхности детали и инструмента;

$\rho_m$  - максимальное значение расстояния между средними линиями поверхностей детали и инструмента;

$\omega$  - угловая скорость вращения кривошипа  $a$ ;

$t$  - текущее значение времени.

В основу расчетной схемы положены два четырехзвенных механизма. Делаем следующие допущения:

- перемещение точки  $O_{3и}$  вдоль оси  $X$  незначительно влияет на закон движения точки  $O_{3и}$  вдоль оси  $Y$ ;
- перемещение точки  $O_4$  вдоль оси  $X$  незначительно влияет на закон движения точки  $O_4$  вдоль оси  $Y$ .

Анализ схемы установки с использованием методики, изложенной в работе [4], позволил представить функцию  $\rho = f(\alpha)$  для детали в виде:

$$\rho_d = 2O_1O_4 \sin\left(\frac{\varphi_{m_d} - 2\varphi_d}{4}\right) = 2O_1O_4 \sin\left\{\arcsin\frac{B_d}{4O_1O_4} - \frac{1}{2}\left[\arccos\frac{c_1^2 + d_1^2 - (B_1 + a_1)^2}{2c_1d_1} - \arccos\frac{c_1^2 + a_1^2 + d_1^2 - B_1^2 - 2ad_1 \cos\alpha}{2c_1\sqrt{a^2 + d_1^2 - 2ad_1 \cos\alpha}} - \arcsin\frac{a \sin\alpha}{\sqrt{a^2 + d_1^2 - 2ad_1 \cos\alpha}}\right]\right\}, \quad (3)$$

где  $O_1O_4$  - расстояние от оси поворота детали до середины обрабатываемой поверхности;

$\varphi_m$  - максимальное значение угла поворота детали с приводом вращения;

$\varphi$  - текущее значение угла поворота детали;

$B_d$  - ширина обрабатываемой поверхности детали;

$\alpha$  - текущее значение поворота кривошипа  $a$ .

Закон движения точки  $O_4$  средней обрабатываемой поверхности детали запишется в виде:

$$I_d = 2O_1O_4 \sin\frac{\varphi}{2}, \quad (4)$$

где  $I_d$  - длина пути перемещения средней точки поверхности детали вдоль оси  $Y$ ;  $\varphi$  - выражение, заключенное в квадратные скобки уравнения (3).

Аналогично определяется функция  $\rho = f(\alpha)$  для инструмента:

$$\rho_{и} = 2O_2O_3 \sin\left(\frac{\varphi_{m_{и}} - 2\varphi_{и}}{4}\right) = 2O_2O_3 \sin\left\{\arcsin\frac{B_{и}}{4O_2O_3} - \frac{1}{2}\left[\arccos\frac{c_2^2 + d_2^2 - (B_2 + a)^2}{2c_1d_1} - \arccos\frac{c_2^2 + a^2 + d_2^2 - B_2^2 - 2ad_2 \cos\alpha}{2c_2\sqrt{a^2 + d_2^2 - 2ad_2 \cos\alpha}} - \arcsin\frac{a \sin\alpha}{\sqrt{a^2 + d_2^2 - 2ad_2 \cos\alpha}}\right]\right\}, \quad (5)$$

Закон движения точки на делительной окружности шестерни привода перемещения инструмента по  $Y$  определится в виде:

$$I_u = 2O_2O_3 \sin\frac{\varphi_u}{2}. \quad (6)$$

На законы движения точек {уравнения (4) и (6)} влияют соотношения длин звеньев четырехзвенных механизмов, которые определяются в значительной степени размерами рабочих поверхностей инструмента и детали.

Для наладки установки на обработку конкретной детали с размером  $B_d$  необходимо определить взаимосвязь между приращением кривошипа  $a$  и углами поворота  $\varphi_{m_{и}}$  и  $\varphi_m$ .

