

О ВЫБОРЕ НАЧАЛЬНОЙ СТОРОНЫ ОБРАБОТКИ СФЕРИЧЕСКОЙ СТЕКЛЯННОЙ ЛИНЗЫ

Данил Андреевич Гурин

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, магистрант кафедры фотоники и приборостроения, тел. (983)322-43-88, e-mail: danil.gurin@bk.ru

Павел Вадимович Петров

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры фотоники и приборостроения, тел. (905)958-50-92, e-mail: krasko.petroff@yandex.ru

В статье анализируется выбор начальной стороны обработки сферической стеклянной линзы. Анализ выполнялся на основе опроса сотрудников оптического цеха и знакомства с описанием типового технологического процесса изготовления линз на одном из приборостроительных предприятий Новосибирска, а также путем ретро-обзора технических изданий по изготовлению оптических деталей. Выявлены две схемы принятия решения о начальной стороне обработки сферической линзы: выбор (назначение) или расчет по формуле. Сформулированы результаты анализа и определены задачи дальнейшего исследования.

Ключевые слова: стеклянная оптическая линза, выбор начальной стороны обработки, расчет последовательности обработки сторон линзы, формализуемые технологические зависимости, системный подход, анализ, опрос сотрудников оптического цеха, обзор технической литературы

ABOUT THE CHOICE OF THE INITIAL SIDE OF A SPHERICAL GLASS LENS PROCESSING

Danil A. Gurin

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Graduate, Department of Photonics and Device Engineering, phone: (983)322-43-88, e-mail: danil.gurin@bk.ru

Pavel V. Petrov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Photonics and Device Engineering, phone: (905)958-50-92, e-mail: krasko.petroff@yandex.ru

The article analyzes the choice of the initial side of a spherical glass lens processing. The analysis was carried out on the basis of a survey of employees of the optical shop and familiarization with the description of a typical technological process for manufacturing lenses at one of the instrument-making enterprises in Novosibirsk, as well as by a retro-review of technical publications on the manufacture of optical parts. Two schemes of decision-making about the initial side of spherical lens processing are revealed: selection (assignment) or calculation by formula. The results of the analysis are formulated and the tasks of further research are defined.

Keywords: glass optical lens, selection of the initial processing side, calculation of the processing sequence of the lens sides, formalized technological dependencies, analysis, survey of optical shop employees, review of technical literature

Введение

Стандартную оптическую стеклянную линзу и металлическую деталь типа «втулка» или «валик» объединяет то, что эти детали относятся к телам вращения [1]. При изготовлении тех и других возникает, в частности, задача о начальной стороне обработки. Для металлических тел вращений начальной стороной выбирается та, с которой можно обработать наибольшее число поверхностей [2]. Возможен другой вариант: с учетом задания технических требований к взаимному расположению поверхностей. В этом случае вначале обрабатывается та сторона, на которой расположены поверхности, служащие чистой технологической базой для остальных поверхностей [2]. При изготовлении сферической стеклянной линзы однозначный выбор начальной стороны не очевиден, притом что, как и для металлических тел вращения, задача является традиционной.

Вывод о неочевидности выбора начальной стороны сделан на основе опроса специалистов, работающих в реальных производственных условиях, а также с учетом соответствующих данных в учебниках, справочниках и производственных изданиях [3-10]. Анализ данной задачи позволил установить зависимость ее решения от ряда факторов и определенную технологическую закономерность в принятии решения [11,12].

Методы и материалы

Для получения результатов использовались системный подход, поиск, анализ и обобщение информации, полученной из справочной и производственно-технической литературы по теме статьи, а также опроса специалистов приборостроительного предприятия.

