

ПРИBOROCTPOEHIЕ, МЕТРОЛОГИЯ  
И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ  
ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

УДК 681.7.023.72

**ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ  
ОПТИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ  
ПО МЕТОДУ СВОБОДНОГО ПРИТИРАНИЯ**

*Докт. техн. наук, проф. КОЗЕРУК А. С., кандидаты техн. наук, доценты ЮРИНОК В. И.,  
КУЗНЕЧИК В. О., ФИЛОНОВА М. И., ШАМКАЛОВИЧ В. И.*

*Белорусский национальный технический университет*

В настоящее время одним из приемов получения высокоточных поверхностей деталей (в том числе оптических) является обработка по методу свободного притирания, при котором инструмент (или деталь) закрепляют на шпиндель станка (нижнее звено) и устанавливают на него верхнее звено (деталь или инструмент), совершающее в процессе обработки относительное и колебательное движения. В результате последнего из отмеченных движений верхнего звена непрерывно изменяется величина площади контакта инструмента и детали, что при постоянном рабочем усилии, приложенном к верхнему звену, приводит к изменению эпюры давления в зоне обработки. В итоге происходит неравномерный съем припуска с поверхности детали, существенно осложняющий процесс ее формообразования. Чтобы исключить влияние этого фактора, необходимо давление в зоне контакта притирающихся поверхностей поддерживать постоянным.

Одним из путей решения отмеченной проблемы может быть регулирование величины рабочего усилия по закону, соответствующему характеру изменения площади контакта инструмента и детали.

Для достижения поставленной цели обратимся к рис. 1, на котором площадь  $S$  зоны контакта нижнего 2 и верхнего 1 звеньев разбита на две части. Часть зоны контакта  $ODBD'$  ограничена краем верхнего звена, другая часть  $ABDD'$  – краем нижнего. Пусть  $\rho_0$  – абсцисса точки  $B$ . Как видно из рис. 1, абсцисса точки  $A$

равна  $R_n + R_b - l$ , где  $R_n$  и  $R_b$  – радиус нижнего и верхнего звеньев, а  $l$  – расстояние между их осями вращения  $G$  и  $C$ . Тогда

$$S \cdot l = \iint_S dS = \iint_{ODBD'} dS + \iint_{ABDD'} dS = 2 \iint_{BOD} dS + 2 \iint_{BAD} dS = 2 \int_0^{\rho_0} dx \int_0^{f_b(x)} dy + 2 \int_{\rho_0}^{R_n+R_b-l} dx \int_0^{f_n(x)} dy. \quad (1)$$

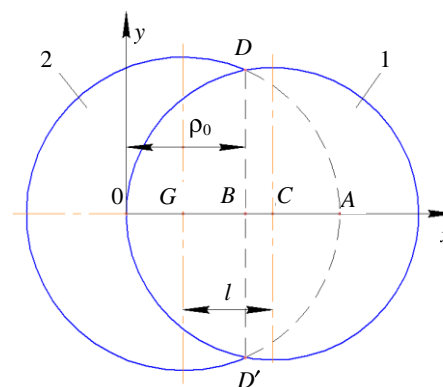


Рис. 1. К определению зоны контакта притирающихся звеньев с плоскими поверхностями:  
1 – верхнее звено; 2 – нижнее звено

Записав уравнение края верхнего звена в виде

$$(R_b - x)^2 + y^2 = R_b^2,$$

получим

$$y = f_b(x) = \sqrt{R_b^2 - (R_b - x)^2}. \quad (2)$$

Для нижнего звена:

$$(x - R_B + l)^2 + y^2 = R_H^2;$$

$$y = f_H(x) = \sqrt{R_H^2 - (x - R_B + l)^2}. \quad (3)$$

С учетом выражений (2) и (3) искомая площадь  $S$  запишется

$$S l = 2 \int_0^{\rho_0} \sqrt{R_B^2 - (R_B - x)^2} dx + 2 \int_{\rho_0}^{R_H + R_B - l} \sqrt{R_H^2 - (x - R_B + l)^2} dx =$$

$$= \left[ \begin{matrix} R_B - x = t \\ x - R_B + l := \tau \end{matrix} \right] = 2 \int_{R_B}^{R_B - \rho_0} \sqrt{R_B^2 - t^2} dt + 2 \int_{\rho_0 - R_B + l}^{R_H} \sqrt{R_H^2 - \tau^2} d\tau = 2A_1 + 2A_2, \quad (4)$$

