

А. М. Бахтиярова¹✉, Е. Д. Моисеева¹, Д. В. Климова¹, Е. Г. Бобылева¹

Сравнение технологического процесса получения линзы в единичном и серийном производствах

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: bakhtiyarova7207@gmail.com

Аннотация. На технологические процессы изготовления деталей в значительной степени влияет тип производства, определяющий годовой объем выпуска предметов труда определенной номенклатуры. Поэтому в зависимости от типа производства выбирают тот или иной технологический процесс изготовления оптических изделий. Линзы производят в единичном, серийном и массовом производстве для различных оптико-электронных приборов. Также на выбор технологического процесса влияет точность получаемых изделий, номинальные размеры, оборудование, имеющееся на заводе, и другие условия. Целью является сравнить два технологических процесса изготовления линзы, с учетом выбора оборудования и режимов обработки. В данной работе проанализированы типовые технологические процессы изготовления линз в единичном и серийном производствах, а также выявлены основные различия используемого оборудования и режимов обработки.

Ключевые слова: тип производства, технологический процесс, операция шлифования, полирование

A. M. Bakhtiyarova¹✉, E. D. Moiseeva¹, D. V. Klimova¹, E. G. Bobyleva¹

Comparison of the technological process of lens production in single and serial production

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: bakhtiyarova7207@gmail.com

Abstract. The technological processes of manufacturing parts are largely influenced by the type of production, which determines the annual output of labor items of a certain range. Therefore, depending on the type of production, one or another technological process for manufacturing optical products is chosen. Lenses are produced in single, serial and mass production for various optoelectronic devices. The choice of technological process is also influenced by the accuracy of the products obtained, nominal dimensions, equipment available at the factory, and other conditions. The aim is to compare the two lens manufacturing processes, taking into account the choice of equipment and processing modes. In this paper, the typical technological processes of lens manufacturing in single and serial production are analyzed, and the main differences between the equipment used and processing modes are identified.

Keywords: type of production, technological process, grinding operation, polishing

Введение

От типа производства оптических деталей зависит использование заготовок в виде прессовок или кусков стекла (блоков). Прессовки приближены по форме и размерам к готовой линзе, поэтому необходимости в разделительных опера-

циях нет. Чаще всего прессовки применяют в крупносерийном производстве. Заготовки в виде кратных кусков стекла или блоков используют при единичном и мелкосерийном производстве. Их делят с помощью таких операций, как распиливание, разрезание [1]. Далее заготовки поступают на операцию кругления, выполняемую на обдирочных и круглительных станках.

После заготовки шлифуют и полируют поштучно или на блоке по несколько штук. Часто это зависит от формы и размеров линз, реже от типа производства. Блокирование линз применяют для уменьшения времени и повышения точности обработки линз. Существует два способа блокирования линз на приспособлении: эластичный и жесткий [2, 3]. Ниже показаны блоки с наклеенными линзами в виде чашек и грибов (рис. 1).



Рис. 1 Блоки с наклеенными линзами

Прессовки блокируют жестко и шлифуют только первую исполнительную поверхность. В случае эластичного блокирования линз применяется последовательное двустороннее шлифование исполнительных поверхностей. Обработка осуществляется с использованием алмазного трубчатого инструмента, при этом заготовка фиксируется в цанговом патроне [3, 4].

Также одиночные линзы и блоки подвергают шлифованию на шлифовально-полировальных станках типа ШП, при этом количество переходов напрямую зависит от размеров самих деталей и блоков. На стадии мелкого шлифования используют абразивы М20 и М10 [5, 6].

После шлифования заготовки полируют с целью удаления матового слоя стекла на шлифовально-полировальных станках, при этом используется метод пробных проходов. Основной целью этапа полирования является обеспечение требований, предъявляемых к оптической детали на чертеже, таких как общая и местная ошибки, чистота поверхности [7].

Режимы обработки при полировании зависят от точности изделия. Линзы пониженной точности полируют на интенсивных режимах и инструментом с подложкой из сукна, фетра или войлока. Скорость полирования достигает 3 м/с, а удельное давление равно 2,5 Н/см². При обработке линз средней точности применяют полировальник со смоляной подложкой, работающий со скоростью 0,5-1 м/с и давлением 0,5-1 Н/см². Изделия высокой точности полируют с небольшой скоростью 0,2-0,3 м/с, давление при этом минимально и достигает 0,2-0,5 Н/см². При таких режимах высокоточные линзы полируют дольше для получения качественной поверхности [8, 9].

Скорость снятия припуска и формообразование заданной поверхности регулируется настраиванием станка и регулированием слоя смолы полировальника, путем ее подрезания. При этом такие показатели, как температура, вязкость смолы, а также способ подачи полированной суспензии должны поддерживаться в стабильном состоянии [10].

После полирования линзы поступают на заключительные операции центрирования и фасетирования.

Накопление погрешностей на предыдущих механических операциях линзы приводит к децентричности, которая указывается на чертеже детали. Чтобы избавиться от этих погрешностей, линзы центрируют. При центрировании совмещают оптическую и геометрическую оси линзы с осью вращения шпинделя станка [11, 12].