Результаты

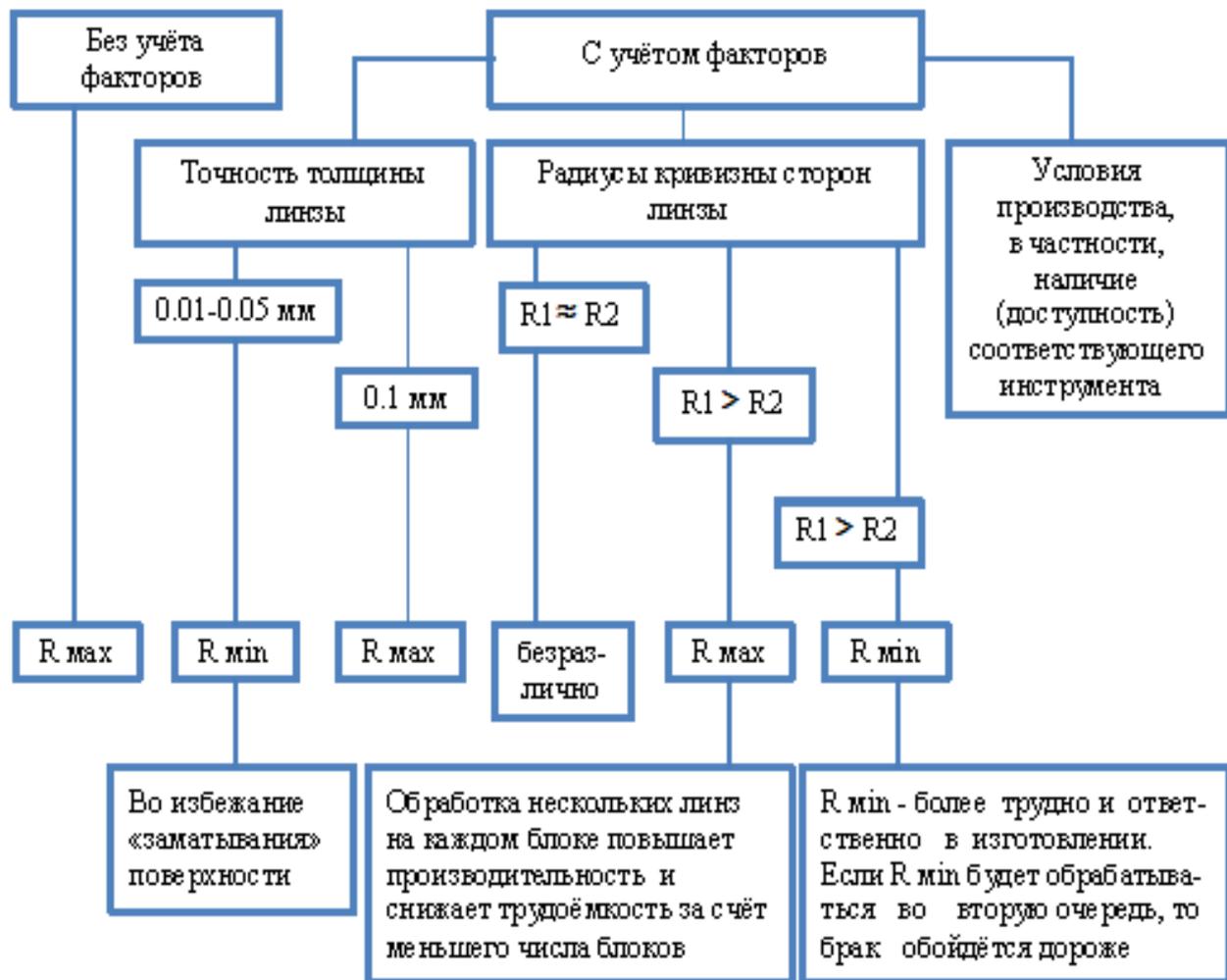
Обобщение мнений по выбору первой стороны обработки линзы, высказанных технологами и станочниками оптического цеха одного из приборостроительных заводов, схематично представлено на рисунке.

Ниже авторами статьи представлены комментарии к проведенному опросу сотрудников оптического цеха.

- Согласно утверждению работников бюро подготовки производства, в начале должна обрабатываться сторона с большим радиусом кривизны (более пологая). Однако никаких обоснований этому высказано не было.

