

нанoeлектроники / А. П. Лучников, П. А. Лучников, А. С. Сигов // Нано- и микросистемная техника. – 2007. – № 12 (89). – С. 34–40.

2. Jacobsohn, L. G Film growth and relationship between microstructure and mechanical properties of a-C:H:F films deposited by PECVD / L. G Jacobsohn, D. F.

Franceschini // Diamond and Related Materials. – 2001. – № 10 (2). – P. 125–131.

3. Телеш, Е. В. Формирование оптических покрытий прямым осаждением из ионных пучков/ Е. В. Телеш, Н. К. Касинский // Контенант. – 2014. – Т. 1. – № 2. – С. 27–30.

УДК 681.7.023.72

КОМПЛЕКСНАЯ ОБРАБОТКА ОПТИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ С ПОЛНЫМИ СФЕРИЧЕСКИМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ

Филонова М. И., Козерук А.С., Андрушкевич И. В., Чернышенко Д. Ю.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Рассмотрена последовательность операций групповой обработки оптических деталей с полными сферическими поверхностями и приведена технологическая оснастка для реализации предлагаемых операций.

Ключевые слова: алмазонасные рабочие участки, среда под давлением, тонкий, инструмент в виде полого цилиндра.

COMPREHENSIVE PROCESSING OF OPTICAL PARTS WITH FULL SPHERICAL SURFACES

Filonova M., Kozeruk A., Andrushkevich I., Chernyshenko D.

*BeloRussian Federation National Technical University
Minsk, Republic of Belarus*

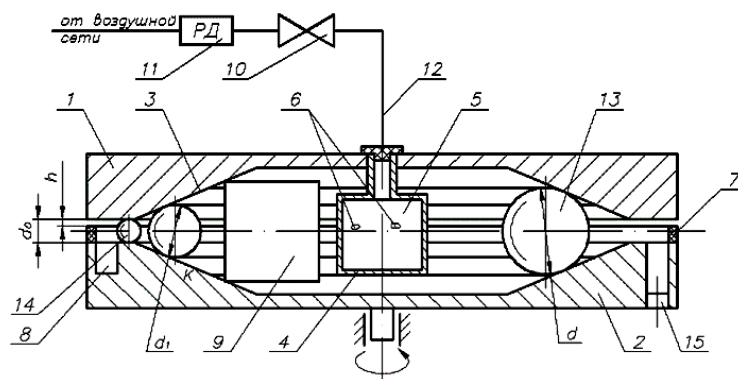
Abstract. The article considers the sequence of operations for group processing of optical parts with full spherical surfaces and provides technological equipment for the implementation of the proposed operations.

Keywords: diamond-bearing working areas, pressurized environment, thin, hollow cylinder tool.

Адрес для переписки: Филонова М. И., пр. Независимости, 65, г. Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: filonovami@bntu.by

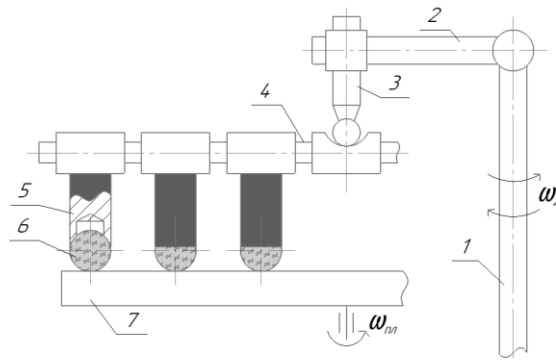
Современное направление развития оптического приборостроения – его миниатюризация. Такой подход требует, помимо прочего, изготовления микролинз для объективов – двояковыпуклых, плосковыпуклых, двояковогнутых, плосковогнутых, а также положительного и отрицательного менисков. Существующие приемы обработки таких оптических деталей сводятся к поэтапному их шлифованию в три перехода абразивными суспензиями микропорошков М40, М20, М10 и полированию в два перехода суспен-

зиями окиси тория и полирита на многошпиндельных рычажных шлифовально-полировальных станках модели ШП. Технология энерго- и трудоемкая. При ее реализации необходимо выполнять крепление (блокировку) заготовок на специальном наклеечном приспособлении смолы, нагревая наклеечник, заготовку детали и смолу. Нагревание последней приводит к выбросу в атмосферу концентратов веществ фенольной группы и, следовательно, к загрязнению окружающей среды.