Точность центрирования линз зависит от способа их установки. Чаще всего используют три способа установки линзы: по блику, в самоцентрирующем патроне и по прибору [13, 14].

Метод установки линзы по блику применяют исключительно в единичном производстве, в случае, когда необходимо центрировать линзу с погрешностью 0,02-0,1 мм. Точность установки можно увеличить, используя автоколлимационную установку. Линзу закрепляют в шпинделе центрировочного станка на латунном патроне с использованием смолы. Далее добиваются совмещения оптической оси линзы с осью вращения шпинделя патрона, перемещая линзу по торцу патрона [15, 16].

Методом самоцентрирующих патронов линзы устанавливают на специальных центрировочных станках типа ЦС, используя в качестве инструмента алмазный шлифовальный круг [17, 18]. При зажиме линзы между левым и правым патронами, на нее действует сила, которая сдвигает линзу к оси шпинделя, тем самым ее центрируя. Точность изготовления кольцевых кромок патронов влияет на погрешность центрирования линз этим методом, которая достигает до 0,02 мм. Данный способ используется в массовом производстве, так как он весьма прост и производителен [19, 20].

Результаты

Технологический процесс получения линзы в единичном и мелкосерийном производствах, а также тип используемого оборудования и режимы обработки показаны в табл. 1.

Таблица 1

Операции получения линзы в единичном и мелкосерийном производствах

Операция			Тип оборудования	Режим обработки
Кратная заготовка	Штабик	Штучная заготовка	Алмазно-резцовые станки, ручную	Скорость 8-25 м/с при обработке вручную; 20-30 м/с при обработке на станке, подача 1 мм/с
1 Разделительная		–		
2 Кругление		–	Обдирочный станок, ручная обработка	Подача 1-3 м/мин
3 Грубое шлифование первой и второй поверхности			Станки ручные типа ШП, а также автоматные станки с алмазным инструментом	Скорость 15-25 м/с при давлении 10^6 Па, ручную при подаче 4-20 мм/мин
4 Сборка блока эластичным способом (если линза тонкая, то жестким способом)			Вручную или на клеичном станке полуавтомате	Температура заготовки 60-80 °С, толщина смолы 2-5 мм
5 Тонкое шлифование первой поверхности			Станок ШП с водными суспензиями микропорошков электрокорунда или алмазный инструмент	Частота вращения шпинделя 1,3-60 об/с, скорость обработки 0,5-1 м/с
6 Полирование первой поверхности			Станок ШП с водной суспензией полирита	Скорость 0,2-5 м/с, давление полировальника до 1 г/см ²
7 Разборка блока			Специальный полуавтомат или УЗ-ванна с использованием щелочных растворов и ПАВ	В м/с производстве охлаждают до температуры -40 °С в специальной камере, в ед. производстве блок разбирают ударами
8 Сборка блока второй поверхности			Пункт 4	
9 Тонкое шлифование второй поверхности			Пункт 5	
10 Полирование второй поверхности			Пункт 6	
11 Разборка блока			Пункт 7	
12 Центрирование и фасетирование			Обе операции выполняют на специальном станке ЦС или центрировочном станке с установкой заготовок «по блику»	Частота вращения устанавливается в зависимости от диаметра линзы

В табл. 2 показан технологический процесс получения линзы в крупносерийном производстве.

Таблица 2

Операции получения линзы в крупносерийном производстве

Операция		Тип оборудования	Режим обработки
Кратная заготовка	1.1 Разделительная	Отрезные и фрезерные станки	Подача 30-50 мм/мин
	2.1 Кругление	Круглительные станки	Подача 1-3 м/мин, скорость 10-20 м/с
Штучная заготовка	1.2 Прессование из жидкой стекломассы	Механический, гидравлический, пневматический пресс	Нагревают до температуры вязкости стекла и прессуют под давлением
3 Сборка блока жестким способом		Автоматизированная линия по сборке, многошпиндельные прессы	Толщина смолы 0,1 мм
4 Грубое шлифование первой поверхности		Станки с алмазным инструментом типа «Алмаз», обдирочные станки	Скорость 20 м/с, подача 4-20 мм/мин
5 Тонкое шлифование первой поверхности		Станок ШП с вращением звена против часовой стрелки	Скорость 10-20 м/с
6 Полирование первой поверхности		Станки ШПД, ПД	Скорость 0,2-3 м/с
7 Разборка блока		Нагревательная камера, УЗ-полуавтоматическая установка УЗР-2	Нагревание блока до температуры размягчения смолы, или использование УЗ-колебаний
8 Сборка блока второй поверхности		Пункт 3	
9 Грубое шлифование второй поверхности		Пункт 4	
10 Тонкое шлифование второй поверхности		Пункт 5	
11 Полирование второй поверхности		Пункт 6	
12 Разборка блока		Пункт 7	
13 Центрирование и фасетирование		Центрировочные станки полуавтоматы типа ЦС	Подача ручная или автоматическая до 0,002 м/с; толщина алмазоносного слоя 1-2 мм

Заключение

В табл. 3 приведен сравнительный анализ двух технологических процессов, с указанием основных различий в оборудовании мелкосерийного и крупносерийного производств.