Функцию  $a = f(\varphi_m)$  можно представить:

для инструмента

$$a_u = \sqrt{c_2^2 + d_2^2 + 2c_2d_2 \cos(\theta_2 + \psi_u + \frac{\varphi_{m_{и}}}{2}) - B_2}; \quad (7)$$

для детали

$$a_d = \sqrt{c_1^2 + d_1^2 + 2c_1d_1 \cos(\theta_1 + \psi_u + \frac{\varphi_{m_{и}}}{2}) - B_1}; \quad (8)$$

где  $\theta_1$  - угол между звеньями  $O_2C_2$  и  $O_2O_3$ ;

$\theta_2$  - угол между звеньями  $O_1C_1$  и  $O_1O_4$ ;

$\psi_1, \psi_2$  - угол между направлением центральной оси и звеньями  $OO_1$  и  $OO_2$ .

Углы  $\theta_1, \theta_2, \psi_1, \psi_2$  определены конструкцией установки. Если  $B_u = B_o = B$ , то

$$\varphi_{m_u} = 4 \arcsin \frac{B}{2O_2O_3}; \quad (9)$$

$$\varphi_{m_o} = 4 \arcsin \frac{B}{2O_1O_4}. \quad (10)$$

Уравнения (7), (8) при принятых условиях определяют функциональную зависимость между приращением кривошипа  $a$  и шириной инструмента и детали, как близкую к линейной.

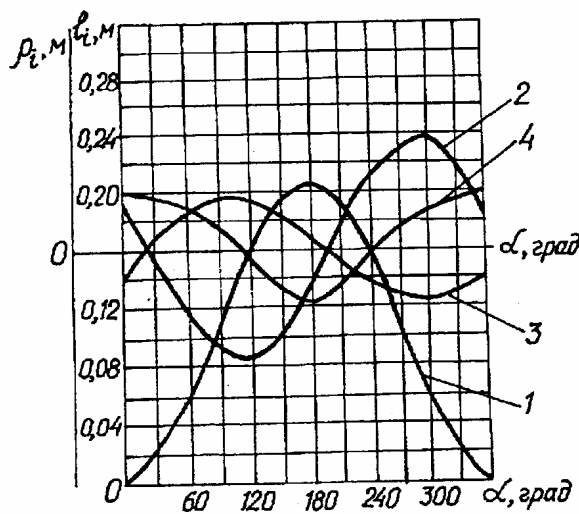


Рис.4. Графики функций

$$1 - l_d = f(\alpha); \quad 2 - l_{и} = f(\alpha); \quad 3 - \rho_d = f(\alpha); \quad 4 - \rho_{и} = f(\alpha)$$

Такое относительное перемещение детали и инструмента обеспечивает постоянный контакт их поверхностей в процессе обкатывания. Разработана конструкция и изготовлены установка, лепестковые абразивные круги и иглощетки повышенной жесткости (рис. 5).

Для улучшения

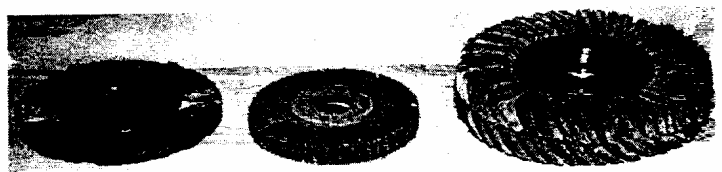
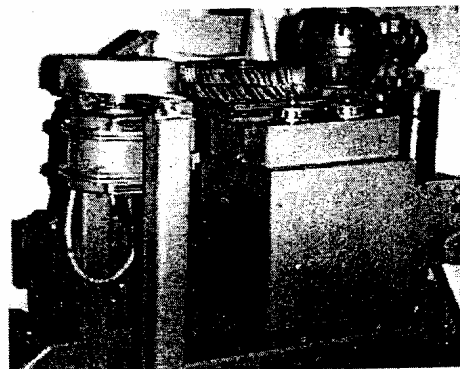
Рис. 5. Установка для абразивной обработки наружной поверхности детали (а) и абразивный и лезвийный инструмент (б): 1 - иглощетка; 2, 3 - лепестковые круги

Для обеспечения наладки установки на обработку конкретной детали были построены графики (Рис.4), характеризующие перемещение площади контакта инструмента и детали (рабочей зоны) в зависимости от текущих значений угла поворота кривошипа  $a$ .