где

$$A_1 = \int_{R_B}^{R_B - \rho_0} \sqrt{R_B^2 - t^2} dt; \quad (5)$$

$$A_2 = \int_{\rho_0 - R_B + l}^{R_H} \sqrt{R_H^2 - \tau^2} d\tau. \quad (6)$$

Вычислим интегралы  $A_1$  и  $A_2$ :

$$A_1 = \left( \frac{t}{2} \sqrt{R_B^2 - t^2} + \frac{R_B^2}{2} \arcsin \frac{t}{R_B} \right) \Big|_{R_B}^{R_B - \rho_0} =$$

$$= \frac{1}{2} \left[ (R_B - \rho_0) \sqrt{R_B^2 - (\rho_0 - R_B)^2} + R_B^2 \arcsin \frac{R_B - \rho_0}{R_B} - R_B \sqrt{R_B^2 - R_B^2} - R_B^2 \arcsin \left( \frac{R_B}{R_B} \right) \right] =$$

$$= \frac{1}{2} \left[ (R_B - \rho_0) \sqrt{R_B^2 - (\rho_0 - R_B)^2} + R_B^2 \left( \frac{\pi}{2} + \arcsin \frac{R_B - \rho_0}{R_B} \right) \right]. \quad (7)$$

$$A_2 = \left( \frac{\tau}{2} \sqrt{R_H^2 - \tau^2} + \frac{R_H^2}{2} \arcsin \frac{\tau}{R_H} \right) \Big|_{\rho_0 - R_B + l}^{R_H} =$$

$$= \frac{1}{2} \left[ R_H \sqrt{R_H^2 - R_H^2} + R_H^2 \arcsin \frac{R_H}{R_H} - (\rho_0 - R_B + l) \sqrt{R_H^2 - (\rho_0 - R_B + l)^2} - R_H^2 \arcsin \left( \frac{\rho_0 - R_B + l}{R_H} \right) \right] =$$

$$= -\frac{1}{2} \left[ (\rho_0 - R_B + l) \sqrt{R_H^2 - (\rho_0 - R_B + l)^2} + R_H^2 \left( -\frac{\pi}{2} + \arcsin \frac{\rho_0 - R_B + l}{R_H} \right) \right]. \quad (8)$$

Абсцисса  $\rho_0$  точек пересечения граничных окружностей верхнего и нижнего звеньев может быть получена при решении системы двух уравнений этих окружностей:

$$\left. \begin{matrix} (R_B - x)^2 + y^2 = R_B^2; \\ (x - R_B + l)^2 + y^2 = R_H^2. \end{matrix} \right\} \quad (9)$$

Из первого уравнения выражаем  $y^2$  и подставляем во второе

$$(x - R_B + l)^2 + R_B^2 - (R_B - x)^2 = R_H^2.$$

Отсюда получаем  $x$  в виде

$$x = \rho_0 = \frac{R_H^2 - (R_B - l)^2}{2l}. \quad (10)$$

Используя выражения (4), (7), (8) и (10), выполнили расчет коэффициента  $K = S(l)/S_0$ , где  $S_0 = \pi R_b^2$  – площадь контакта притирающихся звеньев в случае отсутствия выхода верхнего из них за край нижнего. Результаты расчета представлены на рис. 2. Их анализ показывает, что с уменьшением диаметра верхнего звена при постоянном размере нижнего угловой коэффициент полученных зависимостей возрастает, т. е. площадь контакта уменьшается более резко, а давление в пределах этой площади изменяется по обратной зависимости, вызывая тем самым усиленный сьем припуска в центральной зоне нижнего звена.

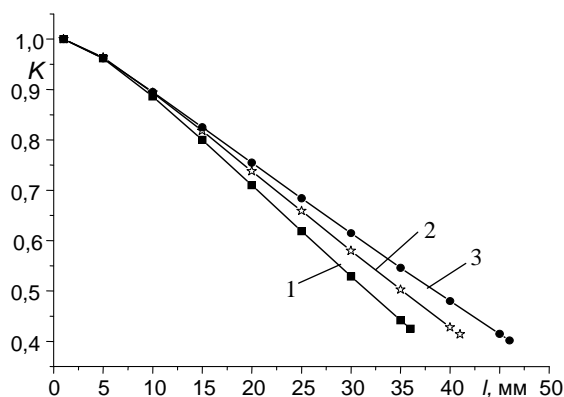


Рис. 2. Зависимость коэффициента  $K$  от расстояния  $l$  между осями вращения нижнего и верхнего звеньев при  $D_n = 100$  мм;  $D_b = 70$  (1), 80 (2), 90 (3) мм

При обработке оптических деталей с плоскими поверхностями в условиях свободного притирания на рычажных шлифовально-полировальных станках рабочее усилие  $F$ , прикладываемое к поводку 1 (рис. 3) выходного звена технологического оборудования, можно разложить на горизонтальную  $F_r$  и вертикальную  $F_b$  составляющие (на рис. 3 показан случай движения детали по стрелке  $C$ ). Первая из этих составляющих сообщает возвратно-вращательное перемещение наклеичному инструменту 2 вместе с деталью 3 по рабочей поверхности обрабатываемого инструмента 4, а вторая создает давление в зоне контакта притирающихся поверхностей. Как видно из рис. 3, составляющая  $F_r$  приводит также к появлению опрокидывающего момента:

$$M = F_r h, \quad (11)$$

где  $h$  – расстояние от точки  $A$  приложения усилия  $F$  до поверхности соприкосновения инструмента и детали.

