

**ХУДОЖЕСТВЕННАЯ
ОБРАБОТКА
СТЕКЛА**



**ВАРКА.
СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ.
МАТЕРИАЛЫ И ИНСТРУМЕНТЫ
ДЕКОРАТИВНОЕ ПОКРЫТИЕ
ГРАВЕРНЫЕ РАБОТЫ**

**Варка. Способы обработки.
Материалы и инструменты.
Декоративное покрытие.
Гравёрные работы**

«Мельников И.В.»

2013

Варка. Способы обработки. Материалы и инструменты.
Декоративное покрытие. Гравёрные работы / «Мельников И.В.»,
2013 — (Художественная обработка стекла)

ISBN 978-5-457-24316-3

Книга подробно расскажет о процессе варки стекла, о способах обработки стекла, материалах и инструментах, применяемых для обработки стеклоизделий, декорировании выдувных изделий (гутном, рельефном, вплавлении различных материалов, с применением стеклянной крошки и проч.), а также о нанесении декоративных покрытий и гравёрных работах.

ISBN 978-5-457-24316-3

, 2013
© Мельников И.В., 2013

Содержание

Варка стекла	5
Физико-химические основы стекловарения	5
Варка стекла в горшковых печах	7
Варка стекла в ваннных печах	9
Варка окрашенных и глушенных стекол. Обесцвечивание стекла	10
Пороки стекломассы	12
Способы обработки стекла. Материалы и инструменты, применяемые для обработки стеклоизделий	13
Химическая обработка стеклоизделий	13
Термическая обработка	15
Конец ознакомительного фрагмента.	16

Варка. Способы обработки. Материалы и инструменты. Декоративное покрытие. Гравёрные работы

Варка стекла

Физико-химические основы стекловарения

Варка стекла является основным технологическим процессом при производстве стеклянных изделий. Стекловарение – сложный физико-химический процесс, который протекает при изменяющихся высоких температурах в шихте и движущейся среде (стекломассе) переменного и сложного состава и зависит от состава стекла, условий теплообмена, вида топлива, характера движения стекломассы и газов.

Процесс получения готовой к выработке стекломассы обычно делят на пять стадий: силикатообразование, стеклообразование, осветление, гомогенизации и охлаждение стекломассы.

Силикатообразование. Первая стадия – силикатообразование – характеризуется тем, что к ее концу в шихте нет отдельных компонентов, большинство газообразных компонентов, образующихся в процессе разложения и взаимодействия составляющих, улетучилось, а реакции между отдельными компонентами шихты в твердом состоянии заканчиваются. Шихта превращается в спекшуюся массу, сырьевые материалы, находящиеся в шихте, претерпевают ряд изменений: влага испаряется; гидраты, соли, перекиси разлагаются и теряют летучие формы: кремнезем подвергается полиморфным превращениям. В итоге шихта превращается в спекшуюся массу, состоящую из силикатов и кремнезема. Для обычных натрий-кальций-силикатных стекол этот этап завершается при температуре 900-1150 градусов С.

Стеклообразование. Эта стадия характеризуется тем, что к ее окончанию стекломасса становится прозрачной, т.е. в ней отсутствуют непроваренные частицы шихты, но она еще пронизана большим количеством пузырей и свилей, т.е. она продолжает оставаться химически неоднородной. Для сортовых и тарных стекол эта стадия завершается при температуре 1150-1250 градусов С. Скорость протекания процесса стеклообразования в 8-9 раз выше скорости силикатообразования. К концу стеклообразования в основном протекают все химические реакции: разложение гидратов, карбонатов, сульфатов; взаимодействие компонентов шихты с образованием силикатов.

Осветление. Как уже было сказано, к концу стеклообразования расплав продолжает оставаться пронизанным большим количеством неоднородностей – свилей и пузырей, хотя нерастворенных частичек шихты уже нет. Для ликвидации остаточных включений свилей и пузырей служат третья и четвертая стадии стекловарения: осветление и гомогенизация.

