

Показатели качества оптических стекол



Основная задача при варке стекла

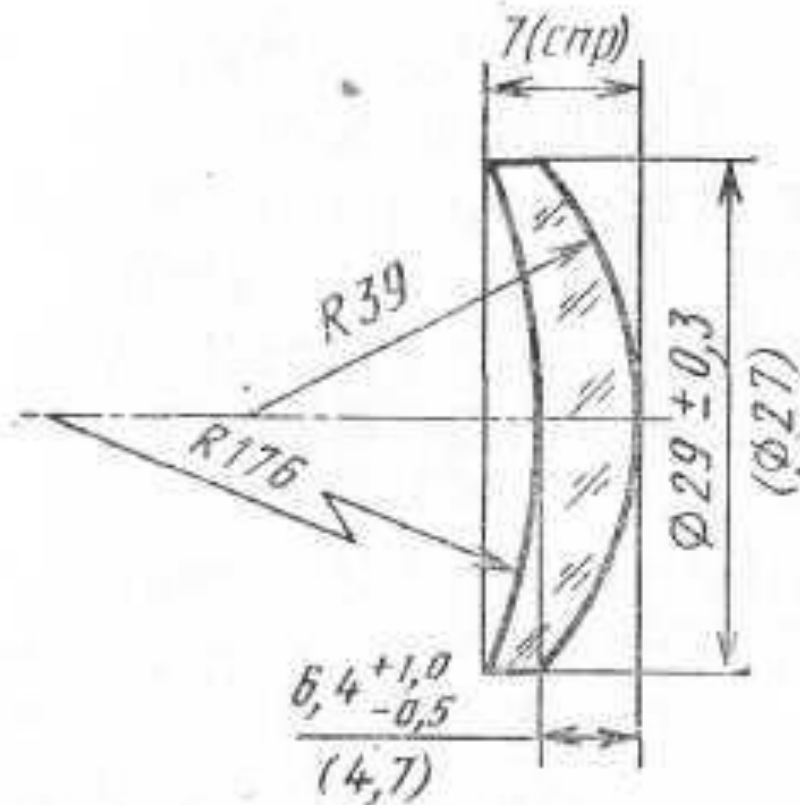
- получить для данной марки значение показателя преломления и дисперсии заданные ГОСТом

- Завышение требований к показателям качества не дает заметного улучшения прибора, но увеличивает стоимость стекла.
- Например, если изменить требования к однородности стекла с 3 категории на 1, стоимость стекла увеличится в 4-5 раз.

Показатели качества оптических бесцветных стекол

Категории по:

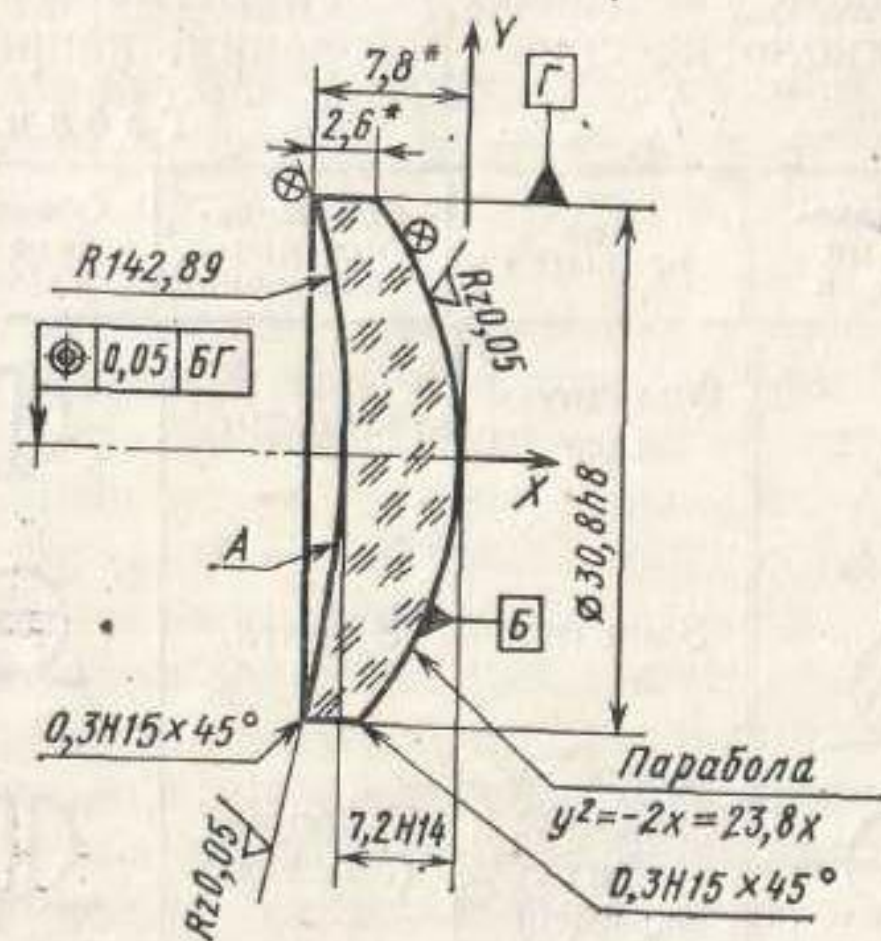
- отклонению показателя преломления
- отклонению средней дисперсии
- оптической однородности
- двойному лучепреломлению
- показателю ослабления
- бессвильности
- пузырьности