- По мнению одного из цеховых технологов, «при повышенных требованиях к точности на толщину линзы (допуск $0.01 \div 0.05$ мм) первой обрабаты-

вают крутую сторону (во избежание «заматывания» поверхности); при средней точности на толщину линзы (допуск 0,1 мм) первой обрабатывают пологую сторону». Случай влияния точности толщины линзы на порядок обработки её сторон требует подтверждения, т.к. мнения одного специалиста явно не достаточно.



Варианты выбора первой стороны линзы сотрудниками оптического цеха приборостроительного предприятия

- По мнению мастера оптического цеха с инженерным образованием, «при близких значениях радиусов кривизны сферических сторон линзы ($R_1 \approx R_2$) порядок безразличен. При существенном различии R_1 и R_2 обработку следует начинать с более пологой (R_{max}) стороны. Выбор более пологой стороны в качестве первой объясняется большей производительностью и меньшей трудностью обработки. Если начинать с крутой стороны, понадобится большее число блоков. Эта работа может оказаться напрасной в случае брака при обработке пологой на производительных по числу линз блоках».

С безразличным порядком обработки при сопоставимых значениях R сторон линзы можно согласиться только для сторон одного знака (только выпуклых, или только вогнутых). В случае одинаковой кривизны сторон разного знака более сложной в обработке считается вогнутая поверхность [9], и согласно того же источника, «чем ... выше сложность её изготовления, тем позже её обрабатывают» [9].

- По мнению станочника оптического цеха высокой квалификации «обработку следует начинать с более крутой поверхности, как более трудной в изготовлении; брак при обработке такой стороны во вторую очередь (после пологой) будет иметь большие последствия. Во многом, порядок обработки сторон диктуется также условиями производства, в частности, наличием соответствующего инструмента».

Влияние доступности инструмента на порядок обработки возможно, но вряд ли встречается часто.

- В общем случае, в число основных факторов, влияющих на выбор начальной стороны обработки линзы, входят:

- радиус кривизны сферических поверхностей линзы;
- точность толщины линзы по центру;
- доступность инструмента для обработки;
- производительность обработки и возможность брака.

Выяснение данного вопроса в технических изданиях по технологии изготовления оптических линз составило самостоятельное ретро-исследование [3-9]. Результаты исследования приведены в таблице.

Опираясь на приведенную в таблице информацию, можно сделать ряд выводов.

- Утверждение 66-летней давности об отсутствии «достаточного обоснования выбора первой поверхности линзы ... не имеется» остается актуальным.

- Рекомендации 1955 года о выборе для обработки начальной стороны линзы полностью пересмотрены к 2004 году на противоположные. Если изначально обработку начинали с поверхности наибольшей кривизны, то на сегодня рекомендуют начинать обрабатывать с более пологой стороны.

- Основными факторами, влияющими на выбор начальной стороны обработки линзы, можно считать:

- радиус кривизны сферической поверхности линзы;
- знак кривизны поверхности (выпуклая, вогнутая);
- наличие или отсутствие шамотной стороны;
- «минимальные затраты и издержки производства».

Знакомство с описанием типового технологического процесса механической обработки линз всех типов диаметром от 5 до 70 мм, применяемого на сегодня на заготовительном участке одного из действующих приборостроительных предприятий Новосибирска, показало, что обработку необходимо начинать с более пологой стороны.

N/N	Выбор начальной стороны обработки линзы соответствующего типа							Автор, год, N/N в списке литературы
	Общие утверждения безотносительно к типу линзы, приведенные в соответствующем издании	 двояко- выпуклая линза	 двояко- вогнутая линза	 плоско- выпуклая линза	 плоско- вогнутая линза	 отрица- тельный мениск	 положи- тельный мениск	
1	"Последовательность обдирки сторон прессовки в настоящее время не установлена". "Достаточного обоснования выбора первой поверхности линзы при средней и мелкой шлифовке блока в настоящее время не имеется". "При наличии шамотной стороны обработка прессонок начинается с отшлифовки шамота". "В большинстве случаев сферы начинают обрабатывать с поверхности, имеющей большую кривизну, как наиболее трудную в обработке. Однако можно начинать обработку и с поверхности меньшей кривизны.	R_{min}	R_{min}	R_{max} (иногда R_{min})	R_{min}	R_{max} (иногда R_{min})	R_{min}	Бардин А.Н., 1955, [3]
2	"Грубое шлифование прессонок начинается со стороны с меньшим радиусом, как более чистой". "При жестком креплении линзы первой, как правило, обрабатывается вогнутая или с меньшей кривизной".	обдирка R_{max} шлифова- ние R_{min}	—	—	—	—	—	Сулим А.В., 1975, [4]
3	—	R_{max}	R_{max}	R_{max}	R_{min}	R_{max}	R_{min}	Семибратов М.Н., 1978, [5]