Механизм осветления стекломассы заключается в создании равновесных условий между газами, растворенными в стекломассе, и газами, заключенными в пузырьках, при определенных условиях атмосферы печи; это происходит следующим образом: большие пузыри поднимаются к поверхности, лопаются и переходят в атмосферу печи, а маленькие пузыри растворяются в расплаве.

Для сортовых и тарных стекол осветление завершается при температуре 1450-1550 градусов С.

Гомогенизация – это следующий этап, цель которого освобождение стекломассы от свилей и создание полной ее однородности. Процесс гомогенизации в некоторой степени содействует процессу осветления. Для этого стекломассу длительное время выдерживают при высоких температурах или перемешивают. На гомогенизацию, так же как и на процесс осветления, влияет главным образом температура; гомогенизация протекает одновременно с осветлением при тех же температурах.

Охлаждение стекломассы – это последняя стадия стекловарения. Перед заключительной стадией температура стекломассы достигает наивысшего значения – около 1500 градусов С, а вязкость – наименьшего значения. Для подготовки стекла к выработке необходимо понизить ее температуру и довести значения вязкости до рабочего состояния; для этого температуру стекломассы снижают примерно на 200-300 градусов.

Следует иметь в виду, что при нарушении режимов охлаждения стекломассы может измениться равновесие между жидкой и газовой фазами, что может в свою очередь привести к возникновению газообразных включений в стекле, так называемых повторных пузырей и мошки (мельчайших пузырей). Это – пороки стекла, избавиться от которых чрезвычайно трудно.

Варка стекла в горшковых печах

Горшковые печи применяют в производстве изделий сортовой посуды из окрашенных стекол. Для производства сортовых изделий высокого качества из цветного и свинецсодержащего стекла применяют многогоршковые регенеративные печи с нижним приводом пламени. При варке в горшке на стекломассу легко воздействовать путем перемешивания, бурления и установления необходимого режима. К стекловаренным горшкам предъявляются высокие требования, так как от их качества во многом зависит качество стекломассы. Наиболее часто встречаемый брак при варке в горшковых печах – это шамотный камень, продукт разрушения стенки горшка. Стекловаренные горшки изготавливают из шамотной массы путем трамбовки. К стекловаренным горшкам предъявляют высокие требования, так как от их качества во многом зависит качество стекломассы. Размеры горшков бывают различными. Наибольшее распространение получили горшки на 250-300 л (оптическое стекло) и на 150-160 л (сортовое стекло). Полезная емкость горшка намного меньше геометрической вследствие потерь стекла при бурлении, недостаточного заполнения горшка и остатка стекла после выработки; обычно используется 70-80% сваренного стекла.

Горшковые печи с нижним подводом пламени, предназначенные для варки цветных и хрустальных стекол, обычно имеют до 16 горшков полезной вместимостью 300-500 кг каждый. Стекловаренные горшки устанавливают по периметру печи у боковых стен. Шихта в стекловаренном горшке получает тепло главным образом за счет излучения от свода печи: чем ниже свод, тем интенсивнее прогрев горшка и находящейся в нем шихты. Шихту загружают только в горячие горшки, имеющие на дне подушку из расплавленного стекла толщиной до 10 см.

При варке в горшковых печах все процессы – силикатообразование, стеклообразование, осветление и охлаждение – чередуются. Варку стекла в горшковых печах принято условно делить на четыре стадии: разогрев печи, наварка стекла, осветление и студка до температуры выработки. Примерный график варки натрий-кальций-силикатного стекла для производства сортовой посуды и художественных изделий приведен на рисунке.