Общие ТУ по ГОСТ 13240-78
Марка стекла ТК 16 ГОСТ 3514-76

Катег. и класс Δn_e		4B
Катег. и класс $\Delta(n_e' - n_e')$		3Г
Однородность		3
Дв. лучепреломл.		3
ЧЛ		4
Бесцветность		2Б
Пузырность		5Д
Штук		10 000
МТ	218-82	
КЗ	2,76	
-76	Масса, г	
	макс.	14,60
	ном.	12,50
	мин.	11,51

Образец оформления технических условий на заготовку линзы

$\nabla^{2,5} (\checkmark)$


1.* Размеры для справок
2. ⊗_{AB} - просветл. 44P.43P. $\lambda = 520 \text{ нм} \pm 20 \text{ нм}$

Δn_e	36
$\Delta(n_F - n_C)$	—
Однородность	3
Двойное лучепрелом.	3
N_A	3
Бессвильность	26
Пузырность	26
N_A	5
ΔN_A	0,5
P_A	IV
P_B	V
ΔR_A	2
f'	47,87
S_F	-42,62
$S_{F'}$	$48,71 \pm 0,81$
$\theta_{\Phi A}$	26,1
$\theta_{\Phi B}$	28,1

Рис. 68. Линза с асферической поверхностью из стекла БК10 ГОСТ 3514—76

По отклонению показателя преломления и средней дисперсии установлено **5 категорий** качества стекла

Категория	$\Delta n_e 10^{-4}$	$\Delta(n_F' - n_C') 10^{-5}$
1	± 2	± 2
2	± 3	± 3
3	± 5	± 5
4	± 10	± 10
5	± 20	± 20

По однородности показателя преломления **в партии заготовок** (одинаковость значений у всех заготовок в партии) **установлено 4 класса**,
по средней дисперсии **2 класса** качества

