

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«СИБИРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ»
(ФГБОУ ВПО «СГГА»)

Институт оптики и оптических технологий

Кафедра метрологии и технологии оптического производства

ОПИСАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
ОПТИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Новосибирск
СГГА

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ТВЕРДОСТИ ПО СОШЛИФОВАНИЮ ОПТИЧЕСКИХ СТЕКОЛ

Цель работы:

Ознакомиться с задачами и методами определения твердости стекла, с устройством и работой шлифовально-полировального станка.

Темы, которые необходимо изучить в процессе подготовки, выполнения и защиты лабораторной работы:

Механические характеристики стекла.

Основы процесса обработки поверхностей оптических деталей.

Обрабатываемые и вспомогательные материалы и инструменты.

Закономерности процесса шлифования стекла.

Необходимые материалы и оборудование:

1. Шлифовальный станок.
2. Весы.
3. Одинаковые образцы стекол, один из которых изготовлен из стекла марки К8.
4. Плоские наклеечные и шлифовальные инструменты.
5. Абразивный порошок, кисть.
6. Спиртовка.
7. Наклеечная смола.
8. Фланелевая салфетка.
9. Деревянный молоток.
10. Тазик с водой.

Теоретическая часть

Твердость является одной из наиболее важных характеристик оптического стекла, в значительной степени определяющей производительность получения готовой детали и применение тех или иных технологических приемов для ее обработки. Чем тверже материал, тем больше усилий нужно затратить на шлифование и полирование заготовки; в то же время мягкое стекло легко царапается и, следовательно, на нем трудно получить высокую чистоту полированных поверхностей. В зависимости от твердости оптических материалов назначаются виды микропорошков.

Как и прочие свойства стекла, твердость его связана с химическим составом. Такие компоненты, как M_2O_3 , B_2O_3 , и SiO_2 повышают твердость, а оксиды K_2O , Na_2O и PbO - снижают.

Как известно, твердостью называют свойство материала сопротивляться изменению своей формы под воздействием внешних механических усилий. Существуют различные способы определения твердости или микротвердости стекла; из них на практике наиболее часто используют склерометрический метод или метод царапин и метод сошлифования.

Для реализации первого применяют склерометр - прибор, имеющий определенным образом заточенную алмазную иглу и подвижную каретку, на которую устанавливают испытуемую заготовку. Иглой, с приложенной к ней определенной нагрузкой, царапают образец стекла, а затем измеряют величину нагрузки на иглу, необходимую для получения на образце царапины определенной ширины.

Микротвердость материала определяется на микротвердомерах по величине микроотпечатка алмазного или другого индектора, вдавливаемого под определенным усилием в образец, что составляет обычно 9000-10000 Мн/м у обычных силикатных стекол.

Очевидно, чем шире царапина или чем меньше давление на иглу требуется для получения царапин, тем мягче стекло.

Твердость стекла в рамках того же склерометрического метода можно характеризовать с помощью так называемой шкалы Мооса, в которой материалы расставлены в порядке увеличения их царапающих свойств (таблица 1).

Таблица 1

Шкала Мооса

Вид материала	Твердость по шкале Мооса
Тальк	1
Каменная соль	2
Кальцит	3
Плавиновый шпат (флюорит)	4
Апатит	5
Полевой шпат	6
Кварц	7
Топаз	8
Корунд	9
Алмаз	10

Метод сошлифования или абразивной твердости сводится к определению относительной твердости испытуемого материала по сравнению с эталонным образцом из стекла К8. Относительную твердость К8 по сошлифованию обычно определяют отношением объема V сошлифованного стекла К8 к объему стекла

марки X сошлифованного при тех же условиях и с образца тех же размеров.

$$\hat{E}_\delta = \frac{V^{\hat{E}8}}{V^{\hat{\delta}}}$$

Относительная твердость K_t наиболее распространенных сортов оптических стекол лежит в диапазоне 0,7 - 1,0; у стекол марок ТФ, БФ и Ф равна 0,5-0,6; у стекол ЛК5, ТБФ и некоторых других составляет 1,3-1,7.

Ход работы:

1. Ознакомиться с методическими указаниями к лабораторной работе и инструкцией по технике безопасности.
2. Взвесить образцы стекол марки К8 и марки Х с точностью 0,01 г.
3. Наклеить образцы стекол марки К8 и марки Х на наклеечные диски и шлифовать их 15 минут при одинаковых режимах, нанося одинаковые порции заранее приготовленной абразивной суспензии. Выключить станок.
4. Отклеить, промыть и взвесить образцы.
5. Определить объемы сошлифованного стекла. Плотность стекол в *таблице 2*.

