

Д. М. Агеев^{1✉}, Д. М. Никулин¹

Анализ методов центрирования оптических деталей

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: 13aaaa.dima09@gmail.com

Аннотация. В статье проведён анализ методов центрирования оптических деталей. Данная технологическая операция влияет на качество создаваемого оптического изображения. Контроль децентрировки линз и линзовых систем в условиях массового производства оптических и оптико-электронных приборов, систем и устройств является актуальной задачей и позволяет выявить технологические погрешности при их изготовлении и сборке. Рассмотренные в статье технологические и конструктивные методы центрирования оптических деталей позволяют выполнить их сравнение для выявления достоинств и недостатков. Анализ методов центрирования оптических деталей показал, что автоматизация этого процесса повышает точность при обработке детали и позволяет улучшить разрешение и контрастность изображения, а также повысить общую надежность и долговечность оптической системы.

Ключевые слова: центровка оптических деталей, центрировочная станция, оптические системы

D. M. Ageev^{1✉}, D. M. Nikulin¹

Analysis of methods for centering optical details

¹Siberian State University of Geosystems and Technology, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: 13aaaa.dima09@gmail.com

Abstract. The article analyzes the methods of centering optical details. This technological operation affects the quality of the optical image being created. Monitoring the decentering of lenses and lens systems in the conditions of mass production of optical and optoelectronic devices, systems and devices is an urgent task and allows us to identify technological errors in their manufacture and assembly. The technological and constructive methods of centering optical parts considered in the article make it possible to compare them to identify their advantages and disadvantages. An analysis of the methods of centering optical details has shown that automation of this process increases the accuracy of machining parts and minimizes aberrations, improves image resolution and contrast, and increases the overall reliability and durability of the optical system.

Keywords: centering of optical details, centering station, optical systems

Введение

Научно-технический прогресс в области оптического приборостроения неразрывно связан с совершенствованием технологических процессов изготовления деталей.

Появление новых видов инструментов и приемов работы, применение средств автоматизации и новых форм организации труда изменяют технологические процессы изготовления оптических деталей.

Одной из наиболее перспективных областей применения автоматического оборудования в оптическом производстве является операция центрирования.

Центрирование – это операция обработки деталей по диаметру, при которой оптическая и геометрическая оси совмещаются [1, 2]. Необходимость выполнения операции вызвана следующим: в процессе изготовления деталей из-за неравномерного снятия слоя стекла заготовки линз могут иметь клиновидность, которая характеризуется неравномерностью их толщины по краю.

Классически операция центрирования состоит из трех последовательно выполняемых переходов [3-5]:

- совмещение оптической оси линзы с осью вращения шпинделя станка и фиксация этого положения;
- совмещение базовой оси линзы с оптической путем обработки детали по диаметру до заданного размера;
- удаление алмазным инструментом припуска до заданного диаметра под калибр (скобу).

Обзор существующих методов центрирования

Центрирование обычно производится после полирования обеих сферических поверхностей для устранения разнотолщинности края, получающейся при обработке, а также для обработки детали до заданного диаметра.

Одним из основных методов центрирования оптических деталей является механический метод. Заключается он в установке и фиксации положения линзы зажатием между соосно установленными цилиндрическими самоцентрирующимися патронами, настроенными по упорам с автоматическим получением заданного размера (рис. 1).

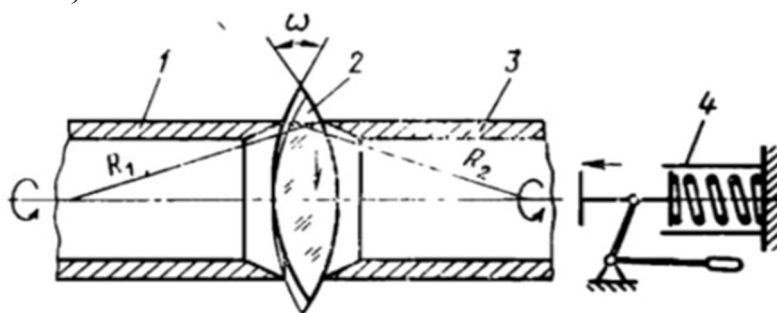


Рис. 1. Центрирование линзы между патронами путем сжатия:

- 1, 3 – самоцентрирующиеся патроны; 2 – центрируемая линза;
4 – пружинное устройство

Известен метод обработки линзы при помощи центрировочного патрона со сдвиговой и поворотной частями, с использованием трубки Забелина, установленной в задней бабке станка (рис. 2) [6].

