

В. А. Васильева^{1}, А. А. Новиков¹, Е. Г. Бобылева¹*

Особенности технологического процесса изготовления микрооптики

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация
* e-mail: tupi4ok.nika@yandex.ru

Аннотация. Целью данной работы является изучение метода изготовления микрооптики тонким алмазным шлифованием. Для этого необходимо решить ряд задач: ознакомиться с принципом изготовления микрооптики, изучить этапы производственного изготовления, проанализировать и выявить достоинства и недостатки данного метода.

Ключевые слова: микрооптика, шлифование, инструменты.

V. A. Vasilyeva^{1}, A. A. Novikov¹, E. G. Bobyleva¹*

Features of the technological process of manufacturing micro-optics

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
* e-mail: tupi4ok.nika@yandex.ru

Annotation. The purpose of this work is to study the method of manufacturing micro-optics by fine diamond grinding. To do this, it is necessary to solve a number of tasks: familiarize yourself with the principle of manufacturing micro-optics, to study all the stages of manufacturing in production, analyze and identify the advantages and disadvantages of this method.

Keywords: micro-optics, grinding, tools

Введение

В статье рассматриваются особенности технологического процесса изготовления микрооптики. Проводится знакомство с такими понятиями, как микрооптика, кварцевое и бесцветное стекло, кристаллы. Описываются основные и вспомогательные материалы и технологическое оборудование, применяемые для производства микрооптики.

Методы и материалы

Микрооптика – это метод изготовления мини-, микро- и нанооптических компонентов из различных материалов: кварцевые стекла (КУ-1, КИ, КВ), некристаллизующиеся стекла (бесцветное стекло марок К8, ТФ3-ТФ-5, ТФ7) и кристаллы [1–2].

Кварцевое стекло – однокомпонентное стекло из чистого диоксида кремния (SiO₂), получаемое плавлением природных разновидностей кремнезема высокой чистоты – горного хрусталя, жильного кварца и кварцевого песка, а также синтетического диоксида кремния [3–4].

Бесцветное стекло – это однородный, аморфный, прозрачный, изотропный и химически стойкий материал со свойствами механически твердого тела [5–6].

Кристалл – это твердый материал, имеющий определенную кристаллическую решетку (рис. 1) [7–8].



Рис. 1. Кристалл CaF_2

Специфика изготовления:

1) диаметр серийно изготавливаемых сферических линз в зависимости от выбранного материала – от 2 до 30 мм;

2) конфигурация сферических микролинз – плоско-выпуклые и плоско-вогнутые, двояковогнутые и двояковыпуклые, выпукло-вогнутые линзы;

3) рабочие спектральные диапазоны микролинз – видимый, ультрафиолетовый (УФ) и инфракрасный (ИК);

4) материал для серийного производства микрооптики – кварцевое стекло марок КУ-1, КВ и КИ; различные марки оптического стекла; оптические кристаллы (оптический кремний Si, фторид кальция CaF_2 , селенид цинка ZnSe, сульфид цинка ZnS, фторид магния MgF_2 , фторид бария BaF_2 и германий Ge);

5) производительность на предприятиях варьируется от 500 до 2000 шт. в месяц [9–10].

Тонкое алмазное шлифование выполняется способом притира с использованием инструмента, что позволяет проводить работы с высокой интенсивностью процесса и стабильностью воспроизведения конструктивных параметров при многократном повторении операции [11].

Стабильность обеспечивается небольшим износом алмазных элементов и малым изменением формы рабочей поверхности алмазного инструмента за промежутки его эксплуатации [12–13].

Изготовление начинается с подготовки необходимых инструментов и технологического оборудования. Далее проводится операция эластичного блокирования (рис. 2), включающая в себя следующие переходы:

1) наклейка на одну из обрабатываемых сторон детали смоляных подушек ручным способом или на специальном полуавтомате;

2) зачистка второй обрабатываемой поверхности линзы;

- 3) притирка линз к тщательно зачищенной поверхности притирочного приспособления (гриб, чашка, планшайба);
- 4) приклейка деталей к наклеечному приспособлению (блоку);
- 5) охлаждение блока.

Недостатки метода крепления: смоляной слой обладает значительной толщиной, легко размягчается, что может привести к смещению заготовок и деформации блока во время обработки. Вследствие чего получается низкая точность обработанных заготовок.

Преимущества: простота, универсальность и многообразие метода [14].