Таблица 2

Плотность оптических стекол

Марка стекла	Плотность, г/см ³	Марка стекла	Плотность, г/см ³	Марка стекла	Плотность, г/см ³
ЛК5	2,27	Ф9	2,93	Ф7	3,63
ЛК6	2,30	БК12	3,02	Ф13	3,63
ЛК7	2,30	ЛФ11	3,02	БФ11	3,66
ЛК8	2,32	ТК12	3,06	БФ12	3,67
ЛК1	2,33	БФ18	3,07	БФ14	3,67
ЛК4	2,33	ТК1	3,08	Ф4	3,67
К1	2,36	БК9	3,10	БФ13	3,82
К2	2,38	БК10	3,12	БФ25	3,86
ЛК3	2,46	ТФ11	3,14	ТФ1	3,86
К3	2,47	Ф3	3,15	ТК21	3,98
К5	2,47	БФ6	3,16	ТФ8	4,23
КФ5	2,50	ТК2	3,20	ТФ7	4,52
К8	2,52	ЛФ5	3,23	БК11	2,91
ЛФ12	2,54	БФ7	3,23	БФ4	2,92
ОФ1	2,56	БФ8	3,28	БФ23	2,92
СТК3	2,57	ТК3	3,29	ТК7	3,60
ФК1	2,58	Ф6	3,48	Ф8	3,61
К16	2,58	ТК14	3,51	ТК8	3,61
К20	2,61	ТК16	3,56	ТК9	3,62
БК8	2,85	ТК20	3,58	Ф1	3,58

БК6	2,86	ТК4	3,58	БФ1	3,67
ЛФ1	2,86	Ф2	3,61		

6. Определить относительную твердость по сошлифованию исследуемого стекла.

7. Занести результаты в отчет установленного образца.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зубаков В. Г. Технология оптических деталей. – М.: Машиностроение, 1985. – 368 с.

2. Физико-химические основы производства оптического стекла. / Под ред. Л. И. Демкиной. – М.: Химия, 1976. – 456 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИЙ ОПТИЧЕСКОГО СТЕКЛА ПО ДВОЙНОМУ ЛУЧЕПРЕЛОМЛЕНИЮ

Цель работы:

Уяснить сущность двойного лучепреломления, причины его возникновения. Ознакомиться с методикой определения категорий двойного лучепреломления. Научиться правильно назначать категории по двойному лучепреломлению на оптические детали различного назначения.

Темы, которые необходимо изучить в процессе подготовки, выполнения и защиты лабораторной работы:

- двойное лучепреломление стекла [1];
- показатели качества оптических бесцветных стекол [2].

Необходимое оборудование, инструменты, материалы:

- поляриметр-полярископ ПКС-56;
- образцы стекла;
- спирт, салфетка.

Теоретическая часть

В отличие от металлов, структура которых представляет собой правильную кристаллическую решетку, стекла аморфны, то есть их атомы и молекулы разобщены, разориентированы. Однако, это не значит, что атомы занимают произвольные положение и расстояния относительно друг друга. Они соответствуют минимальному запасу свободной энергии. Любое смещение атомов относительно этого стабильного состояния вызовет внутренние напряжения.

Например, в процессе охлаждения стекла после отжига краевые участки остывают раньше центральных, препятствуя внутренним атомам занять стабильное положение, межатомные связи будут искажены, возникнут внутренние напряжения. Это снижает механическую прочность стекла, а иногда может привести к самопроизвольному разрушению. Избавиться от внутренних напряжений такого рода можно, произведя тонкий отжиг, то есть, нагревая заготовки стекла до определенной температуры, а затем медленно охлаждая их.

Внутренние напряжения возникают вблизи мест приложения сил при закреплении заготовок зажимами во время обработки. Обработанные в напряженном состоянии поверхности, после снятия нагрузки будут стремиться принять стабильное положение и исказятся. Это вызовет ухудшение качества изображения, поэтому всегда следует при проектировании приспособлений стремиться к равномерному распределению усилий крепления, то есть крепить по поверхности через эластичные прокладки, бумагу, картон, ткань.

Напряжения возникают также в процессе эксплуатации оптических приборов, когда оправа из-за температурного расширения сжимает оптическую деталь. Поэтому для приборов, работающих в условиях большого перепада температур, подбирают материал оправы с близким к стеклу коэффициентом температурного расширения, просчитывают посадки, а крупные детали крепят через упругие элементы, пружинные кольца, эластичные прокладки.