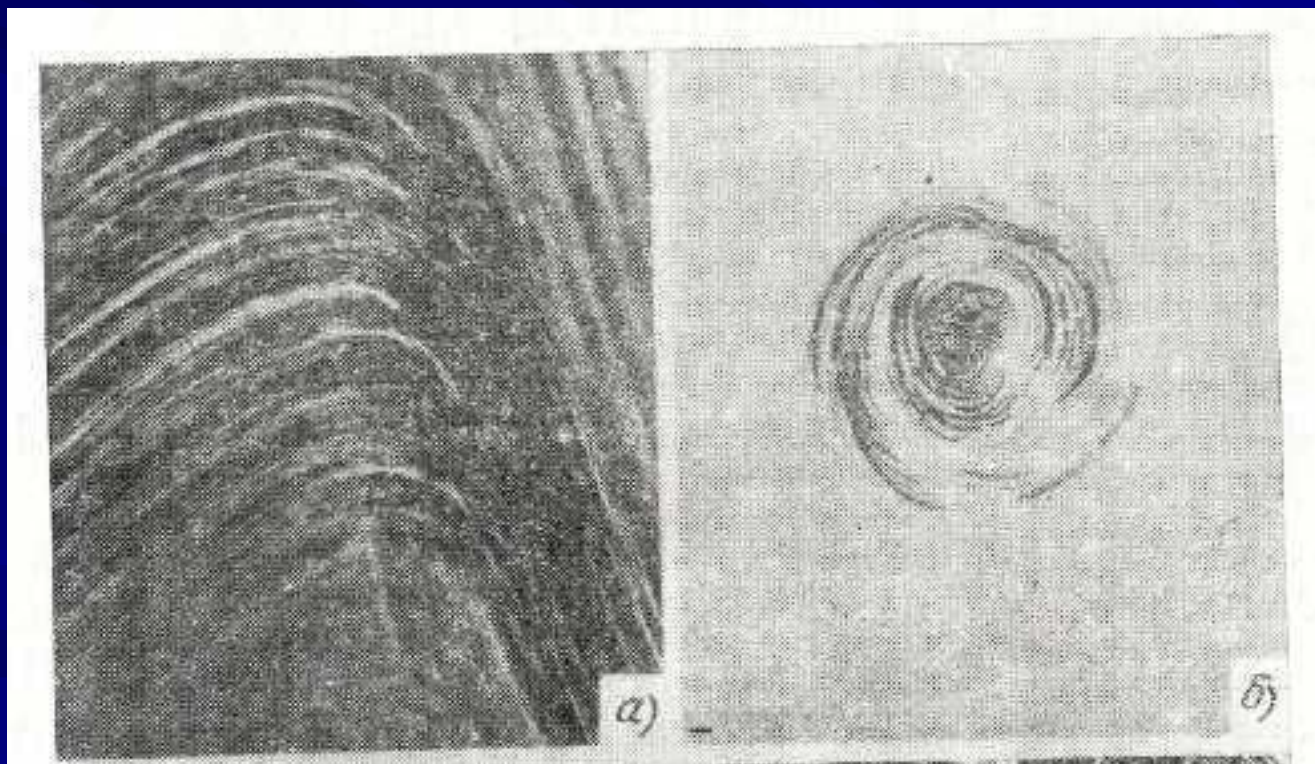
Класс	Наибольшая разность $\Delta n_e 10^{-4}$ в партии заготовок	Наибольшая разность $\Delta(n_F' - n_C') 10^{-5}$ в партии заготовок
А	0,2	-
Б	0,5	-
В	1	1
Г	В пределах заданной категории	В пределах заданной категории

■ *Оптическая неоднородность* стекла рассматривается как неоднородность и по объему материала.

■ Неоднородности могут быть химического или физического происхождения.

Химические неоднородности — свили возникают в процессе варки и выработки стекла и обусловлены непостоянством химического состава ввиду непровара или улетучивания отдельных компонентов, разъедания стенок стекловаренных сосудов и плохой гомогенизации расплава.

■ **Свили** - прозрачные нитевидные или слоистые включения имеющие показатель преломления отличный от показателя преломления основной массы стекла.



а — нитевидная свиль; б — узловая свиль

Нормирование бессвильности:

При осмотре на эталонной теневой установке стекло относят к **1-й** или **2-й** категориям бессвильности

Существуют два класса бессвильности: А и Б

- По классу А стекло проверяют на бессвильность в двух взаимно перпендикулярных направлениях;
- По классу Б – в одном направлении.

Направление контроля указывает заказчик.

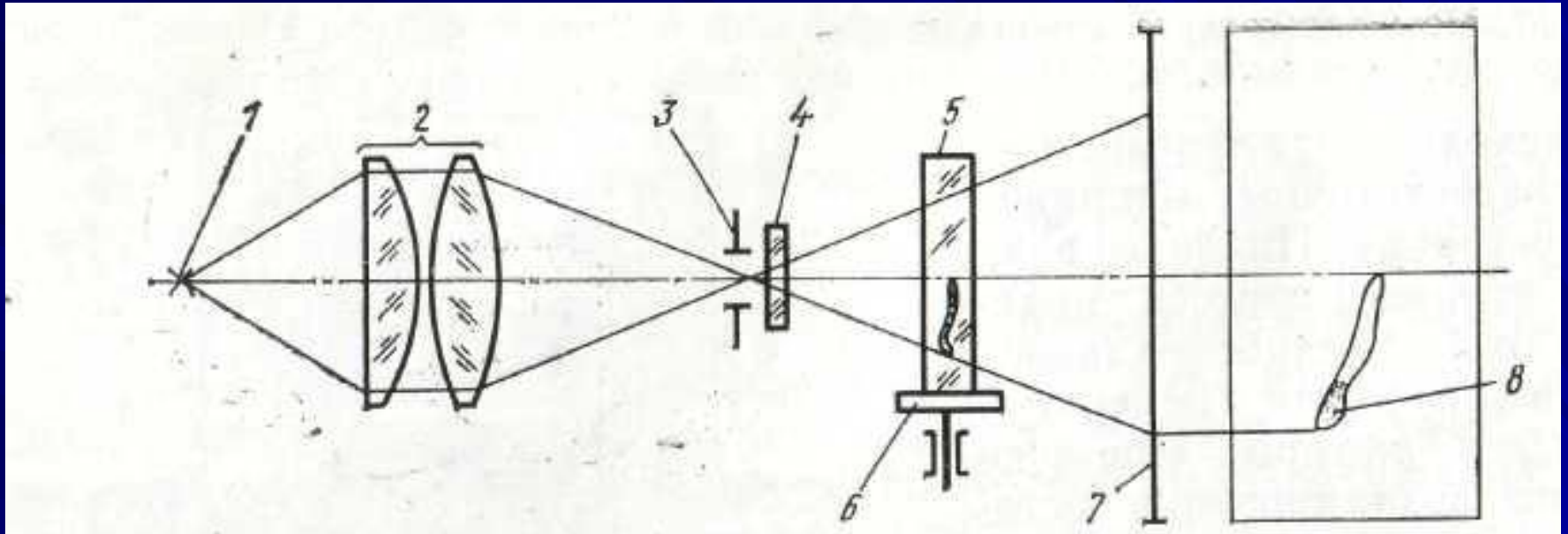
По классу А – стекло для призмной оптики;