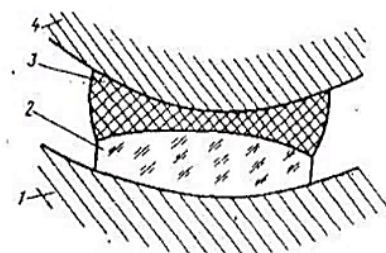


Рис. 2. Эластичное крепление

1 – приспособление, 2 – линза, 3 – смоляная пробка, 4 – инструмент

После закрепления заготовок микрооптики на приспособлении осуществляют операцию тонкого алмазного шлифования поверхности в три перехода на станке ЗША-20 (рис. 3) и далее полирования поверхности на станке 9ШП-20 (рис. 4), также в три перехода.

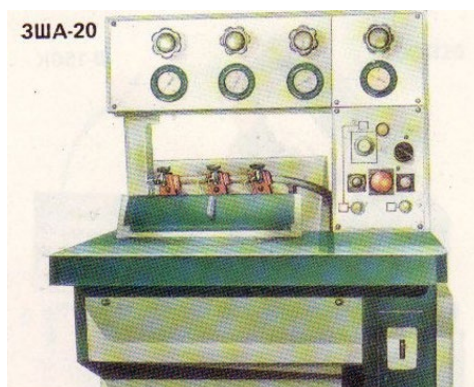


Рис. 3. Сферошлифовальный станок



Рис. 4. Шлифовально-полировальный станок 9ШП-20

Операция заканчивается контролем радиуса обработанной (первой) поверхности детали кольцевым сферометром (рис.5) и нанесением защитного покрытия [15–16]. Процесс повторяется для второй исполнительной стороны детали.

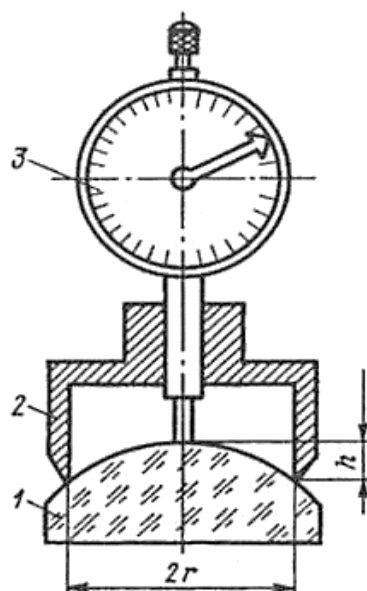


Рис. 5. Сферометр
1 – линза, 2 – основание, 3 – индикатор

В процессе тонкого алмазного шлифования используется абразивный микропорошок типа АСМ 28/20, где АСМ – микропорошок из синтетического алмаза зернистостью 28/20 (наибольший и наименьший размер зерен основной фракции, мкм) [17–18], СОЖ и различные вспомогательные материалы:

- фланелевая салфетка 3 сорта СТО ТПРВ-347-2021;
- марля ГОСТ 9412-93;
- вода проточная ГОСТ 2874-82;
- полирующий порошок;
- полировочная смола СТП АЛ-200-2014;
- этиловый спирт ректификованный из пищевого сырья ГОСТ 5962-2013;
- карандаш АЛО.048.323И-86;
- эмаль НЦ-25 Зеленая ГОСТ 5406-84 [19].

Результаты

В результате проведенного исследования был изучен поэтапный процесс изготовления микрооптики методом тонкого алмазного шлифования, содержащий все необходимое оборудование и материалы для изготовления оптического изделия.

При серийном изготовлении линз от 500 до 2000 штук в месяц на производстве чаще всего используют способ притира блока заготовок с инструментом, так как этот способ позволяет проводить работы с высокой интенсивностью процесса и стабильностью воспроизведения конструктивных параметров при многократном повторении операции. Следовательно, происходит малый износ инструмента, что позволяет его длительно применять в процессе работы. Хочется отметить, что на производстве в качестве приспособлений используют и цанго-