N/N	Выбор начальной стороны обработки линзы соответствующего типа						Автор, год, N/N в списке литературы	
	Общие утверждения безотносительно к типу линзы, приведенные в соответствующем издании	 двояко- выпуклая линза	 двояко- вогнутая линза	 плоско- выпуклая линза	 плоско- вогнутая линза	 отрица- тельный мениск		 положи- тельный мениск
4	"Первой обрабатывают поверхность, загрязненную шамотом". "Очередность обработки поверхностей заготовок назначают исходя из условий минимальных затрат труда и издержек производства".	—	—	—	—	—	—	Кузнецов С.М., 1981, 1983, [6, 7]
5	"Предпочтительно начинать обработку с шамотной стороны". "Грубое шлифование начинают с шамотной корки".	—	—	—	—	—	—	Зубаков В.Г., 1985, [8]
6	"Поверхности обрабатывают в последовательности, обратной их точности, т.е. чем точнее должна быть поверхность, а следовательно, и выше сложность её изготовления, тем позже её обрабатывают". "... сложность выше при обработке вогнутой поверхности по сравнению с выпуклой при их равной относительной кривизне". "У заготовок с одинаковой глубиной залегания дефектов первой обрабатывают поверхность с меньшей кривизной".	R_{\max}	R_{\max}	R_{\max}	R_{\max}	R_{\min}	R_{\max}	Окатов М.А., 2004, [9]

Обсуждение

В общей сложности сложились две схемы принятия решения о начальной стороне обработки сферической линзы: выбор (назначение) или расчет по формуле.

Для случая обработки шамотной прессовки за начальную сторону принимается поверхность линзы любого типа с шамотной коркой. Согласно стандарту [10], «для прессованных заготовок линз вогнутой и выпуклой формы шамотная сторона должна быть со стороны большего (по абсолютной величине) радиуса».

Для случая обработки без шамотной заготовки линзы начальной является наиболее пологая поверхность, кроме отрицательного мениска, у которого первой обрабатывается поверхность с наибольшей кривизной.

Несмотря на доминирующий порядок обработки, в заводской практике допускается обратная последовательность.

Расчет по формуле [6, 7] обеих возможных последовательностей с последующим их сравнением предусмотрен только в теоретическом (книжном) варианте и не применяется, насколько нам известно, непосредственно на производстве. Преимущества расчетов очевидны: они дают количественную меру преимущества одной последовательности в сравнении с другой; объективны; выполняются автоматически по программе и соответствуют идеологии цифровизации производства. Однако наличие существенных недостатков объясняет неприменимость данной схемы на практике. Во всяком случае, на сегодняшний день. Главная проблема состоит в достоверности полученных результатов. Переменные в формуле имеют усредненные значения и потому не точны. Например, не точны процентные операционные надбавки, штучные операционные трудоемкости и стоимости обработки, так как даны в отношении соответствующих типовых операций, выполняемых среднестатистическим специалистом на типовом оборудовании. Возможно поэтому в последнем издании справочника технолога-оптика [9] расчетная схема принятия решения о начальной стороне обработки сферической линзы даже не упоминается.

Для получения достоверных результатов расчетная формула должна учитывать субъективный человеческий фактор, а именно, мастерство каждого конкретного исполнителя обработки в части, например, возможного брака, качества обработки и производительности. Решение данной задачи представляет собой отдельную не простую проблему.