По классу Б – для линзовой.

Заготовки $D < 250$ мм – выборочный 10% контроль.

$D > 250$ мм – сплошной контроль.

Установка для контроля бессвильности стекла



Метод контроля: на экране проекционной установки получают теневую картину свили и сравнивают ее с теневой картиной эталонных свилей 1-й или 2-й категорий бессвильности.

Образцы литий-фосфат-боратного стекла.
Изображение получено на микровизире.
Увеличение *40



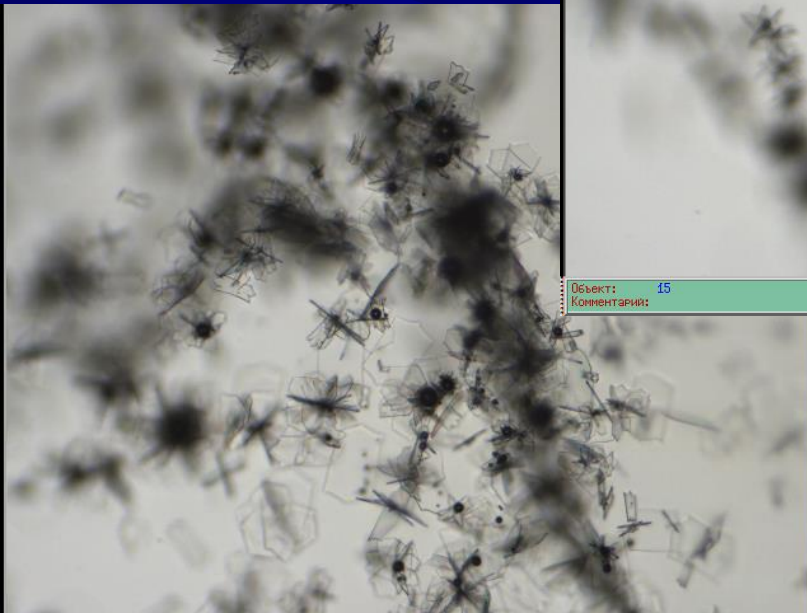
Объект: 15
Комментарий:
Файл: 5M
Дата: 11.06.2001г. 01:09:50



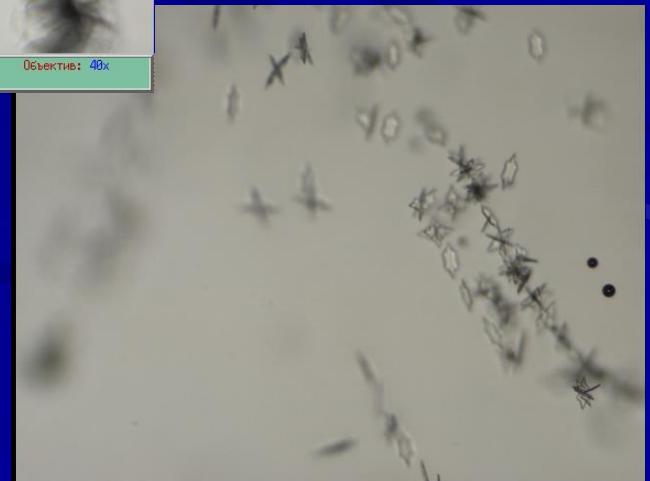
Файл: 7M
Дата: 11.06.2001г. 01:12:45
Объектив: 40x



