

валиков. Стекланную тару защищают покрытием на горячем конвейере, а на половинки стеклоблоков покрытие наносят после извлечения их из пресс-формы.

Органические покрытия обычно наносят после отжига при температуре 150-200 °С чаще всего на стеклотару. Эти покрытия (эпоксидные смолы) обладают высокими гидрофобизирующими (ухудшающими смачивание) и протекторными (защитными) качествами, но неустойчивы к абразивному воздействию.

Упрочнение химическими методами

Химическая обработка стекла основана на его разрушении плавиковой кислотой.

Виды обработки:

- *полирование* – применяется для обработки элементов алмазной резьбы преимущественно на изделиях из свинцового хрусталя [полировальный состав – смесь плавиковой HF и серной H₂SO₄ кислот (система HF – H₂SO₄ – H₂O – стекло)];
- *декоративное травление* – применяют с защитными покрытиями, по которым наносят рисунок;
- *светлое травление* – выполняют таким составом раствора, что в результате химических реакций образуются растворимые соли (рисунок прозрачный);
- *матовое травление* – характеризуется тем, что образуются нерастворимые соли и рисунок получается матовый.

Полирование. Наибольший объем химической обработки приходится на полирование (табл. 10, 11). Для этого вида обработки применяют плавиковую кислоту 40-70%-ной концентрации, плотностью 1110-1140 кг/м³ и серную кислоту 92-96%-ной концентрации, плотностью 1840 кг/м³.

Процесс обработки бывает много- и одноцикловый. При многоцикловом полировании изделия во вращающейся кассете многократно погружают в рабочую смесь плавиковой и серной кислот ($t = 50 \div 65^\circ\text{C}$). В зависимости от вида изделий и рисунка число циклов доходит до 40. Промывают изделия в воде ($t = 50 \div 70^\circ\text{C}$) или лучше в серной кислоте ($t = 60 \div 70^\circ\text{C}$). При одноцикловом полировании к изделиям, уложенным в кассету и помещенным в барабан, подводят полирующую смесь ($t = 50 \div 60^\circ\text{C}$). Кассета вращается в смеси кислот до завершения цикла полирования. Промывают изделия в воде ($t = 50 \div 60^\circ\text{C}$).

Травление. Для обработки используют жидкие травильные смеси и пасты (табл. 12). Перед нанесением травильного вещества поверхность изделия полностью или частично защищают покрытием (табл. 13).

Декоративные упрочняющие покрытия. *Оксидно-металлические покрытия* получают при обработке изделий (после формования) растворами солей разных металлов, а также возгонкой твердых солей, в результате чего на поверхности изделий образуется тонкая радужная пленка (иризация). Для получения иризирующего эффекта стекло должно иметь температуру, близкую к температуре размягчения. Реже применяют низкотемпературную иризацию (~220°C). Наибольшей способностью давать иризирующие пленки обладает SnCl₂. Для получения различных оттенков к нему добавляют и другие соли (табл. 14).

10. Химические реакции при полировании стекла

Этапы полирования	Реакции	Характеристика этапа
1. Действие избытка плавиковой кислоты на стекло	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 + 6\text{HF} \rightarrow \text{Na}_2\text{SiF}_6 + 3\text{H}_2\text{O}$ $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 + 6\text{HF} \rightarrow \text{K}_2\text{SiF}_6 + 3\text{H}_2\text{O}$ $\text{PbO} \cdot \text{SiO}_2 + 8\text{HF} \rightarrow \text{PbF}_2 + 2\text{H}^+ + (\text{SiF}_6)^{2-} + 3\text{H}_2\text{O}$ $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + 8\text{HF} \rightarrow \text{CaF}_2 + 2\text{H}^+ + (\text{SiF}_6)^{2-} + 3\text{H}_2\text{O}$ $\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2 + 8\text{HF} \rightarrow \text{MgF}_2 + 2\text{H}^+ + (\text{SiF}_6)^{2-} + 3\text{H}_2\text{O}$ $\text{SiO}_2 + 6\text{HF} \rightarrow (\text{SiF}_6)^{2-} + 2\text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$	Равновесие в полирующем растворе смещено в сторону образования продуктов реакции
2. Действие серной кислоты на продукты реакций первого этапа	$\text{Na}_2\text{SiF}_6 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{SO}_4 + (\text{SiF}_6)^{2-} + 2\text{H}^+$ $\text{K}_2\text{SiF}_6 + \text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{K}_2\text{SO}_4 + (\text{SiF}_6)^{2-} + 2\text{H}^+$ $\text{PbF}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{PbSO}_4 + 2\text{HF}$ $\text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{CaSO}_4 + 2\text{HF}$ $\text{MgF}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{MgSO}_4 + 2\text{HF}$ $2\text{H}^+ + (\text{SiF}_6)^{2-} \rightleftharpoons \text{SiF}_6 + 2\text{HF}$	Реакции обратимы, смещение равновесия зависит от концентрации H_2SO_4 , степени разбавления раствора и температуры
3. Полирование с применением солей плавиковой кислоты	$2\text{NH}_4\text{F} + \text{H}_2\text{SO}_4 = (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 2\text{HF}$ $\text{NH}_4\text{HF}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{NH}_4\text{HSO}_4 + 2\text{HF}$	В результате взаимодействия $\text{NH}_4\text{F} \cdot \text{NH}_4\text{HF}_2$ с H_2SO_4 в полирующем растворе образуется плавиковая кислота

