Федеральное агентство по образованию РФ

Белгородский Государственный Технологический Университет им. В.Г.Шухова

*Кафедра ОХТ*

Курсовая работа по дисциплине Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

*На тему:* "Технологический расчет производства хрусталя"

*Выполнил*

 студентка группы

ХТ-31

Сехна Алена

*Проверил*: Шиманская М.С.

Белгород2009

*План*

Введение

Литературный обзор

1. Приготовление шихты

1.1 Сырьевые материалы

1.2 Вспомогательные вещества

1.3 Получение, контроль и транспортировка шихты

2. Варка стекла в печах периодического и непрерывного действия

2.1 Стадии стекловарения

2.2 Декорирование обработка стеклоизделий

Заключение

Список литературы

*Введение*

Стекло является одним из важнейших искусственных материалов, прочно вошедших в быт, культуру и технику людей всего мира.

Еще немногим более 100 лет назад области применения стекла были довольно ограниченны. Фактически из него изготавливали только посуду, оконное стекло, ювелирные изделия и стекла для очков, биноклей, микроскопов и некоторых оптических приборов.

Однако и в то время, т.е. к концу 19 века, стекло уже играло очень большую роль в техническом и культурном прогрессе человечества. Крупнейшие открытия в области астрономии, микробиологии, зоологии, ботаники и медицины удалось сделать благодаря созданию сложных оптических приборов, в которых самые главные детали – линзы- были сделаны из стекла. Благодаря стеклу человечество получило дешевую, красивую и гигиеническую посуду.

Слово "хрусталь" есть искаженное слово "кристалл", под которым в древности понимали кварц (горный хрусталь); его принимали за окаменевшую воду. Уже отсюда можно видеть, что основным достоинством хрусталя всегда считали его прозрачность и белизну. Действительно, именно прозрачность стекол является наиболее ценным и характерным их свойством. В этом отношении стекло нередко сравнивают с алмазом и другими драгоценными минералами.

В более позднее время под термином "хрусталь" стали понимать свинцовые стекла (флинты), так как при отсутствии в те времена достаточно чистых материалов только свинцовые стекла удавалось получать вполне бесцветными, тогда как другие стекла имели зеленоватый оттенок. Именно в связи с этим и теперь нередко отождествляют термины "хрусталь" и "свинцовый хрусталь". Более правильно называть хрусталем стекло с высокой степенью прозрачности и белизны, считая эти два свойства основными характеристиками хрустальных стекол. Хрустали следует подразделять на отдельные виды, характеризуемые составом и зависящими от него другими свойствами.

Свинцовый хрусталь, применяемый для изготовления высокосортных художественных изделий и лучшей столовой посуды, имеет наибольшие белизну, прозрачность и показатели преломления и дисперсии.

Изделия из свинцового хрусталя обычно обрабатываются алмазной гранью, как правило, покрывающей большую часть их поверхности, что придает им особую "игру".

Хрусталь - это прозрачное декоративное стекло, блеск которого обусловлен преломлением света в гранях. Хрусталь можно сравнить с бриллиантом, ведь в обоих случаях стоимость готовых изделий зависит от качества огранки и исходного материала.

Король Якоб I в связи с активными военными действиями Великобритании запретил использовать дерево в производственных целях, сделав исключение лишь для кораблестроителей. Заводы, оснащенные стекольными печами, были переведены на уголь. И именно в угольных печах обнаружился уникальный эффект обесцвечивания стекла.

В 1676 стекольных дел мастер Георг Рейвенскрофт разработал технологию смеси, содержащую оксид свинца. Это позволило обеспечить феноменальную для того времени прозрачность стекла. Хрусталь, изготовленный подобным способом, невозможно разрушить кислотой и щелочью. Разумеется, современные технологии производства хрусталя намного совершеннее технологии Равенскрофта, но все они обязаны своим существованием именно великому мастеру стекольного дела.

Несколько веков спустя технология появилась во Франции, где изделия из хрусталя и стали по-настоящему популярными и востребованными. Магазин хрусталя в Париже, предлагавший посуду из хрусталя, хрустальные вазы, фужеры стал излюбленным местом посещения различной гостившей в столице Франции знати.

В Россию хрусталь пришел в конце восемнадцатого века. Российские мастера с присущей им сноровкой и талантом вскоре овладели мастерством производства хрусталя, не уступающего знаменитым британским и французским изделиям. Посуда из хрусталя, произведенная в Российской империи, сегодня является желанной в коллекции любого знаменитого коллекционера изделий из хрусталя.