Кроме снижения механической прочности, внутренние напряжения в стекле вызывают двойное лучепреломление, которое заключается в разделении луча, входящего в стекло на два, поляризованных в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Обыкновенный луч подчиняется законам геометрической оптики и имеет показатель преломления n_o , показатель преломления n_e в зависимости от направления распространения (рис. 1). Двоение изображения ухудшает качество изображения и разрешающую способность прибора. Существует связь между двойным лучепреломлением, выраженным изменением показателя преломления Δn и механическим напряжением δ .



Рис. 1. Ход обыкновенного и необыкновенного лучей

$$\Delta n = B \times \delta = \frac{\delta}{d} \quad (1)$$

где B — оптический коэффициент напряжения;

δ – разность хода лучей, возникающая при прохождении поляризованного света через напряженный образец, *нм*;

d – толщина образца, *см*.

Согласно ГОСТ 3519-80, оптическое стекло в заготовках размером до 300 мм разделяется по двойному лучепреломлению на 6 категорий в соответствии с таблицей 3. В этом случае разность хода измеряется в середине заготовки в направлении ее наибольшего размера.

Величина этой разности хода не имеет прямой связи с оптической однородностью стекла, а служит для оценки прочности заготовки и характеризует напряжения, влияние которых проявляется при механической обработке детали. Для оценки последнего фактора экспериментально найдена формула, справедливая для стекла марки К8:

$$N = 1,1 \times \frac{10 \times d}{\delta} \dots\dots\dots(2)$$

где N – искривление поверхности, выражаемое числом интерференционных колец в пределах диаметра заготовки;

d – толщина заготовки, *см*;

δ – разность хода, измеренная в направлении диаметра заготовки, *нм/см*.

Расчет по формуле (2) показывает, что для большей части линз окуляров, сеток, и защитных стекол можно применять стекло с напряжениями, отвечающими 4-й категории; для линз объективов и оборачивающих систем необходимо применять стекло 3-й категории; для призм и зеркал 1-2 категории.

Таблица 3

Допуски на двойное лучепреломление

Категория	1	2	3	4	5	6
Двойное лучепреломление, нм/см, не более при оптическом коэффициенте напряжения 10,1 Па	2	6	10	15	50	80

Если кругление пластин и центрирование линз проводится до полирования, допустимые напряжения можно увеличить до 50 нм/см, если последней операцией будет кругление или фрезерование, то для сохранения оптической точной поверхности стекло должно отвечать качеству на одну-две категории выше.

В случае небольших заготовок двойное лучепреломление, измеренное в направлении наибольшего размера, не может оказывать существенного влияния на качество оптической системы, поэтому в мелких заготовках нет необходимости нормировать двойное лучепреломление.

Оптико-поляризационный метод исследования напряжений в стекле

Наиболее распространенный метод контроля напряжений в стекле — это метод просмотра изделия в поляризованном свете. Испытуемый образец *1* с плоскопараллельными полированными сторонами (рис. 2), помещают между двумя поляризационными элементами № 1 и № 2, роль которых могут исполнять Николи. Параллельный пучок естественного света, упав на поляризатор № 1, преобразуется в линейно поляризованный, последний падая на образец *1*, имеющий внутренние напряжения, в соответствии с вышеизложенным разделяется на обыкновенный и необыкновенный лучи. Эти лучи выходят из образца с накопленной разностью хода δ , пропорциональной величине внутренних напряжений и толщине заготовки *d*.

Поскольку, обыкновенный и необыкновенный лучи, образованные линейно-поляризованным светом являются когерентными, из Николя № 1, выходят два когерентных луча, распространяющихся в одном направлении. Различие в скоростях этих лучей внутри образца приводит к возникновению некоторой разности хода между ними. Таким образом, вышедшие два луча удовлетворяют всем условиям для возникновения интерференции.

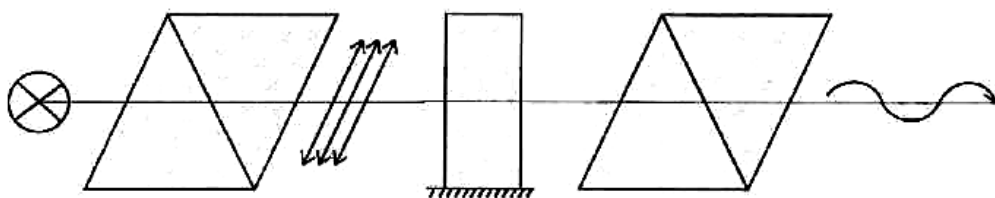
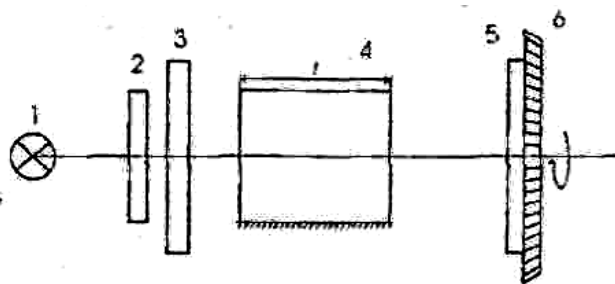