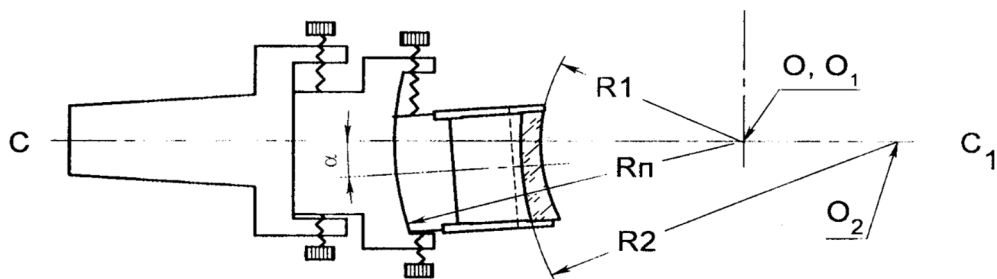


Рис. 2. Центрировочный патрон с установленной линзой:

$C-C_1$ – ось вращения шпинделя; α – угол поворота линзы; O – центр кривизны поворотной части патрона; O_1 – центр кривизны первой поверхности линзы; O_2 – центр кривизны второй поверхности линзы; $R1$ – радиус первой (базовой) поверхности линзы; $R2$ – радиус второй поверхности линзы; Rn – радиус поворотной части патрона

В процессе обработки линзы последовательно центрируют каждую из её поверхностей относительно оси вращения шпинделя. Для этого перемещают сдвиговую часть патрона перпендикулярно оси вращения шпинделя, а затем — поворотную часть патрона.

Особенностью данного метода является то, что при центровке линзы выбирается одна из её поверхностей. Затем линза устанавливается таким образом, чтобы точка выбранной поверхности, определяемая длиной технологической части оправы, находилась в одной плоскости с центром кривизны поворотной части центрировочного патрона.

Известны устройства для центровки оптических элементов с асферическими поверхностями в оправе (рис. 3), центровка которых обычно производится на прецизионных токарных станках [7].

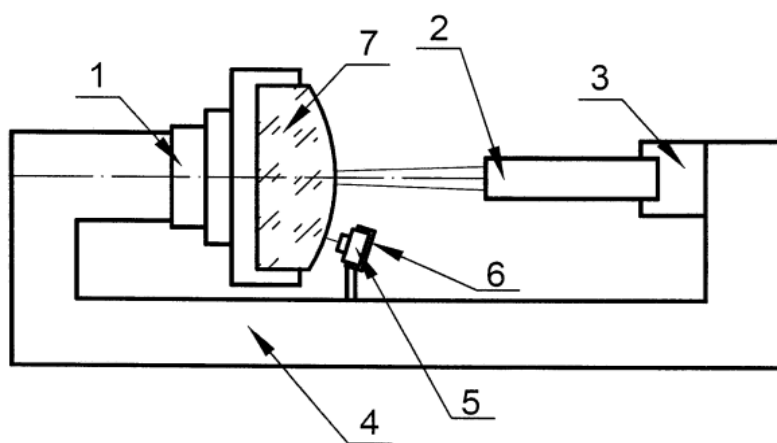


Рис. 3. Схема устройства для центровки оптических элементов с выпуклыми асферическими поверхностями в оправе:

1 – центрировочный патрон; 2 – автоколлимационный датчик; 3 – юстировочное устройство; 4 – станок; 5 – датчик линейных перемещений; 6 – юстировочное устройство датчика линейных перемещений; 7 – оптическая деталь

Недостатком данного устройства является его ограниченная область применения, невозможность обработки оптических деталей с наличием центральных отверстий.

В настоящее время имеется различное автоматизированное оборудование для центрировки линз. На рис. 4 представлена центрировочная станция OptiCentric фирмы TRIOPTICS [8].

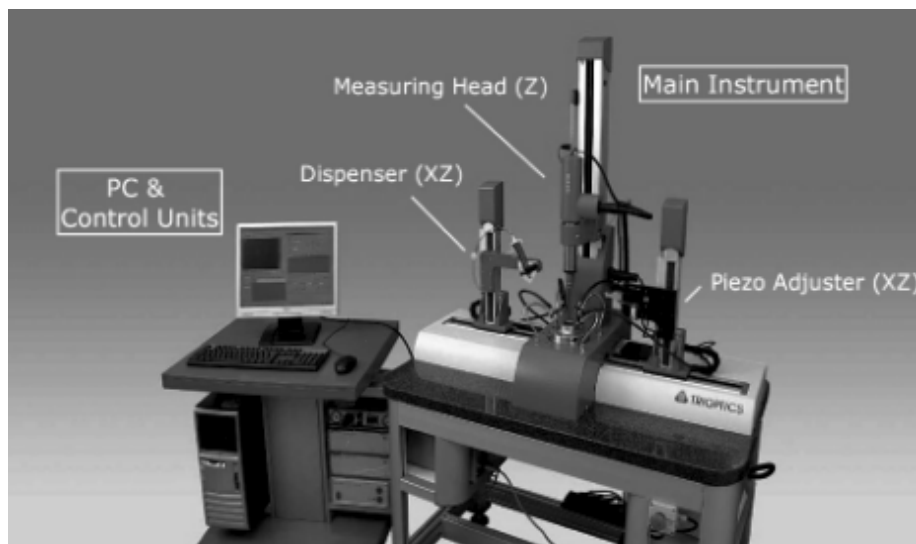


Рис. 4. Центрировочная станция OptiCentric

Для центрировки линзы, ее клеивают в оправу быстроотвердевающим клеем под действием ультрафиолетового излучения и помещают в патрон (цангу) автоматизированного манипулятора для смещения линзы. В данной станции имеется автоматизированный автоколлиматор. К недостаткам такого оборудования можно отнести то, что оно предназначено для центрирования только одной поверхности линзы, вследствие чего у второй поверхности остается децентрировка [9].