вые патроны, но на них можно зафиксировать только одну заготовку, тогда как при блокировании и притире – от 4 до 30 заготовок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Прикладная оптика / А.С. Дубовик, М.И. Апенко, Г.В. Дурейко и др. – М. : Недра, 1982. – 612 с. – Текст : непосредственный.
2. Вычислительная оптика : справочник. / Под ред. М.М. Русинова. – Л. : Машиностроение, 1984. – 423 с. – Текст : непосредственный.
3. Теория оптических систем / Б.П. Бегунов, Н.П. Заказнов, С.И. Кирюшин и др. – М.: Машиностроение, 1981. – 432 с. – Текст : непосредственный.
4. Справочник технолога-оптика : к изучению дисциплины / М.А. Окатов, Э.А. Антонов, А. Байгожин ; ред. М.А. Окатов. – 2-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург : Политехника, 2004. – 679 с. – Текст : непосредственный 4 Ардамацкий, А. Л. Алмазная обработка оптических деталей / А. Л. Ардамацкий. – Ленинград : Машиностроение, 1978. – 232 с. – Текст : непосредственный.
5. Технология оптических деталей / Под ред. М. Н. Семибратова. – Москва : Машиностроение, 1978. – 283 с. – Текст : непосредственный.
6. Оптика : учеб. пособие / В. С. Акиншин [и др.] ; ред. С. К. Стафеев. – 2-е изд., перераб. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. – 232, [8] с. – ISBN 978-5-8114-1671-4. – Текст : непосредственный.
7. Малов, А. Н. Обработка деталей оптических приборов / А. Н. Малов, В. П. Законников. – Москва : Машиностроение, 2006. – 304 с. – Текст : непосредственный.
8. Ефремов, А. А. Изготовление и контроль оптических деталей : учеб. пособие для ср. проф.-тех. училищ / А. А. Ефремов, Ю. В. Сальников. – Москва : Высшая школа, 1983. – 255 с. – Текст : электронный // <https://booksee.org> : [сайт]. – URL : <https://booksee.org/book/327524> (дата обращения: 17.05.2024). – Режим доступа: свободный.
9. Бардин, А. Н. Сборка и юстировка оптических приборов / А. Н. Бардин. – Москва : Высшая школа, 2005. – 325 с. – Текст : непосредственный.
10. Заказнов, Н. П. Изготовление асферической оптики / Н. П. Заказнов, В. В. Горелик. – Москва : Машиностроение, 1985. – 248 с. – Текст : непосредственный.
11. Технология оптических деталей. Расчет заготовок оптических деталей : сб. описаний практ. работ / Е. Г. Бобылева, Е. Ю. Кутенкова ; СГУГиТ. – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. – 67, [1] с. – ISBN 978-5-906948-04-5 – Текст : непосредственный.
12. Технология оптических деталей. Расчет приспособлений : метод. указ. / Е. Г. Бобылева, Е. Ю. Кутенкова ; СГУГиТ. – Новосибирск : СГУГиТ, 2020. – 48 [1] с. – Текст : непосредственный.
13. Александров, И. Е. Расчет инструмента и приспособлений для обработки оптических деталей / канд. техн. наук И. Е. Александров ; Под ред. проф. С. И. Фрейберга. – Москва : изд-во и тип. Оборонгиза, 1950. – 180 с. – Текст : непосредственный.
14. Зубаков, В. Г. Технология оптических деталей / В. Г. Зубаков, М. Н. Семибратов, С. К. Штандель. – Москва : Машиностроение, 1985. – 368 с. – Текст : непосредственный.
15. Сулим, А. В. Производство оптических деталей / А. В. Сулим. – Москва : Высшая школа, 1975. – 316 с. – Текст : непосредственный
16. Оптические технологии и материалы. Расчет инструментов : практикум для обучающихся по направлениям подготовки 12.03.01 Приборостроение, 12.03.02 Опотехника / Е. Г. Бобылева ; СГУГиТ. – Новосибирск : СГУГиТ, 2021. – 21 с. – ISBN 978-5-907513-15-0. – Текст : непосредственный.
17. Оптические технологии и материалы. Расчет алмазно-абразивного инструмента : практикум / Е. Г. Бобылева ; СГУГиТ. – Новосибирск : СГУГиТ, 2022. – 33 с. – ISBN 978-5-907513-83-9. – Текст : непосредственный.

18. Охрана труда в оптическом производстве. Основные технологические операции : учеб. пособие, рекомендовано УМО / М.М. Кузнецов [и др.] ; СГГА. – Новосибирск : СГГА, 2012. – 104, [1] с. – Текст : электронный. – URL: <http://lib.sgugit.ru> (дата обращения: 17.05.2024). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

19. Михнев, Р. А. Оборудование оптических цехов / Р. А. Михнев, С. К. Штандель. – Москва : Машиностроение, 1981. – 368 с. – Текст : электронный // <http://5fan.ru> : [сайт]. – URL : <http://5fan.ru/wievjob.php?id=42278> (дата обращения: 17.05.2024). – Режим доступа: свободный.

© В. А. Васильева, А. А. Новиков, Е. Г. Бобылева, 2024