

5. Nosenko, V. A. Morphology and Chemical Composition of Silicon Carbide Surfaces Interacting with Iron, Cobalt, and Nickel in Microscratching / V. A. Nosenko, A. V. Fetisov, V. Ye. Puzyrkova // Solid State Phenomena. – 2018. – Vol. 284. – P. 363–368. DOI: 10.4028/www.scientific.net/ssp.284.363
6. Гаршин, А. П. Абразивные материалы и инструменты. Технология производства / А. П. Гаршин, С. М. Федотова ; под общей ред. А. П. Гаршина. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 1010 с.

УДК 681.7.023.72

### **ПРОГРЕССИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИНЗ С ТОНКИМ ЦЕНТРОМ**

**Л. Д. Мальпика, А. С. Козерук**

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

*Приведен анализ состояния технологии обработки линз для оптических приборов. Рассмотрена кинематическая схема устройства для одновременной двусторонней обработки линз с тонким центром. Выполнено математическое моделирование процесса абразивной обработки линз по методу свободного притирания и проведены численные исследования этой обработки.*

**Ключевые слова:** линза, локальные погрешности, двусторонняя обработка, устройство, численное исследование.

### **PROGRESSIVE TECHNOLOGY FOR MANUFACTURING LENSES WITH A FINE CENTER FOR OPTICAL INSTRUMENTS**

**L. Y. Malpica, A. S. Kozeruk**

*Belarusian National Technical University, Minsk*

*An analysis of the state of technology for processing lenses for optical devices is given. The kinematic scheme of the device for simultaneous two-sided processing of lenses with a thin center is considered. Mathematical modeling of the process of abrasive processing of lenses using the method of free rubbing was carried out and numerical studies of this processing were carried out.*

**Keywords:** lens, local errors, two-sided processing, device, numerical study.

Одной из проблем современного оптического приборостроения является изготовление маложестких линз (с относительной толщиной 0,03 и менее) с высокими требованиями к их геометрической форме [1]. По существующей технологии односторонней обработки (шлифования и полирования абразивной суспензией по методу свободного притирания инструментом в виде гриба или чашки) как в Республике Беларусь и странах ближнего зарубежья, так и в странах дальнего зарубежья заготовки этих линз поочередно закрепляют одной из рабочих поверхностей на клеочное приспособление смолой и обрабатывают вторую ее поверхность. Такое закрепление требует нагрева клеочного инструмента, смолы и заготовки, при остывании которых из-за различных температурных коэффициентов линейного расширения материалов возникают напряжения в стекле. После снятия линзы с клеочного приспособления эти напряжения релаксируют, в результате чего происходит ухудшение качества детали в виде нарушения заданной точности радиуса кривизны обработанной поверхности (макропогрешность), которая проявляется в отклонении ее стрелки прогиба от номинального значения в пределах  $\pm 0,0015$  мм и в локальном деформировании этой поверхности (микропогрешность) в среднем на  $\pm 0,0004$  мм. Для уменьшения отме-

ченных погрешностей между линзой и клеочной смолой помещают бумажные прокладки диаметром  $1/3$  диаметра детали, уменьшая тем самым площадь контакта клеочного вещества с поверхностью последней, что способствует снижению ее деформации. Однако рассматриваемый тип линз (с тонким центром) для оптических приборов специального назначения подвергают дополнительной доводке на одношпиндельном ножном станке (в Беларуси и странах ближнего зарубежья), перемещая линзу по инструменту вручную. Операция трудоемкая, поскольку сказывается градиент деформации линзы, обусловленный неравномерным температурным полем от рук исполнителя. В странах дальнего зарубежья окончательную доводочную операцию прецизионных линз выполняют дорогостоящим магнитореологическим полированием.

Проблемами существующей технологии получения прецизионных линз малой жесткости являются также значительные затраты времени на процесс их формообразования (в среднем 4 ч на одну сторону) и на выявление рациональных режимов этого процесса с учетом неравномерного распределения припуска на обработку. Данные режимы в настоящее время определяет экспериментально рабочий-оптик, исходя из своего опыта и интуиции [2].