11. Технологические характеристики операции полирования

Показатель	Варианты операции		
	I	II	III
Исходная концентрация F ⁻ в полирующем растворе, %	7	3	8-11
Концентрация H_2SO_4 в растворе, %:			
полирующем	58-62	-	50-63
промывочном	55-62	-	-
Температура раствора, °C:			
полирующего	55-65	55-65	50-60
промывочного	60-70	50-70	45-55
Частота вращения кассет, мин ⁻¹	11-13	14-16	21-24
Концентрация F ⁻ , %:			
в полирующем растворе перед регенерацией	3	17-18	4-4,5
конечная	2-3	1,3	4-4,5
Периодичность регенерации полирующего раствора (число рейсов)	4-5	2-3	6
Число регенерации раствора в смену	1	2	1
Время нахождения изделий в полирующем растворе, мин:			
до регенерации	2-7	5-20	3-12
после регенерации	5-13	8-30	3-12
Число циклов полирования партии изделий:			
до регенерации	12-30	24-40	1
после регенерации	21-26	27-38	1-2
Общее время полирования партии изделий, мин:			
до регенерации	18-42	36-70	12-27
после регенерации	34-55	42-78	14-38

Примечание. Расход кислот зависит в основном от размеров полируемых изделий: для крупных изделий – наименьший, мелких – наибольший. Расход HF при полировании крупных изделий 220-250 кг на 1 т продукции, средних и мелких – соответственно, на 20 и 50% больше.

12. Составы травильных смесей

Компонент	Номер состава			
	1	2	3	4
Плавиковая кислота HF	16,7	28,6	-	22,3
Серная кислота H ₂ SO ₄	22,6	-	8,7	-
Фторид аммония NH ₄ F	-	23,8	43,5	22,2
Сульфат аммония (NH ₄) ₂ SO ₄	-	-	4,3	-
Сульфат бария BaSO ₄	-	-	-	55,6
Вода H ₂ O	60,7	47,6	43,5	-

Примечание. Составы применяют: 1-й – для светлого травления; 2-й и 3-й – для матового травления; 4-й – травильная паста.

13. Составы защитных покрытий, мас. части

Компонент	Номер состава						
	1	2	3	4	5	6	7
Пчелиный воск	80	75	80	80	93	80	8,3
Канифоль	10	15	12	8	-	10	-
Технический каучук	-	-	-	1	2	-	-
Церезин	10	10	10	10	-	10	-
Парафин	10	-	-	-	-	-	25
Озокерит	-	-	-	-	-	-	66,7

14. Составы иризирующих смесей, %

Компонент	Синий	Красный	Радужные		Опаловый
			1-й	2-й	
Хлорид олова ZnCl ₂	80	88	54	57	90
Нитрат стронция Sr(NO ₃) ₂	5	7	23	19	-
Хлорид бария BaCl ₂	15	5	17	19	-
Ацетат свинца Pb(CH ₃ COO) ₂	-	-	6	5	-
Нитрат висмута Bi(NO ₃) ₂	-	-	-	-	10

Покрытия, выполненные золотом и люстровыми красками (люстрами), получаются после нанесения на изделия соответствующих препаратов в холодном состоянии и последующего обжига (табл. 15).