Результаты

В табл. 1 представлены результаты сравнения методов центрирования оптических линз.

Таблица 1

Сравнение методов

Метод обработки	Достоинства	Недостатки
С самоцентрирующимися патронами	1. Прост и высокопроизводителен. 2. Позволяет автоматизировать операцию центрирования	1. Невозможно центрировать линзы с поверхностями малой кривизны. 2. Трудоемкость процесса настройки соосности шпинделей станка. 3. Относительно невысокая точность центрировки (не превосходящая 5 мкм) [10]

Метод обработки	Достоинства	Недостатки
Центрировочный патрон со сдвиговой и поворотной частями	1. Повышение производительности центрирования линз. 2. Снятие ограничений на выбор центрировочных поверхностей. 3. Подходит для центрирования склеенных линз.	Поверхность линзы, находящаяся ближе всего к трубке Забелина, не может быть использована или использование её в качестве первой центрировочной поверхности нецелесообразно
Центрирование на прецизионных токарных станках с юстировочным устройством	1. Более точная обработка асферической оптики не более 200 мм в диаметре	Не способно обрабатывать детали с центральным отверстием, а также выпуклых асферических поверхностей большого диаметра
Центрировочная станция OptiCentric	Повышенная точность обработки детали	1. Центрировка только одной поверхности линзы. 2. Дорогое оборудование.

Заключение

В результате выполненных работ был проведен анализ существующих методов центрирования оптических линз. Точное центрирование позволяет улучшить разрешение и контрастность изображения, а также повысить общую надежность и долговечность оптической системы. В данной статье рассмотрены основные методы центрирования, включая механическое центрирование, центрирование с использованием патрона со сдвиговой и поворотными частями, с использованием юстировочного устройства, и центрировочная станция. Каждый метод имеет свои преимущества и недостатки, которые определяют его применимость в конкретных условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бобылева Е. Г. Оптические технологии и материалы. Центрирование линз: методические указания / Бобылева Е. Г., Парко И. В. – Новосибирск : СГУГиТ, 2024. – 6 с. – Текст : непосредственный.
2. Справочник технолога-оптика / М.А. Окатов, Э.А. Антонов, А. Байгожин и др.; Под ред. М.А. Окатова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург : Политехника, 2004. – 679 с. – Текст : непосредственный.
3. Сулим А. В., Производство оптических деталей: А. В. Сулим. Учебник «Производство оптических деталей». – 2-е изд. перераб. и доп. "Высшая школа" Москва, 1969 – 304 с. – Текст : непосредственный.
4. Зубаков В.Г. Технология оптических деталей: учебник для студентов оптических специальностей вузов / В.Г. Зубаков, М.Н. Семибратов, С.К. Штандель. Под ред. М.Н. Семибратова. 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Москва "Машиностроение", 1985. – 368 с. – Текст : непосредственный.

5. Грачева И. Н. Геометрическая оптика. Центрированные оптические системы: методические указания / Грачева И. Н., Филиппова Е. А., Фишман А. И. – Казань: Казан. ун-т, 2017. – 31 с. – Текст : непосредственный.
6. Патент RU 2 442 124 C1 Российская Федерация, МПК: G01M 11/00(2006.01), G01B 11/27 +(2006.01); Способ центрирования линзы: №2010148826/28: заявлено 2010.11.29: опубликовано 2012.02.10 / Андреев В. Н., Погорельский С. Л., Лазарев М. Ю., Золотухин А. В. ; заявитель Государственное унитарное предприятие "Конструкторское бюро приборостроения".
7. Патент RU 201539 U1 Российская Федерация, МПК G01B 11/27(2006.01); Устройство центрировки оптических элементов с асферическими поверхностями в оправках: №2020110310: заявлено 2020.03.10: опубликовано 2020.12.21 / Вензель В. И., Семенов А. А. ; заявитель Акционерное общество "Научно-исследовательский институт оптико-электронного приборостроения".
8. Trioptics.com: официальный сайт. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.trioptics.com> Automated Centering and Bonding Machine.
9. Оптический журнал: / Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики; Конструкторские и технологические методы обеспечения центрировки линзовых систем: С. М. Латыев, Д. М. Румянцев, П. А. Курицын. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://opticjourn.ru/ru/abstract/2013-80-3-92-96>.
10. Буй Динь Бао: специальность 05.11.07 – оптические и оптико-электронные приборы и комплексы: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: Анализ и разработка методов центрировки линз и линзовых систем / Буй Динь Бао. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.dissercat.com/content/analiz-i-razrabotka-metodov-tsentrirrovki-linz-i-linzovykh-sistem>.

© Д. М. Агеев, Д. М. Никулин, 2025