Рис.2. Схема опико-поляризационного исследования напряжений в стекле

На поверхности образца возникает система светлых и темных интерференционных полос. Измерение разности фаз производится при помощи Николя № 2, поворот которого компенсирует (уничтожает) получившуюся разность фаз.

В оптическом производстве точное измерение напряжений в стекле производится с помощью полярископа-поляриметра ПКС-56, принципиальная схема которого приведена на рисунке 3:



- 1 – источник света (лампа 100 Вт);
- 2 – матовое стекло;
- 3 – поляризатор;

- 4 – исследуемый образец на столике;
- 5 – анализатор и кварцевая четверть-волновая пластина, образующая компенсатор Сенармона

Рис. 3. Полярископ-поляриметр ПКС-56

Измерение двойного лучепреломления производится в следующей последовательности. Включив источник света, устанавливают анализатор в нулевое положение (при этом поле зрения прибора должно быть окрашено в пурпурный цвет). Снимают отчет λ_0 по лимбу. Затем поворачивают анализатор немного в сторону, вновь приводят в нулевое положение и делают новый отсчет по лимбу. Эта операция повторяется несколько раз, после чего вычисляется среднее нулевое значение λ_0 . Далее на столик в промежуток между анализатором и поляризатором устанавливают образец стекла наибольшим размером по направлению просмотра. При наличии в образце остаточных напряжений возникает двойное лучепреломление, в поле зрения прибора на торце детали появляются светлые и темные интерференционные полосы. Анализатор поворачивают до тех пор, пока темные полосы не переместятся в середину образца и не сольются в одну общую полосу. Это положение анализатора соответствует компенсации разности фаз, поэтому его фиксируют по лимбу компенсатора.

Операцию повторяют несколько раз, вычисляют среднее значение λ_{cp} угла поворота анализатора и подставляют в формулу (3) для определения разности хода δ :

$$\delta = 3 \frac{(\lambda_{cp} - \lambda_0)}{d} \quad (\text{нм} / \text{см}), \quad (3)$$

где d — толщина образца в направлении просмотра, см;

δ — разность хода обыкновенного и необыкновенного лучей.

Качественное распределение напряжений в стекле контролируют с помощью полярископа, например, полярископа ПКС-500 (рис. 4).

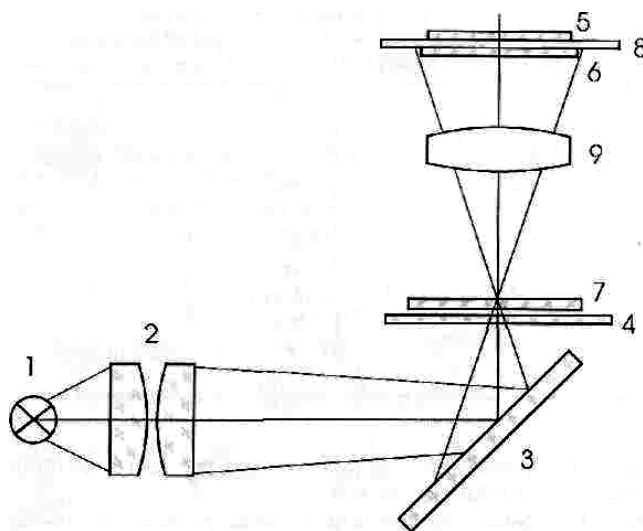


Рис. 4. Оптическая схема полярископа ПКС-500

Пучок света от лампы 1, пройдя конденсор 2, зеркало 3 и поляризатор 4,

выходит из поляризатора плоско-поляризованным. Пройдя через контролируемый образец 5, в котором имеются напряжения, плоско-поляризованный свет разлагается на два луча: обыкновенный и необыкновенный, плоскости колебаний которых взаимно перпендикулярны и сдвинуты по фазе в зависимости от характера напряжений и длины хода луча в контролируемом изделии.