Покрытия и рисунки, выполненные на стекле силикатными красками. Силикатные краски состоят из флюса и красителя. Если при приготовлении краски материалы, образующие флюс, были сплавлены вместе с красителями (табл. 16), то получается прозрачная краска. Если бесцветный флюс плавят отдельно, а потом размалывают совместно с пигментом, получаются непрозрачные краски (эмали) (табл. 17). Для многоцветного декорирования изделий используют термопластические краски, которые позволяют механизировать многоцветное декорирование. В состав этих красок вводятся термопластичные связующие вещества (табл. 18), твердые при комнатной температуре и разжиженные при 50-90 °С.

Способы нанесения красок:

- живописные работы и роспись – ручное нанесение краски с помощью кисти;

15. Технологическая характеристика покрытий, выполненных золотом и люстровыми красками

Параметры	Золото	Люстры
Применяемый препарат	12%-ное жидкое золото с добавками	Растворы смолянокислых солей тяжелых металлов в органических растворителях
Соединения металлов, содержащиеся в препарате	Bi, Cr, Co	Бесцветные – Bi, Al, Pb, Zn, Ti, Sn Цветные – Fe, Co, Cu, Cr, Ni, Au, Ag
Растворители	Терпентиновые, лавандовые, розмариновые масла; частично – бензол, толуол	
Способ нанесения препарата на изделия	Ручной, механизированный	
Оборудование для обжига покрытий	Электрическая муфельная печь	
Температура обжига покрытий, °C	560-600	530-580
Вид покрытия	Блестящая пленка металлического золота	Бесцветные и цветные
Толщина покрытия, мм	$(0,2-1,2) \cdot 10^{-4}$	10^{-3}

16. Содержание красителя для прозрачных силикатных красок

Цвет краски	Краситель	Содержание, %	Цвет краски	Краситель	Содержание, %
Красный	Au	1,0	Розовый	MnO ₂	0,6-1,0
Желтый	$\left. \begin{matrix} Cr_2O_3 \\ PbCrO_4 \end{matrix} \right\}$	0,3-0,8	Голубой	$\left. \begin{matrix} CuO \\ CoO \end{matrix} \right\}$	$\left. \begin{matrix} 0,8 \\ 0,4 \end{matrix} \right\}$
Зеленый	CuO	5,0-7,0	Аметистовый	$\left. \begin{matrix} CoO \\ MnO_2 \end{matrix} \right\}$	$\left. \begin{matrix} 0,8 \\ 0,8-1,0 \end{matrix} \right\}$
Желто-зеленый	$\left. \begin{matrix} CuO \\ Cr_2O_3 \end{matrix} \right\}$	4,0	Красно-фиолетовый	MnO ₂	3,0
Сине-зеленый	$\left. \begin{matrix} CuO \\ Cr_2O_3 \end{matrix} \right\}$	$\left. \begin{matrix} 0,3-0,8 \\ 1,5-4,8 \end{matrix} \right\}$	Сиреневый	Au	0,05
Синий	$\left. \begin{matrix} CoO \\ CuO \end{matrix} \right\}$	$\left. \begin{matrix} 2,5-5,0 \\ 1,5 \end{matrix} \right\}$		$\left. \begin{matrix} Mn_2O_3 \\ Sb_2O_3 \\ As_2O_3 \end{matrix} \right\}$	$\left. \begin{matrix} 0,4 \\ 0,8 \\ 0,2 \end{matrix} \right\}$

17. Составы пигментов, вводимых в стали, в зависимости от цвета эмали

Цвет эмали	Пигмент
Голубой	CoO + Al ₂ O ₃ ; CoO + ZnO + Al ₂ O ₃
Синий	CoO + ZnO + Al ₂ O ₃
Желтый	V ₂ O ₅ + TiO ₂ + ZrO ₂
Зеленый	CoO + Cr ₂ O ₃ + ZnO + S
Сине-зеленый	CoO + Cr ₂ O ₃ + ZnO + Al ₂ O ₃ + B ₂ O ₃
Коричневый	Cr ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ + ZnO
Черный	CoO + Cr ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃
Белый	Sb ₂ O ₃ , ZnO, TiO ₂ , ZrO ₂
Оранжевый	Se + CdCO ₃ + S + ZnO
Красный	Se + CdCO ₃ + S

- аэрография (табл. 19) – нанесение краски распылением с помощью сжатого воздуха (ручное и механизированное);
- шелкотрафаретная печать – продавливание краски пастообразной консистенции через сетчатые трафареты;
- декалькомания (табл. 20) – рисунок, напечатанный на клеевой бумаге (деколь), переводится на изделие при смачивании водой;
- фотопечать – применение клеевой фоточувствительной эмульсии, к которой силикатная краска пристает пропорционально силе засвечивания.