На законы движения средней линии обрабатываемой поверхности и средней линии инструмента влияют соотношения длин звеньев четырехзвенных механизмов, которые определяются в значительной степени размерами рабочих поверхностей инструмента и детали. Взаимосвязь между приращением кривошипа ( $a$ ) и углами поворота инструмента и детали необходима для наладки установки для обработки.

Установлено, что функциональная зависимость между приращением кривошипа  $a$  и шириной инструмента и детали близка к линейной.

Длина звеньев многозвенного механизма выбрана таким образом, чтобы относительные движения инструмента и детали перемещали площадь контакта по всей поверхности детали.



функциональных свойств поверхностей деталей термоса выбран режим обработки: окружные скорости инструмента и детали 15 м/с; подачи инструмента и детали 4 мм/с. Результаты эксперимента представлены на рис. 6 и 7.

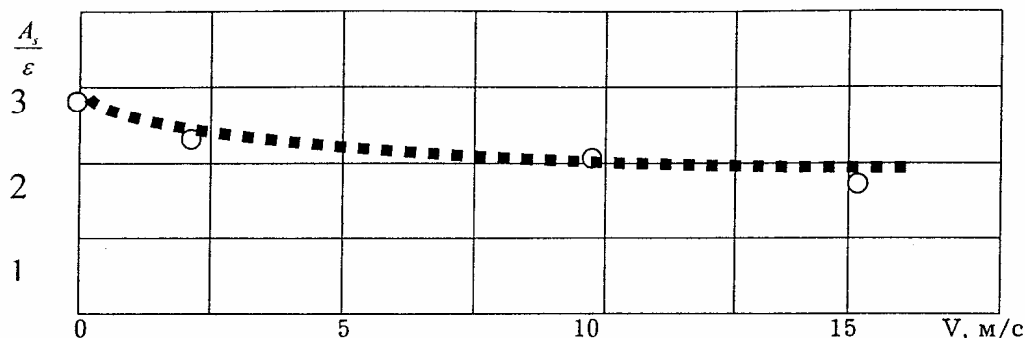


Рис. 6. Изменение отношения коэффициентов  $\frac{A_s}{\epsilon}$  при обкатке иглощетками поверхностей деталей термоса из сплава марки АМг2 (диаметр игл 0,15 мм из стали 65Г, коэффициент заполнения 0,7)

Результаты эксперимента показывают, что изменение скорости обкатки поверхности свыше 3 м/с незначительно влияет на отношение оптических коэффициентов  $\frac{A_s}{\epsilon}$ .

Обработка поверхностей деталей позволила снизить значение отношения



Рис. 7. Фотография поверхности деталей после обкатки иглощетками и абразивными лепестковыми кругами повышенной жесткости

коэффициентов поглощения к излучению ( $\frac{A_s}{\epsilon}$ ) до 1,8, что улучшило функциональные свойства деталей термоса.

Применение предлагаемых процессов отделки поверхностей тонкостенных деталей позволило улучшить эксплуатационные характеристики ответственных деталей летательных аппаратов [3].

#### Литература

1. Шкурупий В.Г. Особенности анализа шероховатости поверхности, обработанной резанием. // Резание и инструмент. — 1982. — Вып. 27, — С. 74.
2. Семибратов М.Н. Технология оптических деталей.— М.: Машиностроение, 1978.
3. Шкурупий В.Г. Особенности процессов финишной обработки светоотражательных поверхностей. Динамика элементов конструкций летательных аппаратов. //Сборник научных трудов ХАИ. 1985. — С. 111—121.
4. Кожевников С.Н. Теория механизмов и машин.— М.: Машиностроение, 1973.