Анализатор 6 приводит колебания обыкновенного и необыкновенного лучей в одну плоскость, в результате чего происходит интерференция света и возникает цветная окраска, цвет и яркость которой определяется напряжениями в стекле. Для увеличения чувствительности изменения окраски в оптическую схему полярископа вводят кварцевую пластинку 7, создающую разность хода обыкновенного и необыкновенного лучей, равную 572 нм, что вызывает пурпурно-фиолетовую окраску поля полярископа на матовом стекле 8 и проецируется с помощью объектива 9.

Разность хода 8 в образце характеризуется отступлением от пурпурно-фиолетового цвета свободного поля полярископа и приблизительно определяется по *таблице 4* интерференционных цветов.

Таблица 4

Таблица интерференционных цветов

		Разность хода, нм
Желтый	325	
Желто-зеленый	275	
Зеленый	200	Вычитание цветов
Голубовато-зеленый	145	
Голубой	115	
Пурпурно-фиолетовый	0	
Красный	25	
Оранжевый	130	
Желтый	260	
Светло-желтый	200	Сложение цветов
Белый	310	

Ход работы:

1. Изучить методику определения двойного лучепреломления на ПКС-56.
2. Получить задание у преподавателя.
3. Настроить полярископ-поляриметр ПКС-56, произвести измерения и определить категории по двойному лучепреломлению у образцов.
4. Заполнить отчет установленной формы.

Вопросы к защите:

1. Двойное лучепреломление, причины возникновения и влияние его на качество изображения.
2. Измерение двойного лучепреломления. Категории по двойному луче-

преломлению.

3. Требования к стеклу по двойному лучепреломлению к оптическим деталям и сборочным единицам различного назначения.

4. Сущность поляризационно-оптического метода контроля двойного лучепреломления.

5. Описание установки ПКС-56.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Физико-химические основы производства оптического стекла. / Под ред. Л. И. Демкиной. – М.: Химия, 1976. – 456 с.

2. Зубаков В. Г. и др. Технология оптических деталей. – М.: Машиностроение, 1985. – 368 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

КОНТРОЛЬ БЕССВИЛЬНОСТИ ОПТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы:

Овладеть методами определения категорий бессвильности в заготовках оптических деталей.

Научиться устанавливать требования по бессвильности с учетом назначения оптических деталей.

Темы, которые необходимо изучить для освоения материала в процессе подготовки, выполнения и защиты:

1. Дефекты оптических материалов, применяемых для изготовления оптических деталей [1], глава 1.

2. Контроль бессвильности [2],[3].

Необходимые материалы и оборудование:

1. Образцы стекол со свиллями.

2. Лупа и динаметр.

3. Весы.

4. Настольная лампа.

5. Экран черный металлический, черный бархат.

6. Спирт, салфетка из бязи, беличья кисть.

Теоретическая часть

В настоящей работе рассматриваются дефекты оптических материалов, бессвильность и пузырность, причины их образования, рекомендации по назначению, методы контроля.

Виды дефектов оптического стекла

Свилли - это прозрачные нитевидные или слоистые включения в стекле с иным по сравнению с окружающей массой стекла показателем преломления вследствие различного химического состава.

Рассмотрим подробнее причины возникновения этих дефектов, их влияние

на качество изображения, а также способы их контроля.

Существует два источника образования свилей: варочный сосуд и свободная поверхность расплава. Под действием высокой температуры при варке стекла компоненты варочных горшков (керамических или кварцевых) вступают во взаимодействие со стекломассой, растворяются в ней, образуя слой, богатый продуктами разрушения. При перемешивании этот слой образует в стекломассе ленточные зоны с резко отличным показателем преломления. Иногда такой же эффект создают крупные куски тугоплавких компонентов, которые не успевают за время варки стекла полностью раствориться в стекломассе и лишь вытягиваются в направлении вращения мешалки. Оптическое стекло имеет сложный химический состав. Некоторые его компоненты, окисляясь на воздухе, образуют летучие вещества, которые испаряясь из поверхностного слоя, изменяют его состав, а значит и показатель преломления. Эта поверхностная пленка при перемешивании втягивается в стекломассу, образуя потоки свилей.

При температуре осветления (1300°) свили, как керамического так и поверхностного происхождения растворяются довольно быстро, а во время охлаждения скорость их растворения постепенно уменьшается. В результате с некоторого момента они практически уже не "усваиваются" стекломассой и обнаруживаются в виде слоев свилей.

В некоторых оптических деталях могут допускаться относительно грубые одиночные свили, так как при работе в широких пучках они мало влияют на качество изображения. Потоки тонких свилей гораздо опасней одиночных свилей, если они занимают значительную площадь светового отверстия. Их можно рассматривать как дополнительную пластинку цилиндрических линз, которая перераспределит ход лучей в системе. Поэтому при оценке оптической однородности крупных заготовок, обязательно проводится контроль по потокам тонких свилей.