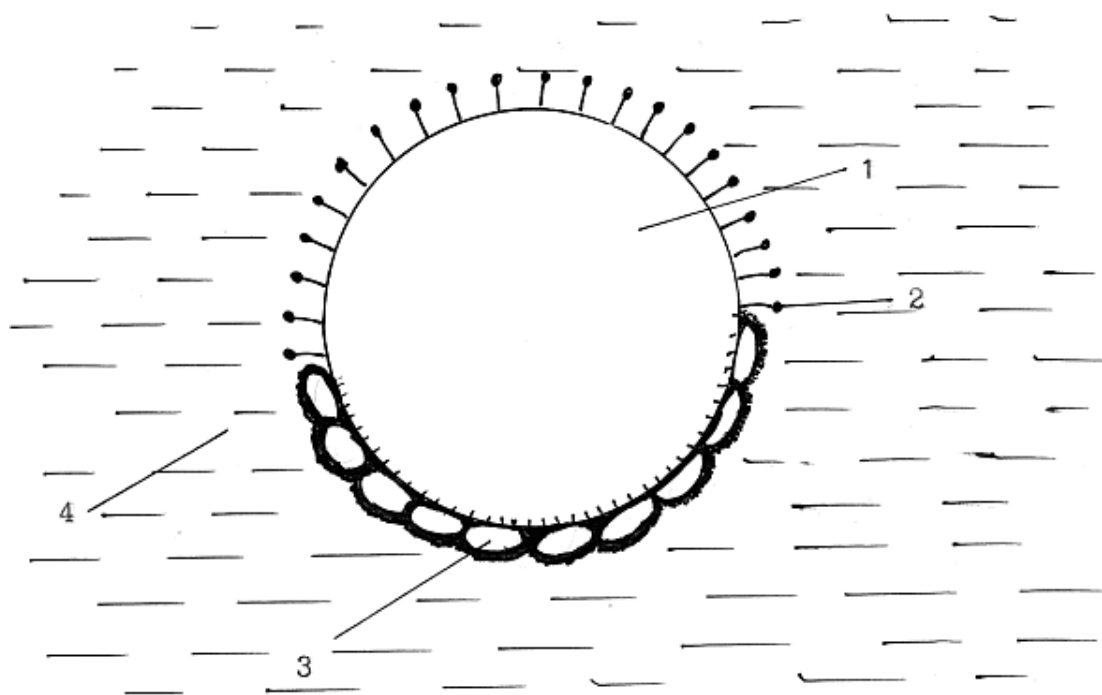


Рис.10. Схема минерализации воздушного пузырька

1 – пузырек воздуха, 2 – реагент, 3 – минералы, 4 – вода

Варка стекла в ваннных печах

Процесс варки стекла в ваннных печах аналогичен процессу варки в горшковых печах. В ваннных печах непрерывного действия засыпка шихты, варка стекла и выработка стеклоизделий происходят одновременно. Ванная стекловаренная печь представляет собой сложный теплотенический агрегат. Варка стекла в ваннных печах непрерывного действия протекает в иных условиях, чем варка в горшках: силикато- и стеклообразование, осветление и студка в них осуществляется одновременно и непрерывно на соответствующих участках по длине печи. Течение этих процессов осуществляется в условиях непрерывного смещения поверхностных слоев расплава. Главной причиной движения стекломассы в ванной печи является разность уровней, которая возникает в условиях отбора стекломассы на выработочном конце печи. Следовательно, в ванной печи постоянно существует выработочный поток, который питается за счет свежих порций шихты, превращающихся в стекломассу. Непрерывность процесса варки позволяет обеспечивать в ваннных печах постоянство технологических режимов и уровня стекломассы.

Варка окрашенных и глушеных стекл. Обесцвечивание стекла

В производстве полых стеклоизделий большое значение имеют окрашивание, глушение и обесцвечивание стекла. В производстве сортовой посуды цвет имеет декоративное значение. Глушение и обесцвечивание стекла можно считать разновидностями окрашивания. Окрашивание, глушение и обесцвечивание производятся при стекловарении в результате ввода в шихту различных красителей, глушителей, обесцвечивателей.