В связи с отмеченным выше цель настоящего исследования заключается в разработке технологии одновременной двусторонней абразивной обработки линз малой жесткости, исключающей их крепление смолой за исполнительные поверхности и обеспечивающей уменьшение макро- и микропогрешностей соответственно до  $\pm 0,0008$  и  $\pm 0,00015$  мм, а также снижение затрат времени, по меньшей мере, в два раза на операции шлифования и полирования, что является актуальной научно-технической задачей, решение которой важно для оптического приборостроения.

**Методика проведения исследований.** Отмеченные проблемы оптического приборостроения могут быть решены в случае использования технологии одновременной двусторонней обработки оптических деталей со сферическими поверхностями. Для ее реализации предлагается устройство, кинематическая схема которого представлена на рис. 1.

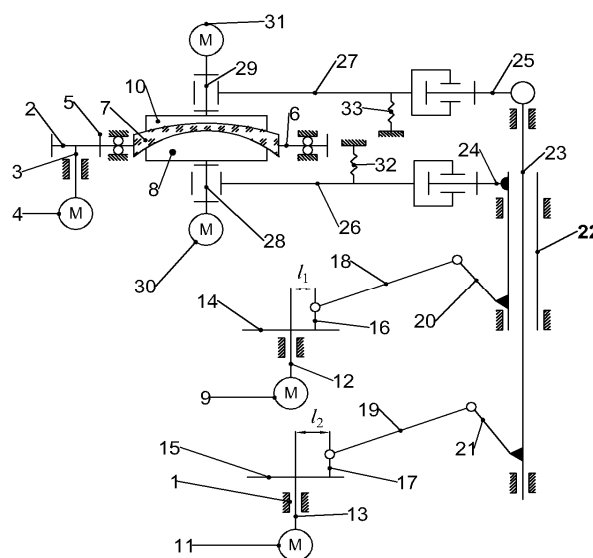


Рис. 1. Кинематическая схема устройства для двусторонней обработки оптических деталей со сферическими поверхностями

## 28 Секция 1. Современные технологии проектирования в машиностроении

При использовании данного устройства заготовку оптической детали со сферическими поверхностями 7 жестко фиксируют в оправке 6 и вместе с последней устанавливают ее между инструментами 8 и 10. Далее последовательно включают электродвигатели 4, 30, 31, 9 и 11. Вращательный момент электродвигателя 4 через ось 3, зубчатую пару 2–5 и оправку 6 вызывает вращение заготовки 7, а вращательный момент электродвигателей 30 и 31 через ось 28 и 29 сообщает вращение инструментам 8 и 10.

Вращательный момент электродвигателей 9 и 11 через оси 12 и 13, диски 14 и 15, стойки 16 и 17, звенья 18 и 19, кронштейны 20 и 21, вал 22 и 23, рычаги 24 и 25, подвижные части рычагов 26 и 27, оси инструментов 28 и 29 вызывают колебательное перемещение инструментов по поверхностям заготовки 7. Для прижима инструментов к обрабатываемым поверхностям детали используются пружины 32 и 33.

Для выявления наиболее выгодных режимов обработки высокоточных линз на предлагаемом технологическом оборудовании выполнено математическое моделирование процесса абразивной обработки линз по методу свободного притирания. В основу моделирования положена гипотеза Ф. Престона, согласно которой срабатывание заготовки детали в произвольной точке определяется соотношением

$$U_d = ck_d \int_0^t v_d p_d dt,$$

где  $c$  – коэффициент пропорциональности, зависящий от условий обработки;  $k_d$  – коэффициент износостойкости притирающихся материалов;  $v_d$  и  $p_d$  – линейная скорость движения детали относительно инструмента и давление в зоне их контакта соответственно;  $t$  – время обработки.

Для определения скорости скольжения необходимо учитывать линейные скорости всех движений, совершаемых деталью и инструментом.

**Полученные результаты.** Расчет величины съема материала, пропорциональной параметру  $Q = vp$ , проводили в опорных точках диаметрального сечения обрабатываемой поверхности линзы. При этом использовали линзу типа «отрицательный мениск» с  $R_1 = 120,85$  мм,  $d_1 = 100$  мм (выпуклая поверхность) и  $R_2 = 50,34$  мм,  $d_2 = 80$  мм (вогнутая поверхность).