Оптическое стекло делится на классы и категории по бессвильности. По числу направлений, в которых контролируют свили в стекле, существует два класса, А и Б. Плоские пластины и линзы, работающие в относительно узком пучке, контролируют лишь в одном направлении, что соответствует классу Б.

В призмах полного внутреннего отражения свили не должны быть видны в двух взаимно перпендикулярных направлениях - это соответствует классу А. Возможны случаи, например, крышеобразная призма, когда стекло должно быть бессвильным во всех направлениях. Однако, как показали специальные исследования, стекло бессвильное в двух взаимно перпендикулярных направлениях, бессвильно и в любом другом направлении, поэтому для крышеобразных призм также назначают класс А.

Категории бессвильности регламентируют размеры одиночных свилей, расстояние между ними, объем поточных свилей. При размере заготовок не более 150 мм, ГОСТом установлено 5 категорий (таблица 5).

Допуски на бессвильность оптического стекла не поддаются расчету, а окончательный контроль стекла на бессвильность осуществляется в готовом изделии. В ходе контроля каждая деталь после полирования рабочих поверхно-

стей просматривается в проходящем свете через лупу $4^x - 6^x$ увеличения. Просмотр выполняется при освещении лампой мощностью 60-100 Вт.

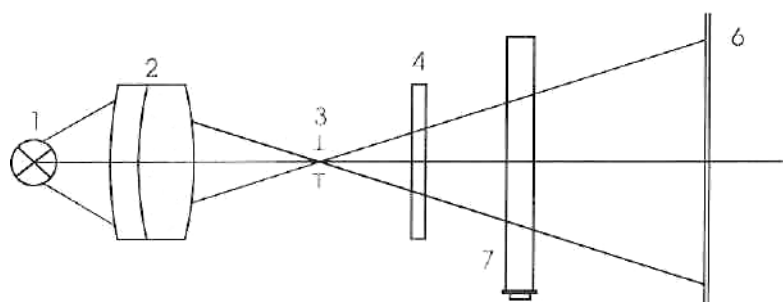
Таблица 5

Допуски на размеры и количество свилей в заготовке

Категории	1	2	3	4	5
Отношение общей длины одиночных свилей к диаметру заготовки	0,5	0,7	1	2	не нормируется, если нет дв. луч.
Расстояние между одиночными свилями, мм, не менее	55	45	30	20	

Для изделий диаметром или стороной не более 150 мм установлены две категории и определение их производится на установке, принципиальная схема которой изображена на рис. 5

Определение категории бессвильности стекол основано на оценке предела видимости теневой картины при использовании направленного пучка лучей. Источником света служит газоразрядная лампа сверхвысокого давления 1. Конденсор 2 проецирует изображение дуги лампы на отверстие диафрагмы 3, светофильтр 4 применяется при визуальном наблюдении и служит для уменьшения освещенности экрана. Его изготавливают из нейтрального стекла НС6, НС7, НС8. Экран, на который проецируется теневая картина, изготавливают из чертежной бумаги, покрытой порошком мела. При 1-ой и 2-ой категориях бессвильности стекло просматривается вместе с контрольными образцами свилей. Они представляют собой пластинки, полученные спеканием в виде набора, состоящего из образца со свилью, оптическое действие которой соответствует 1-й категории и образца свиля оптическое действие которой соответствует свилю 2-й категории.



1. источник излучения, 2. конденсор, 3. сменная диафрагма, 4. светофильтр, 5. держатель образца, 6. экран, 7. образец

Рис.5. Принципиальная схема установки для контроля бессвильности

Контроль бессвильности (ГОСТ 3521-81) сводится к следующему: контрольный образец и образцовая свиль той категории, по которой проводится контроль, укрепляют в держателе 5 и устанавливают вблизи экрана так, чтобы теневая картина свили была видна наилучшим образом. Затем держатель перемещают по направлению к источнику света до тех пор, пока теневая картина, образованная контрольной свилью перестанет различаться глазом. Затем на это место устанавливают испытуемый образец. Если теневая картина свили не видна на экране, то контролируемая заготовка соответствует по бессвильности контрольному образцу.