Объект: 15
Комментарий:
Файл: 5M
Дата: 11.06.2001г. 02:13:14
Объектив: 40x



Объект: 15
Комментарий:
Файл: 28M
Дата: 11.06.2001г. 02:01:18
Объектив: 40x



Объект: 15
Комментарий:
Файл: 5M
Дата: 11.06.2001г. 01:38:18
Объектив: 40x

■ **Физические неоднородности** связаны с образованием в заготовках стекла остаточных напряжений при отжиге вследствие быстрого охлаждения или температурных градиентов в печи.

■ **Значение напряжений зависит от**

- скорости охлаждения
- размеров заготовки
- термических и механических свойств стекла

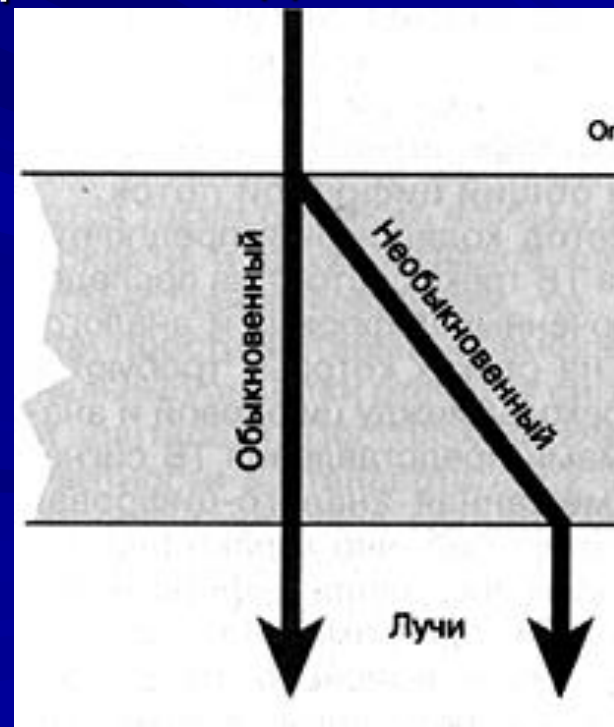
■ **Напряжения в стекле вызывают появление двойного лучепреломления и изменение значения n .**

Связь между двойным лучепреломлением, выраженным в изменении показателя преломления Δn и механическими напряжениями $\Delta \sigma$ выражается оптическим коэффициентом напряжения B (ОКН) –

$$\Delta n = B \Delta \sigma = \delta/s$$

где δ – разность хода, возникшая при прохождении поляризованного света через образец, нм; s – толщина образца, см

- **Двойное лучепреломление** является показателем качества отжига стекла, который характеризуется **разностью хода** (в нанометрах на 1 см пути) двух лучей, на которые разделяется падающий луч под действием остаточных напряжений при прохождении в толще стекла в направлении *наибольшего размера*.
- Допускаемое двойное лучепреломление нормируется **пятью категориями**. Числовые значения предельных отклонений для всех пяти категорий находятся в пределах от 1,5 до 65 нм/см.



Т а б л и ц а 1.5. Категории стекла
по двойному лучепреломлению

Кате- гория	Двойное лучепреломление (нм/см), не более, для $B \cdot 10^{12}$ Па		
	до 2	2—2,8	св. 2,8
1	1,5	2	3
2	4	6	8
3	7	10	13
4	10	15	20
5	35	50	65

Категория 1 назначается для интерференционных, астрономических приборов, зеркал лазеров.

Категории 2-3 для фотографических, киносъемочных объективов, телевизионных приборов, оборачивающих систем.

Категории 4 – 5 для осветительных систем, конденсоров, луп.

Свetoпоглощение оптического стекла определяется через показатель ослабления (ранее через коэффициент свetoпоглощения)

Причины светорассеяния – технологические пороки (мелкие пузыри, начало выделения кристаллической фазы, мелкие посторонние включения). Основная причина – флуктуационные изменения плотности в микрообъемах стекла, связанные с особенностями стеклообразного состояния - наличием микроликвационной структуры стекла и явлением сегрегации отдельных видов ионов в стекле.

