

УДК 681.7.023.72

**ОБРАБОТКА КОНИЧЕСКИХ ЛИНЗ****Козерук А.С.<sup>1</sup>, Диас Гонсалес Р.О.<sup>1,2</sup>, Кузнецик В.О.<sup>1</sup>, Али-заде Э.Р.<sup>1</sup>, Шевченко В.<sup>1</sup>, Якубович Т.С.<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь<sup>2</sup>Университетский политехнический институт Сантьяго Мариньо  
Мерида, Венесуэла

**Аннотация.** Рассмотрена схема обработки конических поверхностей посредством их притирания к плоскому инструменту и предложено техническое решение для реализации такой обработки. Разработана математическая модель закономерностей съема припуска с конической детали плоским инструментом. Получена формула для расчета модуля скорости скольжения в любой точке обрабатываемой конической поверхности, реализующая инженерные методы управления формообразованием конических изделий без проведения предварительных трудоемких экспериментальных исследований.

**Ключевые слова:** коническая поверхность, плоский инструмент, свободное притирание, параметры обработки.

**PROCESSING OF CONICAL LENSES****Kozeruk A.<sup>1</sup>, Diaz Gonzalez R.<sup>1,2</sup>, Kuznechik V.<sup>1</sup>, Ali-zadeh E.<sup>1</sup>, Shevchenko V.<sup>1</sup>, Yakubovich T.<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Belarusian National Technical University  
Minsk, Republic of Belarus<sup>2</sup>University Polytechnic Institute of Santiago Marinho  
Merida, Venezuela

**Abstract.** The scheme of processing conical surfaces by grinding them to a flat tool is considered and a technical solution for the implementation of such processing is proposed. Using the created device allows implementing the group method of forming conical parts with a deviation of the generatrix of the cone from straightness of not more than  $\pm 0.00012$  mm. A mathematical model of the patterns of removal of stock from a conical part with a flat tool is developed. A formula is obtained for calculating the modulus of the sliding velocity at any point on the processed conical surface, which implements engineering methods for controlling the shaping of conical parts without conducting preliminary labor-intensive experimental studies.

**Key words:** conical part, flat tool, free grinding, processing parameters.

Адрес для переписки: Козерук А.С., пр. Независимости, 65, Минск 220113, Республика Беларусь  
e-mail: kozeruk@bntu.by

В настоящее время конические линзы изготавливают поштучно вручную посредством перемещения по образующей вращающейся конической заготовки плоского круглого инструмента с лункой в центре. В лунку помещают шаровой наконечник удерживаемого в руке поводка. Благодаря шаровому соединению поводка с инструментом последний совершает, наряду с переносным, относительное движение по образующей конуса. Обработка непроизводительна, причем ее результат полностью зависит от опыта и интуиции рабочего. Поэтому разработка технологии групповой обработки оптических конических деталей с применением инженерных методов управления процессом формообразования конических поверхностей плоским инструментом является актуальной научно-технической проблемой.

Устройство (рис. 1) содержит шпиндель базового станка 1, инструмент 2, угольник 3, деталь 4, привод вращательного движения деталей 5, вал привода возвратно-вращательного перемещения деталей 6.

Для компенсации колебаний инструмента 20 в горизонтальной плоскости, обусловленных биением шпинделя станка, служат компенсационные муфты 7 и 17.

Процесс обработки включает несколько этапов шлифования абразивной суспензией электрокорунда белого с постепенным уменьшением ее фракции, позволяющим достичь шероховатости  $R_a \leq 0,04$  мкм, и операцию полирования водной суспензией окиси церия, обеспечивающей шероховатость  $R_z \leq 0,05$  мкм.

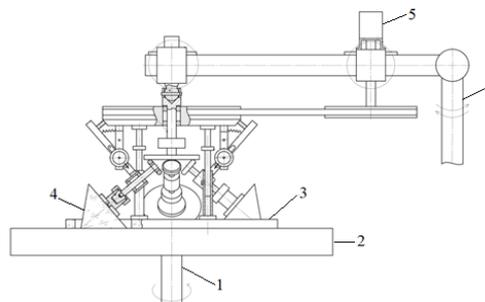


Рисунок 1 – Схема устройства для обработки образующей конических линз при наружной их ориентации

Предлагается обработка оптических деталей с конической поверхностью в условиях свободного их притирания к инструменту в виде планшайбы [1, 2]. Схема такой обработки приведена на рис. 2, а. Здесь возвратно-вращательное движение стойки 1

базового шлифовально-полировального станка мод. ЗШП-350 через выходное звено исполнительного механизма (штангу) 2 и поводок 3 преобразуется в колебательное движение планшайбы 4 вместе с коническими деталями 5 относительно инструмента б, а вращение последнего сообщает, благодаря наличию сил трения, относительное вращение деталям, которые в результате совершают сложное движение по рабочей поверхности инструмента.