Влияние свилей на качество изображения зависит от положения детали относительно плоскости изображения. Как уже говорилось выше, свиль можно рассматривать как цилиндрическую линзу, введенную в систему. Если свиль одиночная и имеет небольшую толщину, то она занимает небольшую часть светового диаметра деталей, располагаемых в широких пучках, (например, объективы зрительных труб). В этом случае свиль будет отклонять часть лучей пропорционально своей площади, то есть очень малую, существенно не влияющую на качество изображения. Другое дело потоки свилей. Рассеивая значительную часть лучей, они ухудшают разрешающую способность и качество изображения.

Свилы 2-й категории допустимы в деталях приборов, работающих без увеличения или с небольшим увеличением: лупы, окуляры, конденсоры, смотровые стекла, призмы, расположенные вдали от плоскостей изображения.

Стекла сеток, шкал, коллективов в плоскости изображения или вблизи нее не должны содержать резких свилей - они видны, увеличенные окуляром или последующей системой. Высокие требования по бессвильности (не хуже 1-й категории) предъявляются также к линзам фотообъективов, объективов коллиматоров и астрономических приборов, как к системам высокой разрешающей способности.

Ход работы:

1. Ознакомиться с методикой выполнения лабораторной работы.
2. Протереть ватным тампоном смоченным в спирте полированные поверхности контролируемого образца, протереть сухой салфеткой, смахнуть пылинки и ворсинки кисточкой.
3. С помощью лупы в проходящем свете проконтролировать образцы на свильность.
4. При обнаружении свилей измерить их суммарную длину, расстояние между ними. Пользуясь таблицей 3, определить категорию бессвильности образца.
5. Результаты контроля занести в отчет установочной формы.

Вопросы к защите:

1. Виды неоднородностей, встречающихся в стекле.
2. Свилы, причины их появления, влияние на работу прибора; назначение категорий по бессвильности на оптические детали различных типов.

3 Методы контроля бесшвильности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Физико-химические основы производства оптического стекла / Под ред. Л.И. Демкиной. – М.: Химия, 1976. – 456 с.
2. ГОСТ Р 50224-92 Материалы оптические. Параметры.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

КОНТРОЛЬ ПУЗЫРНОСТИ ОПТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы:

Овладеть методами определения категорий пузырности в заготовках оптических деталей.

Научиться устанавливать требования по пузырности с учетом назначения оптических деталей.

Темы, которые необходимо изучить для освоения материала в процессе подготовки, выполнения и защиты:

1. Дефекты оптических материалов, применяемых для изготовления оптических деталей [1], глава 1.
2. Контроль пузырности [2], [3].

Необходимые материалы и оборудование:

1. Образцы стекол с пузырями.
2. Лупа и динаметр.
3. Весы.
4. Настольная лампа.
5. Экран черный металлический, черный бархат.
6. Спирт, салфетка из бязи, беличья кисть.

Теоретическая часть

В настоящей работе рассматриваются дефекты оптических материалов, пузырность, причины их образования, рекомендации по назначению, методы контроля.

Виды дефектов оптического стекла

Пузырями называются замкнутые полости в стекле, наполненные газом. В оптическом стекле, не прошедшем механического воздействия (вытягивания, давления), пузыри имеют форму шара. В стекле, отлитом на стол или прокатанном в лист, они сплюснуты или имеют форму эллипсоида.

Камни- это любые непрозрачные включения в стекле: зерна шихты, кусочки шамота, выделившиеся из стекла кристаллики. Как инородные тела, камни часто создают в стекле местные напряжения, которые могут являться причиной нарушения механической прочности деталей. При нормировании допустимых

дефектов в оптических деталях камни приравняются к пузырям.

Рассмотрим подробнее причины возникновения этих дефектов, их влияние на качество изображения, а также способы их контроля.

Пузыри. В результате химических реакций между компонентами стекломассы выделяется большое количество газообразных продуктов, расположенных в стекломассе в виде замкнутых полостей - пузырей. Удалению пузырей способствуют определенные режимы варки и перемешивания стекломассы. Для удаления пузырей вводят специальные вещества, богатые кислородом – оксиды сурьмы и мышьяка. За счет проникновения в пузыри кислорода, увеличиваются их размеры и подъемная сила и они уходят из расплава. Другим источником пузырей являются газы из огнеупоров варочного горшка и мешалки. Алюмосиликаты интенсивно взаимодействуют с расплавленными стеклами и результатом этих реакций являются газообразные компоненты. Для получения беспузырных стекол следует применять горшки из кварца, платины или высокоглиноземистые намазки

Пузыри в стекломассе появляются иногда в результате попадания в шихту инородного тела: железа, окалины, частиц сажи.