Стекломасса окрашивается при растворении красителей в период варки. Для варки цветных стекол используют горшковые и ваннные печи непрерывного и периодического действия. Температурный режим варки и выработки цветных стекол зависит от вида применяемого красителя. Стекла, содержащие оксид кобальта, никеля, железа (синее и дымчатое стекло) обладают меньшей теплопрозрачностью; их варят при температуре около 1490 градусов С. Выработка изделий из этих стекол из-за большой скорости твердения также производится при более высоких температурах. Стекла, окрашенные соединениями марганца, селенового рубина, можно варить при температуре 1400-1420 градусов С. Чтобы добиться расширения гаммы цветных стекол, необходимо соблюдать последовательность ввода красителей при варке. При смене цвета нужно учитывать близость цветовых тонов, к примеру, лучше варить стекло, окрашенное соединениями марганца, после варки стекол зеленого цвета, так как соединения хрома окисляют соединения марганца и способствуют получению интенсивных фиолетовых тонов. Недопустима варка натрий-кальций-силикатных стекол, окрашенных селеном малых концентраций (розалин, неодимовый рубин), после варки селенового рубина, так как это приводит к выделению пузырей из-за ограниченной растворимости в стеклах этого состава. Желательно первоначально варить стекла с красителями, которые легко окисляются или восстанавливаются, к примеру, с серой, с селеном, соединениями марганца. Переход от варки стекла одного цвета к другому без остановки печи требует много меньше затрат труда и меньше времени, чем при сливе стекломассы и наполнении ее стеклом нового состава. Нужно иметь в виду, что при непосредственном переходе от варки стекла одного цвета к другому могут возникнуть пузырьки воздуха, полосы другого цвета и свили.

Большинство цветных стекол относится к группе натрий-кальций-силикатных. Кроме того, используются составы стекол с повышенным содержанием оксида цинка для варки селенового рубина, а также составы свинцовых хрусталей с различным содержанием оксида свинца.

Глушение стекла можно определить как разновидность окрашивания стекла. Глушение стекла вызывается частицами, выделяющимися в стекле при охлаждении или дополнительной тепловой обработке вследствие ограниченной растворимости некоторых веществ в стеклах. Размер частиц здесь значительно больше, чем при коллоидном окрашивании, поэтому рассеяние света значительно преобладает над поглощением и пропусканием. Поскольку частиц в стекле выделяется много, рассеяние света идет во все стороны. В зависимости от размеров и количества выделившихся частиц можно получить эффект глушения от слабого – опаловые стекла, до интенсивного – молочные стекла. Сами частицы могут быть белыми или цветными. Глушеные фторидами и фосфатами стекла имеют, к примеру, белые частицы, а типа хромового и медного авантюрита – цветные частицы. Цветное глушение происходит также при укрупнении размеров частиц при коллоидном окрашивании. Глушение может быть достигнуто при образовании неоднородностей при расслоении стекла; известно глушение стекла пузырьками газов.

Для получения так называемых молочных и накладных изделий из сортовых стекол используется глушение в основном фтором и фосфором, а также сульфидом цинка. Сульфид цинка обладает ограниченной растворимостью, которая снижается по мере охлаждения стекла. Он способен выделяться при определенной температуре и концентрации в виде мелких кристаллов. Глушение стекла может меняться от светлого опалового до белого, молочного с полосами, желтого и коричневого цвета от сульфида железа; изделия часто называют мраморовидными.

Условия варки глушеных стекол, особенно цветных, аналогичны условиям варки цветных прозрачных стекол. Для окрашивания глушеных стекол применяются те же красители, что и для окраски прозрачных стекол. В силу того, что окрашивание наблюдается в отраженном свете, то действие красителей иногда отличается от их действия в прозрачном стекле. Для получения глушеных стекол насыщенных цветов количество красителя должно быть увеличено.