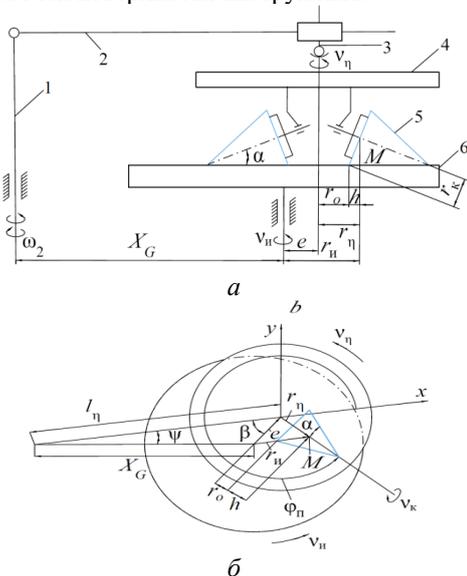


Рисунок 2 – Схема обработки деталей с коническими поверхностями (а) и размерная цепь ее рабочей зоны (б)

Из анализа рассматриваемой схемы обработки конических поверхностей следует (рис. 2, б), что скорость скольжения  $v$  в произвольной точке  $M$  детали выражается векторным соотношением:

$$\vec{\omega}_и = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \omega_и \end{pmatrix}; \quad \vec{\omega}_п = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \omega_п \end{pmatrix}; \quad \vec{\omega}_д = \begin{pmatrix} \omega_д \cos \alpha \cos \varphi_п \\ \omega_д \cos \alpha \sin \varphi_п \\ \omega_д \sin \alpha \end{pmatrix}; \quad \vec{\psi} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \psi \end{pmatrix};$$

$$\vec{r}_п = \begin{pmatrix} r_п \cos \theta_п \\ r_п \sin \theta_п \\ 0 \end{pmatrix}; \quad \vec{e} = \begin{pmatrix} e \cos \beta \\ e \sin \beta \\ 0 \end{pmatrix}; \quad \vec{r}_д = \begin{pmatrix} r_д \sin \alpha \cos \theta_п \\ r_д \sin \alpha \sin \theta_п \\ -r_д \cos \alpha \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Используя записанные проекции и выполнив соответствующие преобразования, проекции скорости скольжения  $v$  на оси системы координат XYZ согласно соотношению (1) запишем в виде:

$$\left. \begin{aligned} v_x &= -\omega_и(r_и \sin \varphi_п + e \sin \beta) + (\omega_п r_п + \omega_д r_д) \sin \varphi_п, \\ v_y &= \omega_и(r_и \sin \varphi_п + e \cos \beta) - (\omega_п r_п + \omega_д r_д) \sin \varphi_п - \psi l_п, \\ v_z &= 0, \end{aligned} \right\} (3)$$

где  $\varphi_п$  – угол поворота планшайбы 4 относительно оси X;  $\beta = \arccos \frac{l_п^2 + e^2 - X_G^2}{2l_п e}$  – угол между осевой линией штанги 2 и прямой, проходящей через ось симметрии инструмента б и планшайбы 4.

Используя уравнения (3), по формуле

$$\vec{v} = \vec{v}_и - \vec{v}_п - \vec{v}_к - \vec{v}_*, \quad (1)$$

в правой части которого записаны векторы линейных скоростей вращательных движений инструмента б  $v_и$ , планшайбы 4  $v_п$ , конуса 5  $v_к$  и возвратно-вращательное перемещение штанги 2  $v_*$  относительно оси симметрии стойки 1. В нашем случае эти скорости имеют вид:

$$\left. \begin{aligned} \vec{v}_и &= \vec{\omega}_и \times \vec{r}_и; \quad \vec{v}_п = \vec{\omega}_п \times \vec{r}_п \\ \vec{v}_к &= \vec{\omega}_к \times \vec{r}_к; \quad \vec{v}_* = \vec{\psi}' \times \vec{l}_п \end{aligned} \right\} (2)$$

где  $\vec{\omega}_и, \vec{\omega}_п, \vec{\omega}_к$  и  $\vec{r}_и = \vec{e} + \vec{r}_п, \vec{r}_п, \vec{r}_к$  – векторы угловых скоростей инструмента, планшайбы, конуса и радиус-векторы рассматриваемой точки  $M$  относительно их оси симметрии соответственно;  $l_п$  – расстояние между осями симметрии поводка 3 и стойки 1;  $e = \sqrt{l_п^2 + X_G^2} - 2X_G l_п \cos \psi$  – текущее значение расстояния между осями инструмента и планшайбы;  $X_G$  – расстояние между осями вращения стойки 1 и инструмента б;  $\psi$  – угол поворота штанги 2 от исходного положения;  $\psi'$  – угловая скорость возвратно-вращательного движения штанги 2.

Закон изменения  $\psi'$  определяется типом исполнительного механизма. В рассматриваемом устройстве в качестве последнего применяется четырехзвенник. Для него, как показано в [3],  $\psi' = \omega_2 i_{42}$ , где  $\omega_2$  – угловая скорость входного звена исполнительного механизма станка, а  $i_{42}$  – кинематическая передаточная функция этого механизма.

Запишем проекции векторов, входящих в уравнения (2), на оси системы координат XYZ, начало которой находится на оси вращения планшайбы 4, а ось X совпадает с осевой линией штанги 2:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}, \quad (4)$$

можно определить модуль скорости скольжения в любой точке обрабатываемой конической поверхности.

#### Литература

1. Устройство для обработки деталей с коническими поверхностями: пат. РБ 17104 / А. С. Козерук [и др.]. – Оpubл. 01.30.2013.
2. Устройство для групповой обработки деталей с коническими поверхностями: пат. РБ 21163 / А. С. Козерук [и др.]. – Оpubл. 03.28.2017.
3. Козерук, А. С. Формообразование прецизионных поверхностей / А. С. Козерук. – Минск: ВУЗ – ЮНИТИ, 1997. – 176 с.