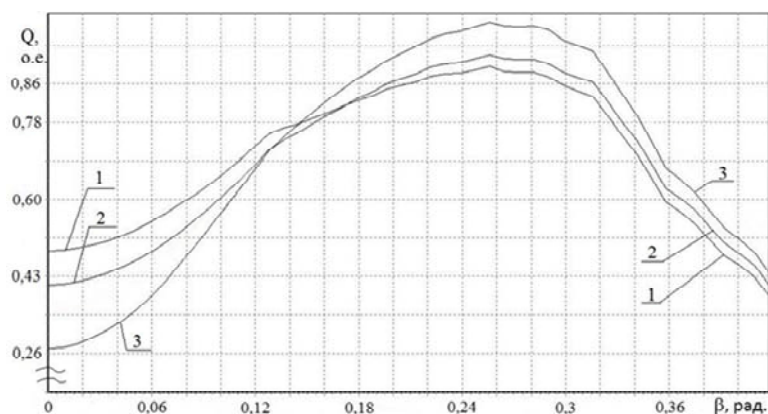


Рис. 2. Зависимость параметра  $Q$  от изменений  $v_d = 7,0$  с<sup>-1</sup> (1), 8,0 с<sup>-1</sup> (2) и 8,6 с<sup>-1</sup> (3) при  $v_n/v_d = 0,7$ ,  $v_2 = 4,5$  с<sup>-1</sup>,  $L = 50$  мм,  $d_n = 80$  мм

Расчет  $Q$  при изменении  $\nu_n$  (частота вращения линзы) от  $7,0$  до  $8,6 \text{ с}^{-1}$  при постоянных значениях  $\nu_2 = 4,5 \text{ с}^{-1}$  (частота возвратно-вращательного движения инструмента по обрабатываемой поверхности),  $L = 50 \text{ мм}$  (амплитуда возвратно-вращательного перемещения инструмента),  $d_n = 80 \text{ мм}$  (диаметр инструмента),  $\nu_n / \nu_n = 0,7$  ( $\nu_n$  – частота, с которой вращается инструмент), приведены на рис. 2, где  $\beta$  – угол раствора линзы. Из полученных результатов следует, что если назначить частоту вращения детали  $8,0 \text{ с}^{-1}$ , то будет происходить равномерная обработка детали (кривая 2). Такой режим назначают на стадии выхаживания, когда достигнуто требуемое значение радиуса кривизны обрабатываемой поверхности линзы и необходимо обеспечить ее заданную чистоту. Если же требуется организовать преимущественную обработку по краю линзы или в ее центре, то необходимо принимать частоту вращения линзы  $8,6$  и  $7,0 \text{ с}^{-1}$  соответственно, что отображено кривыми 3 и 1 на обсуждаемом рисунке.

#### Л и т е р а т у р а

1. Технология оптических деталей / В. Г. Зубаков [и др.]. – М. : Машиностроение, 1985. – 368 с.
2. Lens production enhancement by adoption of artificial influence functions and a knowledge based system in a magnetorheological finishing process / E. Pitschkeab [et al.] // Optical Manufacturing and Testing VII, SPIE. – 2007. – Vol. 6671. – P. 66711J.

УДК 621.771

### **ВЛИЯНИЕ СКОРОСТНОЙ АСИММЕТРИИ НА СТРУКТУРУ МЕТАЛЛА**

**К. С. Горбунов, А. И. Позднякова, И. П. Мазур**

*Липецкий государственный технический университет,  
Российская Федерация*

*Рассмотрено влияние скоростной асимметрии на структуру электротехнической стали. Проведено исследование на лабораторном стане с уникальными характеристиками двигателей.*

**Ключевые слова:** асимметричная прокатка, стан, деформация, скорость, структура, сталь.

### **THE EFFECT OF VELOCITY ASYMMETRY ON THE METAL STRUCTURE**

**K. S. Gorbunov, A.I. Pozdnyakova, I. P. Mazur**

*Lipetsk State Technical University, Russian Federation*

*In this paper, the influence of velocity asymmetry on the structure of electrical steel is considered. This study was conducted on a laboratory mill with unique engine characteristics.*

**Keywords:** asymmetric rolling, mill, deformation, speed, structure, steel.

Сегодня для удовлетворения потребностей различных отраслей промышленности от металлургов требуют новых решений по производству металлопроката с уникальным набором свойств. И если для их получения на дискретных изделиях этот вопрос решается термической обработкой, угловым прессованием и др., то для про-