Обесцвечивание стекла. Уменьшение светопрозрачности бесцветного стекла или появление заметных цветовых оттенков, особенно желтых, зеленых, голубых, снижают эстетическую ценность изделий; эти нежелательные явления обусловлены содержащимися в исходном сырье примесями оксидов железа и устраняются обесцвечиванием. Примеси сотых долей процента оксидов железа придают стеклу в зависимости от степени окисления зеленый, желто-зеленый или сине-зеленый оттенки. С присутствием серы появляется коричневый оттенок. Перевод соединений железа в оксидную форму, менее интенсивно окрашивающую стекло, может быть достигнут главным образом за счет окисления в процессе варки, т.е. происходит химическое обесцвечивание; в качестве химических обесцвечивателей используются нитраты натрия и калия, оксиды мышьяка, марганца и церия.

Однако зачастую химического обесцвечивания оказывается недостаточно и применяется физическое обесцвечивание, сущность которого основана на оптическом сложении цветов, при этом вводится понятие дополнительного цвета, который в сумме с данным дает белый цвет. Для наглядного изображения цветов, использующихся при оптическом сложении удобно использовать равносторонний треугольник, в вершинах которого записаны основные цвета: красный – К, зеленый – З, синий – С (рис.12). Образующиеся при оптическом наложении цвета записываются на сторонах треугольника: желтый = К+З; голубой = С+З; пурпурный = К+С. Как видно из рисунка, цвета, расположенные в вершинах треугольника и на соответственно противоположных сторонах, являются дополнительными: синий +желтый, зеленый +пурпурный, красный+голубой.

При физическом обесцвечивании стекла в его состав вводят в небольших количествах определенные красители, которые окрашивают стекло в цвет, дополнительный к цвету, создаваемому оксидами железа. В результате сложения цветов видимый оттенок исчезает и стекло становится бесцветным. В отличие от химического обесцвечивания в этом случае общая светопрозрачность стекла несколько снижается. Как уже говорилось, оксиды железа создают в стекле зеленые, желто-зеленые и сине-зеленые оттенки, соответственно для обесцвечивания должны вводиться красители, окрашивающие стекло соответственно в красный (розовый), синий и пурпурный (пурпурно-фиолетовый) цвета. Для этой цели используют селен и оксид эрбия (розовый цвет), оксид кобальта (синий цвет), оксиды никеля, марганца, неодима (пурпурный и пурпурно-фиолетовый цвета).

Пороки стекломассы

От качества стекла зависит и качество изделий из него, особенно сортовой посуды, декоративных и художественных изделий. Качество же стекла характеризуется химической и физической однородностью и отсутствием инородных включений. Пороки стекла вызываются технологическими нарушениями процессов стекловарения. Пороки стекломассы делятся на три группы: твердые включения (кристаллы и камни); газообразные включения (пузыри); стекловидные включения (свилы и шлиры).

Твердые включения – наиболее опасный порок стекломассы. Они вызывают местные напряжения, которые мешают нормальному отжигу изделий, понижают их механическую прочность и термическую устойчивость, а также являются причиной саморазрушения изделий. Твердые включения, частично растворившиеся в стекле, обычно сопровождаются свилем и пузырями. Пороки в стекле появляются при кристаллизации стекломассы, при наличии некоторых труднорастворимых минералов шихты, при разьедании огнеупора и при наличии посторонних загрязнений. Продукты разрушения огнеупоров появляются в результате низкого качества огнеупоров, высокой температуры стекловарения, наличие в составе стекла значительного количества щелочей, борного ангидрида, оксида свинца, разьедающих огнеупоры. Продукты кристаллизации возникают вследствие кристаллизации самого стекла. Кристаллизация чаще всего возникает на поверхности стекломассы около газовых пузырей, на границе с огнеупорами, вокруг шихтных и шамотных камней, на свилах. Продуктами кристаллизации могут быть различные кристаллы, химический состав которых обусловлен составом стекломассы.

Значительно уменьшить склонность стекла к кристаллизации можно корректированием его химического состава. Ликвидировать кристаллы можно повышением температуры.