- **Показатель ослабления** есть величина обратная расстоянию, на котором поток излучения от источника **типа А** ослабляется в результате поглощения и рассеяния в 10 раз.
- Установлено 8 категорий качества стекла, нормируемых по показателю ослабления $\varepsilon'_A = 0.0002 - 0.0130 \text{ см}^{-1}$

Т а б л и ц а 1.6. Категории стекла
по показателю ослабления света

Категория ослабле- ния	$\epsilon'_A, \text{см}^{-1}$
1	0,0002—0,0004
2	0,0005—0,0009
3	0,0010—0,0017
4	0,0018—0,0025
5	0,0026—0,0035
6	0,0036—0,0045
7	0,0046—0,0065
8	0,0066—0,0130

■ Пузырность характеризуют

- диаметром наибольшего пузыря допускаемого в заготовке при ее просмотре;
- суммарным числом пузырей в 1 кг. стекла

■ Установлено 11 категорий пузырности.

■ Допустимые предельные отклонения диаметров пузырей для всех категорий находятся в пределах от 0,002 до 5 мм.

- Для сеток, шкал, лимбов, мир коллиматоров, которые рассматриваются с большим увеличением, пузырность назначается 1 категории.
- Пузырность категории 3-5-7 назначается в любительских фотоаппаратах, биноклях, зрительных трубах.

Т а б л и ц а 1.7. Категории
пузырности оптического стекла

Кате- гория пузыр- ности	Диаметр наиболь- шего пузыря в заго- товке, мм	Кате- гория пузыр- ности	Диаметр наиболь- шего пузыря в заго- товке, мм
1	0,002	6	0,7
1a	0,05	7	1,0
2	0,1	8	2,0
3	0,2	9	3,0
4	0,3	10	5,0
5	0,5		

Классы и группы пузырьности оптического стекла

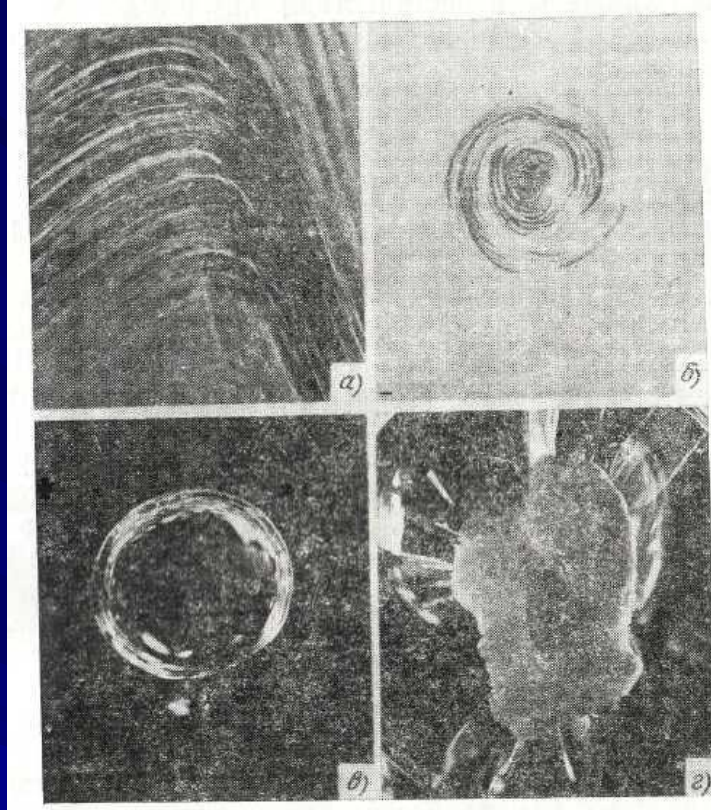
Т а б л и ц а 1.8. Классы
пузырности оптического стекла

Класс пузырности	Число пузырей в 1 кг, не более
А	3
Б	10
В	30
Г	100
Д	300
Е	1000
Ж	3000

Т а б л и ц а 1.9. Группы
пузырности оптического стекла

Группа пузыр- ности	Суммарная площадь сечений пузырей в 100 см ³ стекла, мм ²
1	Менее 0,032
2	0,032—0,125
3	0,125—0,250
4	0,25—0,50
5	0,5—1,0
6	1,0—2,0
7	2,0—4,0

Наименее пузырьные стекла – кроны, флинты, тяжелые флинты;
Наиболее пузырьные - тяжелые кроны, сверхтяжелые кроны



Дефекты стекла:

а — нитевидная свиль; б — узловая свиль;
в — пузыри; г — камень

Камни, сопровождаемые трещинами в заготовках
оптических деталей не допускаются