Хрусталь по своей природе является необычайно мягким материалом, поэтому изделия из хрусталя при производстве обычно подвергаются алмазной огранке. Технология подразумевает обработку вращающимися кругами искусственного алмаза, после чего происходит полировка кислотами. Это придает окружающим нас хрустальным вазам, фужерам и прочей посуде из хрусталя твердости и делает переливы всех цветов радуги в ее гранях еще более завораживающими.

Несмотря на то, что развитие стекольной индустрии не стоит на месте, и сегодня уже предлагаются намного более практичные и дешевые материалы, нежели хрусталь, он еще долгое время останется популярным на различных приемах и светских раутах. Изделия из хрусталя поражают, прежде всего, своей натуральной, природной прозрачностью, которую невозможно имитировать при помощи даже самой современной химии.

Изделия из хрусталя, украшаются гравировкой, огранкой, резьбой. Хрусталь поистине можно назвать "королем стекла", ведь когда смотришь, как суетливо играют все цвета радуги в хрустальных гранях, невольно вспоминаешь о бриллиантах. И это не случайно, поскольку дорогой хрусталь отличается невероятной игрой света, что не свойственно ни одному существующему материалу, за исключением драгоценных камней. Элитный Хрусталь всегда восхищал и в тоже время отпугивал человека, вселяя страх своей загадочной, магической красотой. Древние народы принимали хрусталь за окаменевший лед, поскольку находили его на вершинах высоких гор, где лежат вечные снега. Элитный Хрусталь обладает идеальной прозрачностью - он прозрачнее воздуха и воды. Именно за безукоризненную чистоту и прозрачность так ценится хрусталь и является своеобразным символом целомудрия, скромности и чистоты помыслов. Не так давно изделия из хрусталя были чем-то большим, нежели предметы быта, а "витрины" кухонных шкафов, заполненные ими являлись обязательным атрибутом любой квартиры - количество и разнообразие хрусталя в доме свидетельствовало о социальном статусе хозяев. Когда период "развитого социализма" ушел в историю, оказалось, что хрустальные вещи – это красивая посуда, делающая любое застолье торжественным мероприятием, великолепные светильники и люстры, украшающие гостиные сверкающими переливами света. Безусловно, кто-то может сказать, что русский хрусталь уже давно вышел из моды, однако классика, как известно, не может устареть. Оригинальные сувениры, причудливые талисманы из ограненного хрусталя, модные фигурки европейского и восточного зодиакальных циклов, изысканные цветы или букеты из хрусталя всевозможных оттенков и огранки всегда будут беспроигрышно смотреться в любом интерьере.

*Литературный обзор*

Стекло является одним из важнейших искусственных материалов, прочно вошедших в быт, культуру и технику людей всего мира. В быту используются самые разнообразные виды изделий из стекла. Это стеклянная посуда и декоративные изделия: стаканы, изделия на ножке, вазы для цветов и фруктов, письменные и туалетные приборы, пепельницы, декоративные изделия и т.д.

Вот краткий обзор предприятий производящих хрусталь:

* ОАО "Дятьковский Хрусталь" – современное, динамично развивающееся предприятие, обеспечивающее производство самого широкого спектра продукции из хрусталя с более чем 200 летней историей.

Дятьковскую продукцию знают в Австралии, Великобритании, Венгрии, Иордании, Италии, Португалии, США, Франции, Японии и других странах. Огромный опыт художественной культуры, накопленный за два столетия, продолжает развиваться умелыми высококлассными мастерами, талантливыми художниками-дизайнерами и в настоящее время.

Ручной способ является основным методом выработки и декорирования Дятьковского хрусталя.

Опытные художники создают оригинальные формы. В сочетании с классической огранкой, выполненной руками кудесников своего дела, замечательных мастеров Дятьковского хрусталя, рождается гармония чистого прозрачного материала и сверкающих рисунков алмазной грани.

Наряду с поиском новых средств художественной выразительности, интересных образных и композиционных решений воплощении творческого замысла, используются традиционные методы декорирования: гутная техника, алмазное гранение, гравировка.

Дятьковский хрусталь это:

Продукция отличного качества "на любой вкус" из драгоценного, чистейшего хрусталя

Оригинальный дизайн, разработанный талантливыми художниками стекла

Ручная работа в лучших традициях Российских мастеров

Более 200 лет на рынках России и мира

* "Борисовский хрустальный завод имени Ф.Э.Дзержинского" - второй по величине завод в Республике Беларусь, выпускающий посуду и художественные изделия из стекла и хрусталя. Является одним из старейших предприятий стекольной промышленности (основан в 1898 году).

В настоящее время предприятие производит более 2000 образцов изделий из хрусталя и бесцветного стекла:

посуду для сервировки стола (бокалы, рюмки, фужеры, вазы для крема, вазы для конфет, вазы для печенья, вазы для фруктов, графины, кувшины, стаканы);

вазы для цветов;

сувениры;

рассеиватели света для комплектации электротехнических изделий (люстры, торшеры, бра).