Таблица 3

Основные различия в операциях получения линз

Вид операций	Единичное и мелкосерийное производство	Крупносерийное производство
Разделительная	Производится на алмазно-резовых станках	Производится на отрезных и фрезерных станках
Кругление	Производится на обдирочных станках, либо с помощью ручной обработки	Производится на круглильных станках
Прессование из жидкой стекло-массы	Не применяется	С помощью механического, гидравлического, пневматического прессы
Сборка блока	Эластичный метод, вручную или на наклеечном станке полуавтомате	Жесткий метод, на многошпиндельных прессах и автоматизированных линиях по сборке
Грубое шлифование	Производится до сборки блока, на ручных станках	После сборки блока, на станках типа «Алмаз»
Тонкое шлифование	Незначительные различия	
Полирование	Незначительные различия	
Разборка блока	На специальных полуавтоматах или УЗ-ваннах	В нагревательных камерах, УЗ-установках
Центрирование и фасетирование	Незначительные различия	

В целом, типовой технологический процесс изготовления линзы в единичном и серийном производствах очень схожи. При этом важно учитывать размер выпускаемой партии, номинальные размеры получаемых деталей, их точность, а также правильно выбирать оборудование и режимы обработки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зубаков, В. Г. Технология оптических деталей / В. Г. Зубаков, М. Н. Семибратов, С. К. Штандель. – Москва : Машиностроение, 1985. – 368 с. – Текст : непосредственный.
2. Малов, А. Н. Обработка деталей оптических приборов / А. Н. Малов, В. П. Законников. – Москва : Машиностроение, 2006. – 304 с. – Текст : непосредственный.
3. 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/wieview.php?id=42278>. – Режим доступа: свободный.
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.

5. 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>. – Режим доступа: свободный.
6. Козерук, А. С. Исследование влияния наладочных параметров станка на производительность и качество процесса одновременной двусторонней обработки линз / Д. Л. Мальпика, А. А. Сухоцкий, М. И. Филонова: Наука и техника. 2018.
7. Оптические технологии и материалы. Центрирование линз : методические указания для обучающихся по направлениям подготовки 12.03.01 Приборостроение, 12.03.02 Оплотехника (уровень бакалавриата) / Е. Г. Бобылева, И. В. Парко ; СГУГиТ. – Новосибирск : СГУГиТ, 2024. – 20 с. – Текст : непосредственный.
8. Технология оптических деталей / Под ред. М. Н. Семибратова. – Москва : Машиностроение, 1978. – 283 с. – Текст : непосредственный.
9. Ардамацкий, А. Л. Алмазная обработка оптических деталей / А. Л. Ардамацкий. – Ленинград : Машиностроение, 1978. – 232 с. – Текст : непосредственный.
10. Справочник технолога-машиностроителя в 2-х частях / Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – Москва : Машиностроение, 2001. – Текст : непосредственный.
11. Сулим, А. В. Производство оптических деталей / А. В. Сулим. – Москва : Высшая школа, 1975. – 316 с. – Текст : непосредственный.
12. Технология оптических деталей / Под ред. М. Н. Семибратова. – Москва : Машиностроение, 1978. – 283 с. – Текст : непосредственный.
13. 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.
14. Алмазный инструмент для обработки оптических деталей / В. М. Альтшуллер, С. А. Герасимов, М. В. Грималюк // Оптический журнал. – 2011. – Вып. 4 (78). – С. 25-32.
15. Технология обработки оптических деталей / Под ред. М.Н. Семибратова. – М.: Машиностроение, 1975. — 208 с. – Текст : непосредственный.
16. 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 : электронный. – URL: <http://lib.sgugit.ru>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
17. Оптические технологии и материалы. Расчет инструментов : практикум для обучающихся по направлениям подготовки 12.03.01 Приборостроение, 12.03.02 Оплотехника / Е. Г. Бобылева ; СГУГиТ. – Новосибирск : СГУГиТ, 2021. – 21 с. – Текст : электронный. – URL: <http://lib.sgugit.ru>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
18. Оптический журнал. – Санкт-Петербург. – Выходит 12 раз в год. – ISSN1023-5086. – Текст : непосредственный.
19. Технология оптических деталей. Расчет заготовок оптических деталей : сб. описаний практ. работ / Е. Г. Бобылева, Е. Ю. Кутенкова ; СГУГиТ. – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. – 67, [1] с. – Текст : электронный. – URL: <http://lib.sgugit.ru>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
20. Козерук, А. С. Технология производства оптических деталей : учебно-методическое пособие / А. С. Козерук, В. О. Кузнечик ; – Минск : БНТУ, 2023. – 100 с.

© А. М. Бахтиярова, Е. Д. Моисеева, Д. В. Климова, Е. Г. Бобылева, 2025