Газообразные включения делят на пузыри (диаметром более 0,8 мм) и «мошку» (диаметром менее 0,8 мм). По форме газовые пузыри бывают сферическими, эллипсоидными, волосяными. В них могут содержаться различные газы: кислород, азот, окись и двуокись углерода, сернистый газ, окислы азота, пары воды, воздух а также их смеси. Пузыри в стекле могут быть первичного и вторичного происхождения. Первичные пузыри могут возникать и оставаться в стекломассе в основном из-за недостаточно высокой температуры процесса осветления, его скоротечности, недостаточного количества осветлителей. Вторичные пузыри могут появиться и в полностью осветленном стекле. Их возникновение вызывается повторным нагреванием стекломассы (в таких случаях появляется «мошка»), взаимодействием стекломассы с газами печи, выделением газов из огнеупоров, механическим занесением газов и воздуха в стекломассу, попаданием металлического железа в стекломассу (при попадании в стекломассу железо вызывает обильное выделение пузырей, которые часто бывают окружены бурой оболочкой стекла, окрашенного окислами железа). Чем больше размер пузырей, тем ближе к месту или моменту выработки они образовались.

Способы обработки стекла. Материалы и инструменты, применяемые для обработки стеклоизделий

Химическая обработка стеклоизделий

Химическая обработка стеклоизделий включает в себя декоративное травление художественных рисунков и полирование алмазной резьбы. В основе этих видов обработки лежат химические процессы взаимодействия стекла с фтористым водородом, плавиковой кислотой и ее солями.

При химической обработке фтористый водород и плавиковая кислота разрушают поверхностную кремнекислородную пленку и кремнекислородные образования – основу стекла; другие оксиды, входящие в состав стекла, также реагируют с фтористым водородом и плавиковой кислотой, образуя фториды и завершая таким образом процесс разрушения стекла. Так как в зоне реакции выделяется и кремнефтористоводородная кислота, то кроме фторидов образуются и соли кремнефтористоводородной кислоты. Если при обработке стекла образуются нерастворимые соли, прочно связанные со стеклом, протравленная поверхность стекла остается матовой, если растворимые – прозрачной.

Химической обработке часто подвергают не все изделие, а только некоторые участки; остальная поверхность, которая должна остаться необработанной, защищается кислотостойким покрытием. Защитные покрытия изготавливают из восков (пчелиного, озокерита), углеводородов (парафина, цезерина), высших жирных кислот (стеарина), смол (канифоли, битума, каучука), жиров и масла (льняного, олифы, животного жира), синтетических полимеров (поливинилхлорида), металлов (свинца). Компоненты защитных покрытий комбинируют таким образом, чтобы смеси получились жидкими и их можно было наносить кистью при обычной температуре, или расплавлялись только при повышенной температуре и наносились путем погружения в расплав или обваливанием. Покрытие должно хорошо наноситься на стекло, обладать хорошим сцеплением со стеклом, быть эластичным и прочным при достаточно тонком слое. Защитные покрытия наносят кистью, погружением в расплав, с помощью трафаретной печати, штепелем, распылением.

При матовом травлении эффект матовости дают нерастворимые кристаллы солей, образующихся при взаимодействии плавиковой кислоты со стеклом. Кристаллы нерастворимых солей защищают поверхность стекла от дальнейшего разрушения, тогда как в промежутках между образовавшимися кристаллами плавиковая кислота продолжает свое разрушающее действие до тех пор, пока не образуются нерастворимые соли. Благодаря этому на поверхности стекла образуются неровности, усиливающие рассеяние света и обуславливающие матовый характер поверхности. Фактура поверхности зависит от состава стекла, скорости протекания реакции, размеров кристаллов и их количества.

При одинаковом травильном растворе на натрий-кальций-силикатных стеклах получается плотная и достаточно грубая фактура, на кальций-свинец-силикатных – более тонкая и полупрозрачная. Повышение температуры ускоряет образование плотной матовой фактуры. При малой скорости протекания реакций повышается равномерность травления, поэтому большие поверхности обрабатывают разбавленными матирующими растворами.