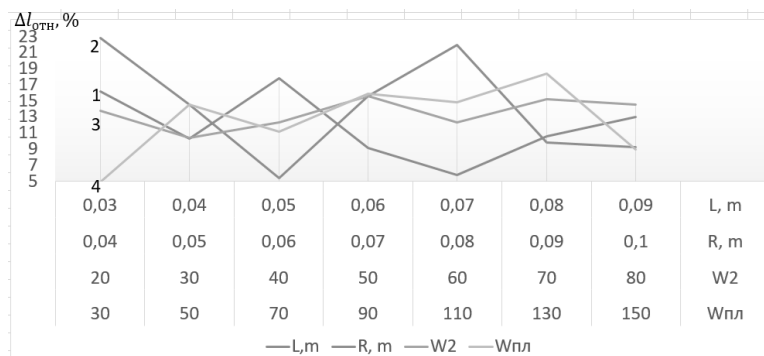
1 и 2 – диски с коническими алмазонасными участками 3; 9 – исходная кубическая заготовка и ее промежуточное состояние 13; 10, 11, 12 – элементы пневмосети

Рисунок 1 – Схема технологической оснастки для формирования оптических деталей с полной сферической поверхностью



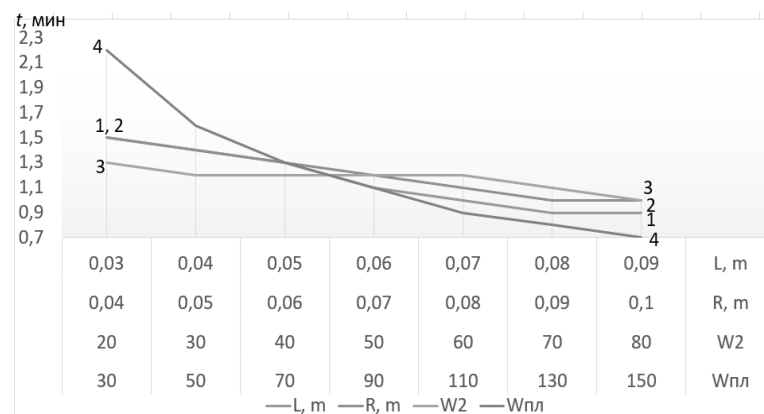
1 – приводная стойка; 2 – рычаг; 3 – палец рычага; 4 – коромысло; 5 – обрабатывающий инструмент в виде полого цилиндра; 6 – заготовка детали с полной сферической поверхностью; 7 – приводной диск

Рисунок 2 – Схема многоместного устройства для финишной обработки деталей с полными сферическими поверхностями



L при $\omega_{пл} = 80$ об/мин, $\omega_2 = 50$ об/мин, $R = 70$ мм (1); R при $\omega_{пл} = 80$ об/мин, $\omega_2 = 50$ об/мин, $L = 55$ мм (2); ω_2 при $\omega_{пл} = 80$ об/мин, $R = 70$ мм, $L = 55$ мм (3); $\omega_{пл}$ при $\omega_2 = 50$ об/мин, $R = 70$ мм, $L = 55$ мм (4)

Рисунок 3 – Зависимость $\Delta I_{отн}$ от изменяющихся



L при $\omega_{пл} = 80$ об/мин, $\omega_2 = 50$ об/мин, $R = 70$ мм (1); R при $\omega_{пл} = 80$ об/мин, $\omega_2 = 50$ об/мин, $L = 55$ мм (2); ω_2 при $\omega_{пл} = 80$ об/мин, $R = 70$ мм, $L = 55$ мм (3); $\omega_{пл}$ при $\omega_2 = 50$ об/мин, $R = 70$ мм, $L = 55$ мм (4)

Рисунок 4 – Зависимость времени обработки $t_{обр}$ от изменяющихся

Более перспективной является обработка рассматриваемых оптических деталей по технологии получения шаровидных деталей из хрупких материалов, в том числе и из оптического стекла. При реализации этой технологии в качестве исходной заготовки используют кубики с припуском на сторону 0,1 мм по сравнению с готовым диаметром. Кубики первоначально направляют на операцию

галтовки, где они приобретают шаровидную форму. При этом используют устройство с двумя коническими алмазосносными участками, установленными соосно и образующими клиновидную рабочую зону, в которой под действием тангенциально направленной среды под давлением кубические заготовки совершают гарантированное многоосное (трехосное) движение вдоль рабочих

участков. В результате такой кинематики происходит сьем припуска с исходных кубических заготовок, и они принимают шаровидную форму.