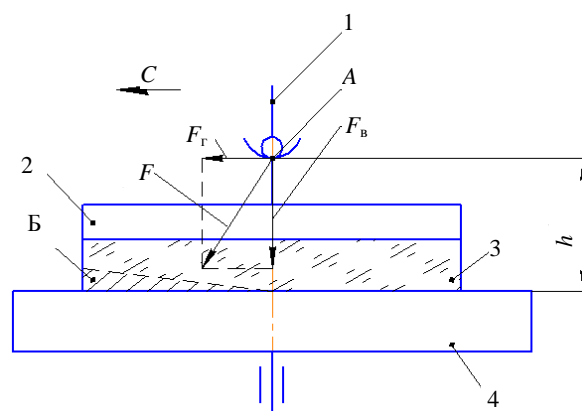


Рис. 3. Схема обработки детали с плоской поверхностью по методу свободного притирания

Действие момента  $M$  проявляется в том, что происходит усиленный сьем припуска в краевой зоне детали (заштрихованная зона  $B$  на рис. 3), в результате чего последняя приобретает выпуклую форму, т. е. возникает общая погрешность в виде «бугра». При этом инструмент обрабатывается также на «бугор».

Как следует из анализа выражения (11) и рис. 3, для снижения влияния отмеченного фактора на качество обработки следует уменьшать расстояние  $h$ , а также увеличивать амплитуду колебательных перемещений детали по инструменту. В результате последнего приема край детали выходит за пределы инструмента и некоторое время не обрабатывается, а ее центральная зона находится в постоянном контакте с обрабатываемой поверхностью.

В процессе обработки оптических деталей на рычажных станках по методу свободного притирания абразивная суспензия наносится на периодически открывающиеся края детали или инструмента. При этом более крупные зерна усиленно обрабатывают края детали, в то время как в ее среднюю зону поступают несколько измельченные зерна с более низкой шлифующей (полирующей) способностью. В результате на операции полирования появляются завалы краев (сорван край), а при шлифовании качество на периферии детали становится более грубым по сравнению с серединой.

Неравномерность измельчения абразивных зерен, как показали экспериментальные исследования, уменьшается при подаче суспензии через центр детали. Кроме того, влияние данного фактора в определенной степени компенсируется выходом краевой зоны детали за край инструмента.

Выявлено также, что интенсивность съема стекла при автоматической подаче обрабатываемой суспензии примерно в 1,5 раза больше, чем при ручной, однако неравномерность срабатывания поверхностей при автоматической подаче суспензии больше, чем при ручной, что проявляется в образовании местных ошибок на стадии полирования.

## ВЫВОДЫ

1. При обработке по методу свободного притирания изменение диаметра инструмента может служить одним из эффективных параметров, позволяющих гибко управлять процессом формообразования деталей с высокоточными плоскими поверхностями.

2. Для уменьшения опрокидывающего момента, являющегося источником образования на детали общей погрешности в виде «бугра», необходимо использовать наклеичный инструмент с коротким хвостовиком.

3. При изготовлении высокоточных оптических деталей по методу свободного притирания целесообразно применять ручную подачу абразивной суспензии, причем наносить ее следует на центральную зону обрабатываемой поверхности.

Поступила 27.12.2012

УДК 616-078

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СКАНИРУЮЩИХ ЦИФРОВЫХ РЕНТГЕНОДИАГНОСТИЧЕСКИХ АППАРАТОВ В ТРАВМАТОЛОГИИ

*ЧЕПЕЛЕВ А. Н.<sup>1)</sup>, студ. ЧЕПЕЛЕВ С. Н.<sup>2)</sup>, канд. техн. наук, доц. ЧЕПЕЛЕВА Т. И.<sup>3)</sup>*

<sup>1)</sup>УЗ «17-я городская поликлиника г. Минска»,

<sup>2)</sup>Белорусский государственный медицинский университет,

<sup>3)</sup>Белорусский национальный технический университет

Цифровая рентгенография – это методы проекционной рентгенографии, при которых рентгеновское изображение получается при помощи цифровых компьютерных систем с дальнейшей его обработкой. Полученный при рентгенографии сигнал, поступающий на детектор, преобразуется в ряд цифровых параметров, которые оперативно обрабатываются и сохраняются, с возможностью вывода на монитор компьютера и последующей обработки.

В настоящее время цифровые рентгенодиагностические аппараты находят все большее

применение в медицине. Их активное использование в Республике Беларусь в течение последних 15–20 лет уже позволило многократно снизить коллективную дозу облучения населения страны при диагностических обследованиях и, как следствие, добиться снижения риска развития индуцированных онкологических заболеваний кожи, легких, крови, иных органов и тканей.

Данные методы имеют свои достоинства и преимущества:

- технические (установка основных параметров аппарата осуществляется дистанционно