Размеры кристаллов зависят от условий их образования, например, при травлении в водном растворе кристаллы получаются относительно крупными; крупные кристаллы правильной формы делают поверхность стекла более прозрачной. Если травильный раствор

приготовлен в виде пасты, то образуются мелкие кристаллы; чем больше кристаллов на единице площади стекла, тем плотнее и менее прозрачна его фактура.

При светлом травлении в результате реакций образуются растворимые соли и стекло получается гладким и блестящим. В следствие того, что соли не защищают стекло, плавиковая кислота может разрушить стекло на большую глубину. При светлом травлении применяют более концентрированную кислоту, которая быстро растворяет стекло, однако фактура стекла может получиться неравномерной и это можно использовать как декоративный прием.

Характер декоративного травления зависит от концентрации плавиковой кислоты и скорости протекания реакции. С течением времени процесс травления замедляется, чтобы его ускорить раствор перемешивают или изделие перемещают в растворе; при этом соли быстрее удаляются из зоны реакции. Если травящий раствор постоянно течет в одном направлении относительно изделия, то на стекле образуются полосы, так называемое линейчатое травление. При травлении по цветному стеклу накапливающиеся соли снимают кистью.

Основные материалы для травления – фтористый водород, плавиковая кислота и ее соли. В зависимости от применяемых материалов существуют следующие виды травления: парами плавиковой кислоты, концентрированной или разбавленной плавиковой кислотой, пастами и т.д. Процесс химической обработки регулируют, добавляя в травильный состав минеральные кислоты и активные вещества, участвующие в образовании фторосодержащих солей. В травильные составы можно вводить взамен плавиковой кислоты фториды аммония или щелочных металлов и минеральные кислоты, которые, взаимодействуя друг с другом, образуют плавиковую кислоту.

Плавиковая кислота разрушает не только стекло, но и другие материалы, поэтому оборудование, которое используют при химической обработке, изготавливают из материалов, не взаимодействующих с плавиковой кислотой.

Для полирования стеклоизделий применяют смесь плавиковой и серной кислот. Основной компонент смеси – плавиковая кислота, вступая в реакцию со стеклом, образует газообразный вторид кремния, а также фториды и кремнефториды металлов. Эти реакции приводят к растворению стекла и сглаживанию шероховатостей на шлифованной поверхности. Фториды и кремнефториды, образующиеся при взаимодействии плавиковой кислоты со стеклом, в основном малорастворимы и быстро покрывают плотным слоем поверхность стекла. Вводимая в полирующую смесь серная кислота взаимодействует с выделяющимися фторидами и кремнефторидами, превращая их в легкосмываемые сернокислые соли. Процесс протекает в два этапа: на первом этапе образуются определенные продукты реакции, на втором – происходят обратимые реакции и их результат зависит от концентрации серной кислоты, содержания воды и температуры.

Для полирования вместо плавиковой кислоты можно использовать ее соли, в частности фторид-бифторид аммония. Для химического полирования изделий из свинцового хрусталя используют полирующую смесь из фторида-бифторида аммония и серной кислоты.

Полирующие смеси готовят разных составов и концентраций для обработки разных изделий. Отполированные изделия промывают в воде и серной кислоте разной концентрации; температура полирующих смесей и воды 50-70 градусов С.

Термическая обработка

Термической обработкой называется процесс тепловой обработки, суть которого в нагреве стекла до определенной температуры, выдержке при этой температуре и последующем охлаждении с заданной скоростью с целью изменения или свойств стекла, или формы и поверхности изделия. Видами термической обработки, в результате которых изменяются свойства изделий и материала являются отжиг, закалка, упрочение; меняются форма и поверхность изделий – моллирование, отопка и оплавление края изделий, термическое полирование. Отопку и оплавление края изделий выполняют при предварительной обработке, термическое полирование – в сочетании с другими видами декоративной обработки.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.