Камни представляют собой включения, занесенные в стекло извне. Они делятся на шихтные, шамотные и сводовые. Благодаря использованию принудительного размешивания в оптическом стекле шихтные камни практически отсутствуют. *Сводовые* - результат оплавления свода - случайны и вызваны неудовлетворительным состоянием печи. Основная же масса камней в оптическом стекле обусловлена разъемлением соприкасающейся со стекломассой поверхности горшка и мешалки. Об этом говорят результаты микроскопического анализа и химического исследования так называемых «узловых свилей», то есть почти полностью остеклованных камней, а также характер их распределения в стекле. Так, просмотр крупных пристенных кусков горшкового стекла показывает, что число этих пороков особенно велико около стенок и дна стекловаренного горшка.

Попадая в стекломассу, камень растворяется в ней, постепенно изменяя свой внешний облик. Сначала он имеет угловатую форму, затем его углы и ребра округляются. Камни постепенно уменьшаются в размерах и остекловываются. При благоприятных условиях, то есть при достаточной температуре и длительности пребывания камня в стекломассе, он может раствориться. Однако часто процесс не заканчивается, и остеклованный камень остается в стекле в виде «узловой свили». Иногда наблюдаются узловые свили, в которых узелком является пузырь, не сумевший выйти из окружающей его оболочки высоковязких продуктов разъемления огнеупора.

Пузырность оптического стекла принято характеризовать двумя показателями - диаметром наибольшего пузыря в заготовке стекла и числом пузырей в 1 кг стекла. По этим показателям оптические стекла разделяются на 11 категорий и на 6 классов, указанных в табл. 6. и 7.

Таблица 6

Допуски на размер пузыря в заготовке

Категория пузырьрности	1	1 _a	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Диаметр наибольшего пузыря, мм.	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1	2	3	5

Таблица 7

Допуски на число пузырей в стекле

Класс пузырьрности	А	В	В	Г	Д	Е
Среднее число пузырей в 1 кг стекла	10	30	100	300	1000	3000

Пузырь или другое включение наблюдается в поле зрения прибора в виде четкого изображения, если он находится в детали, расположенной в плоскости предмета или в виде размытого пятна, если он расположен вблизи этой плоскости. Наиболее строгие требования по пузырьрности предъявляются к стеклу для сеток, шкал, коллективных линз, где в зависимости от увеличения нужно использовать стекло 1 и 1_a категории с максимальным пузырем до 0,5 мм. Далее идут ближайшие к фокальной плоскости окулярные линзы, где нельзя допускать пузыри больше 0,1 мм (в окулярах типа Кельнера) или 0,2 – 0,3 мм при других конструкциях. Значительно менее жесткие требования предъявляются к линзам объективов телескопических систем, а также к другим деталям, расположенным перед объективом, поскольку создаваемое при этом экранирование светового пучка не сказывается на качестве изображения. В этом случае допускаемый размер пузыря может быть рассчитан, исходя из конструктивных элементов и условий работы прибора.

Для большинства защитных стекол, положительных линз объективов, призм, работающих в параллельном ходе лучей, можно допускать пузыри диаметром 0,7 - 1,0 мм, для отрицательных линз 0,2 - 0,7 мм. В призмах, работающих в сходящихся пучках, в зависимости от удаления их от плоскости изображения можно допустить пузыри диаметром 0,5 - 0,7 мм.

Число пузырей в стекле оказывает меньшее влияние на работу приборов, чем их размер. Однако нельзя забывать и этот фактор. Пузыри в стекле увеличивают вероятность образования точек на полированной поверхности деталей, что приводит к ухудшению чистоты полированной поверхности.

Ход работы:

1. Ознакомиться с методикой выполнения лабораторной работы.
2. Протереть ватным тампоном смоченным в спирте полированные поверхности контролируемого образца, протереть сухой салфеткой, смахнуть пылинки и ворсинки кисточкой.
3. С помощью лупы в проходящем свете проконтролировать образцы на пузырность.
4. При обнаружении пузырей сосчитать их количество, измерить диаметр наибольшего пузыря, образец взвесить и пересчитать количество пузырей на 1 кг стекла. Определить категорию и класс пузырности, пользуясь таблицами 4 и 5.
5. Результаты контроля занести в отчет установочной формы.

Вопросы к защите:

1. Виды неоднородностей, встречающихся в стекле.
2. Пузыри, причины их образования, влияние на качество изображения, назначение класса и категории пузырности на детали различных типов.
5. Методы контроля пузырности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Физико-химические основы производства оптического стекла / Под ред. Л.И. Демкиной. – М.: Химия, 1976. – 456 с.
2. ГОСТ Р 50224-92 Материалы оптические. Параметры.