Схема технического решения, позволяющего реализовать изложенный прием галтовки, представлена на рисунке 1.

После галтовки заготовки подвергаются первоначально шлифованию по переходам и последующему полированию с использованием многоместного устройства, принципиальная схема которого приведена на рисунке 2.

Для исследования характера обработки деталей с полными сферическими поверхностями на финишной стадии по предлагаемой схеме выполнено математическое моделирование рабочей зоны этой схемы. В результате получено выражение

$$\Delta l_k = \Delta r \sqrt{\Delta r_x^2 + \Delta r_y^2 + \Delta r_z^2}, \quad (1)$$

используя которое по формуле

$$L_{\text{рез}} = \sum_{k=0}^n \Delta l_k, \quad (2)$$

представляется возможность определить распределение путей резания по обрабатываемой поверхности в зависимости от режимов процесса шлифования и полирования. Определение закономерностей распределения путей резания $L_{\text{рез}}$ по сферической поверхности заготовки.

Используя выражение (1), выполнен расчет распределения относительных путей резания $\Delta l_{\text{отн}}$ в определенном образом выбранных на обрабатываемой поверхности опорных точках. Расчет выполнялся для таких параметров режимов обработки по методу свободного притирания, как амплитуда возвратно-вращательного перемещения устройства относительно приводного диска L и угловой скорости его относительного вращения $\omega_{\text{пл}}$, угловой скорости вращения входного звена исполнительного механизма базового технологического оборудования ω_2 , а также расстояния обрабатывающий инструмент в виде полого цилиндра от оси симметрии приводной стойки R . Результаты расчета изложены на рисунках 3 и 4.

Характер распределения относительных путей резания на рисунке 3 указывает на ощутимую зависимость $\Delta l_{\text{отн}}$ от величины принятых в нашем случае параметров режимов обработки (L , $\omega_{\text{пл}}$, ω_2 и R). В частности, в случае рагулирования расстояния обрабатывающего инструмента 5 от оси симметрии приводной стойки 1 наблюдается три максимума: для R равном 60, 100 и 90 мм. И поскольку для этих значений R относительные пути резания $\Delta l_{\text{отн}}$ составляют 6,7, 9,3 и 9,8 % соответственно, то это значит, что заготовки деталей, расположенные в инструменте на отмеченных расстояниях от приводной стойки, будут обрабатываться с разной интенсивностью. Это позволяет совместить операции предварительной, основной и финишной обработки в одном технологическом цикле.

Что касается остальных наладочных параметров (L , ω_2 и $\omega_{\text{пл}}$) то их следует назначать такими, при которых будут обеспечиваться максимальные как точность, так и производительность обработки, т. е. будут достигнуты минимальные значения $\Delta l_{\text{отн}}$ и $t_{\text{обр}}$. Для выполнения отмеченного условия требуется проводить совместный анализ результатов расчета, представленных на рисунках 3 и 4, учитывая при этом виды операций – шлифование и полирование. Такой анализ показывает, что на стадии шлифования, когда помимо точности шлифованного шарика (эта точность всегда ниже полированного шарика) необходимо обеспечить приемлемое (минимальное) время обработки, целесообразно назначать $L = 70$ мм, $\omega_2 = 30$ об/мин, $\omega_{\text{пл}} = 150$ об/мин.

Литература

1. Технология оптических деталей / М. Н. Семибратов [и др.]. М.: Машиностроение, 1978. – 415 с.
2. Козерук, А. С. Формообразование прецизионных поверхностей / А. С. Козерук. – Мн.: ВУЗ-ЮНИТИ, 1997. – 176 с.
3. Моделирование процесса формообразования стеклянных шариков по методу свободного притирания / А. С. Козерук [и др.] // Наука и техника. – 2023. – Т. 22, № 3. С. 193–198.