Заключение

Анализ существующих и построение новых формализуемых технологических зависимостей (закономерностей) должен выполняться системно, по соответствующей нормализованной методике, прежде всего, в условиях действующего приборостроительного предприятия, с привлечением, в случае

необходимости, официальных технических изданий в печатном или электронном виде.

Анализ выбора начальной стороны обработки сферической стеклянной линзы был выполнен на основе доступных официальных технических изданий по технологии обработки оптических деталей, описания заводских типовых технологических процессов изготовления линз, а также очных свидетельств высококвалифицированных специалистов оптического профиля одного из действующих приборостроительных предприятий Новосибирска. Последнее наиболее важно, поскольку результаты анализа имеют прикладное значение и нужны для конкретного потребителя. К сожалению, опрос специалистов был ограничен небольшим числом респондентов, поэтому результаты недостаточно информативны. Необходимо расширить круг опрашиваемых квалифицированных исполнителей, прежде всего для выяснения аргументации в пользу того или иного порядка обработки.

Таким образом, наиболее предпочтительный порядок обработки сторон линзы определен, однако он не является жестким. Неоднозначность последовательности обработки объясняется влиянием традиций производства, предпочтением конкретного исполнителя и, возможно, в ряде случаев несущественным влиянием на качество и трудоемкость обработки изделия в целом.

Расчетный принцип выбора порядка обработки является наиболее объективным и перспективным, как элемент автоматизированной подготовки оптического производства, однако требует совершенствования за счет обеспечения достоверности исходных данных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иллюстрированный определитель деталей общемашиностроительного применения [Текст] : Руководящий техн. материал : Кл. 40 и 50 Общесоюз. классификатора пром. и с.-х. продукции. – Москва : Изд-во стандартов, 1977. – 238 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя [Текст]. В 2-х т. Т. 1/Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
3. Бардин А.Н. Технология оптического стекла [Текст] : /Учебник для приборостроит. фак. вузов. – М., 1955. – 495 с.
4. Сулим А.В. Производство оптических деталей [Текст], М., Высшая школа, 1975. – 316 с.
5. Технология оптических деталей [Текст] /Под ред. М.Н. Семибратова, М., Маш., 1978. – 368 с.
6. Арзуманов Р. М. Автоматизация оптического производства [Текст]: учеб. пособие / Р. М. Арзуманов, С. М. Кузнецов. – Л. : ЛИТМО, 1981. – 88 с.
7. Справочник технолога-оптика [Текст] /Под общ. ред. С.М. Кузнецова, М.А. Окатова, Л., Маш., ЛО., 1983. – 404 с.
8. Зубаков В.Г., Семибратов М.Н., Штандель С.К. Технология оптических деталей [Текст], М., Маш., 1985. – 368 с.
9. Справочник технолога-оптика [Текст]/Под ред. М.А. Окатова, СПб.: Политехника, 2004. – 679 с.
10. ГОСТ 13240-78. Заготовки оптического стекла. Технические условия [Текст] : гос. стандарт СССР. - Введ. 01.01.1980 – М., Изд. стандартов, 1978. – 24 с.

11. Квитовский О.А., Никитин К.С., Петров П.В. Поиск и анализ технологических закономерностей в оптическом приборостроении/ Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XV Междунар. науч. конгр., 24-26 апреля 2019 г., Новосибирск [Текст] : сб. материалов в 9 т. Т. 7 : Международная научно-технологическая конференция студентов и молодых ученых «Молодежь. Инновации. Технологии». – Новосибирск: СГУГиТ, 2019. – С. 16–21.

12. Гурин Д.А., Петров П.В. Особенности построения технологических закономерностей в современных условиях оптического приборостроения/ Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XVI Междунар. науч. конгр., 18 июня – 8 июля 2020 г., Новосибирск [Текст] : сб. материалов в 8 т. Т. 6 : Магистерская научная сессия «Первые шаги в науке». – Новосибирск : СГУГиТ, 2020. № 1. – С. 119-124.

© Д. А. Гурин, П. В. Петров, 2021