18. Составы термопластичных связующих, %

Компонент	Номер состава				
	1	2	3	4	5
Воск пчелиный	76	55	57,26	33,33	-
Спермацет	-	15,2	16,48	23,92	60
Канифоль	14,88	17	9,73	15,82	-
Касторовое масло	9,12	12,8	6,8	11,11	-
Бальзам	-	-	9,73	15,82	-
Парафин	-	-	-	-	40

19. Составы, %, разбавителей и связующих при нанесении красок аэрографией

Композит	Состав	Композит	Состав
Скипидар	75	Оксигетилцеллюлоза	3
Канифольно-скипидарная мастика (50:50)	25	Третичный бутиловый спирт	30
		Вода	67
Клеевой раствор декстрина в воде (50:50)	25	Натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы	0,5-1
Вода	75	Лавандовое масло	0,01-0,02
Целлюлоза (2%-ный водный раствор)	72,5	Этиловый спирт	0,1-0,28
Мыльный спирт	1,5	Калийное мыло	0,01-0,1
Вода	26	Вода	Остальное

20. Составы, %, лаковы[покрытий для деколей

Компонент	Номер состава					
	1	2	3	4	5	6
Полибутилметакрилат	33,1	26,7	34,0	31,0	-	-
Тетралин	1,6	1,2	-	2,56	30,0	-
Дибутилфталат	0,5	1,2	-	0,97	3,03	2,0
Сольвент	64,7	62,8	-	-	-	-
Судан	0,1	-	-	-	-	-
Декстрин	-	7,8	-	-	-	-
Краситель	-	0,3	-	-	-	-
Скипидар	-	-	66,0	-	-	-
Ксилол	-	-	-	65,47	-	68,0
Сополимер БМК-5	-	-	-	-	28,0	-
Бутилацетат	-	-	-	-	38,97	-
Акриловая смола	-	-	-	-	-	30,0

Примечание. Толщина лаковой пленки 30 мкм.

Возможные дефекты и способы их устранения. Дефекты, возникающие при выработке изделий из стекла, причины их возникновения и способы устранения приведены в табл. 21.

21. Возможные дефекты при выработке изделий, причины их появления и способы устранения

Дефект	Причины появления	Способ устранения
Камни, свили, шлиры	Растворение кранцев, горшков и других огнеупоров	Перед началом выработки стекломассу перемешать
	Резкое охлаждение стекломассы	Соблюдать заданный режим охлаждения
	Набор стекломассы за пределами кранца и из поверхностного слоя	Набирать стекломассу из середины защитного кранца при погружении баночки или наборного тела в стекломассу
Пузырь	Неправильный набор стекломассы (медленное погружение баночки или наборного тела при вращении)	Быстро погружать баночку или наборное тело в стекломассу, после чего начинать вращение
	Переохлаждение стекла в процессе закатывания	Соблюдать необходимый температурный режим, ускорить процесс закатывания
Окалина	Плохая и несвоевременная очистка стеклодувной трубки, наборного стержня	Удалить окалину с трубки легкими ударами и продуванием Смочить конец трубки в суспензии глины или каолина Наборный стержень очищать в горизонтальном положении при вращении
Слоистость	Набор стекла из разных горшков или из разных мест	Набирать стекломассу из одного горшка из середины защитного кранца
Загрязнение изделий	Сухой катальник	Очистить катальник и смочить его водой
Царапины, черченость	Грязная форма	Соблюдать правила хранения, лакировки и эксплуатации форм
	Небрежно приготовленный состав для лакировки форм	
Тусклые пятна на поверхности изделий	Смачивание формы загрязненной водой	Использовать для охлаждения проточную воду или менять ее не реже двух раз в смену. Не допускать загрязнения воды

Упрочнение методами механической обработки

Механическая обработка (шлифование, полирование, огранение) твердых стекол позволяет ликвидировать концентраторы напряжений в виде мелких трещин, острых кромок, резких переходов, не предусмотренных конструктивным назначением изделия.

Для механической обработки стекла применяют свободные абразивы (песок, наждак, пемзу, полирит, оксид олова), абразивные инструменты (шлифовальные круги из корунда, наждака, карбида кремния, эльбора и алмаза, шайбы из песчаника) (табл. 22), а также алмазные инструменты.