Продукция завода экспортируется в 16 стран мира. Её ассортимент ежегодно обновляется и пользуется возрастающим спросом в странах ближнего и дальнего зарубежья.

В 24 странах на международных выставках и ярмарках экспонировались и отмечались медалями и дипломами лучшие изделия заводчан.

Высокое качество продукции, современный дизайн, уважение и понимание интересов заказчиков - основа многолетнего успеха Борисовского хрустального завода.

Талантом и трудом мастеров создаётся то, что может оставаться полезным, приятным и необходимым на долгие годы.

* "Первомайский стекольный завод" основан в 1879 году.

Основным направлением деятельности завода является производство изделий из хрусталя (ручным способом и методом прессования с ручной алмазной доработкой) и производство изделий из стекла.

"Первомайский стекольный завод" предлагает широкий ассоримент оригинального накладного хрусталя и цветного стекла как в традиционном классическом исполнении, так и в новых современных формах.

Художники завода неустанно работают над внедрением новых изделий.

Хрусталь и стекло насыщенного синего цвета никогда не оставят покупателей равнодушными.

* Стеклозавод "Неман" - предприятие с вековыми традициями стекловарения. В 1883 году на берегу реки Неман последователи мастеров знаменитого Дятьковского завода Юлиус Столле и Вильгельм Краевский организовали, производство стекла.

В настоящее время - это современное технически оснащенное предприятие по производству изделий из хрусталя, цветного и бесцветного стекла со всевозможными видами декорирования. Ассортимент предприятия представлен 3 000 видами изделий для сервировки домашнего стола, кафе, ресторанов, интерьеров домов и офисов.

Изделия завода пользуются популярностью во всем мире. Продукция "Неман" экспортируется в Россию, Германию, Голландию, Бельгию, Болгарию, Грецию, Италию, Францию, США, Канаду, Казахстан, Литву, Латвию, Эстонию и другие страны ближнего и дальнего зарубежья.

Мастерство потомственных стеклодувов и технологические возможности завода совершенствуются в соответствии с требованиями рынка

* Хрустальный SWAROVSKI.В любой сфере деятельности есть культовые имена, которые воспринимаются окружающими с преклонением и вне обсуждения. Если говорить о мире хрусталя, то такое имя - Swarovski. Этому бренду уже более ста лет.С 1992 года Swarovski выпускает аксессуары для дома, приглашая к сотрудничеству известных дизайнеров Борека Сипека, Андре Путман и др. Стразы Swarovski используют в своих коллекциях Дома Chanel, Christian Dior и многие другие. Недавно Swarovski пригласила знаменитых дизайнеров Фернандо и Умберто Кампана, Тома Диксона, Винсента Ван Дуйсеыа и другую талантливую молодежь создать объекты под своей маркой. Легко представить восторг профессионала, которому дали вволю хрусталя и сказали: делай все что хочешь, лишь бы это могло служить люстрой. Такой подход оказался плодотворным, и результат превзошел все ожидания. Новые люстры меньше всего похожи на привычных себя. Получился увлекательный световой аттракцион - раскидистые ветки, торнадо, водопады... Поглядеть на сверкающие чудеса в заброшенном миланском особняке, расположенном рядом с концептуальным магазином Бруно Райнальди, собралась вся светская тусовка старушки Европы.

Недавно компания открыла и еще одну новую сферу применения своего уникального продукта. Теперь любители роскоши могут наслаждаться переливающимися настенными картинами и инкрустированной волшебными стразами мебелью. Как и произведения великих художников, картины, выполненные из хрусталя Swarovski, живут своей тайной жизнью: причудливые цветы, птицы и животные как бы находятся в постоянном движении, играя своими прозрачными гранями. Впечатление от живых картин усиливает фибро-оптическая подсветка, обеспечивающая эффект глубины.

В 1995 году фирма отпраздновала свое столетие. В австрийском Ваттенсе, где размещается штаб-квартира компании, открылся подземный музей "Хрустальные миры Сваровски". Сегодня в мире действуют 67 фирменных магазинов Swarovski. В Москве выбор изделий достаточно широк - начиная от популярных фигурок и заканчивая ювелирными образцами. Среди Silver Crystal есть так называемые профессиональные серии - хрустальные фотоаппараты, микроскопы, скрипки, рояли. Хрустальные пишущая машинка или сотовый телефон обойдутся в 1444 руб. Символ фирмы - маленький лебедь - обойдется всего в 2385 руб., а для любителей больших форм найдется и лебедь-гигант аж за 192 тыс. рублей. И, конечно, есть всевозможные украшения: серьги, браслеты, бусы, подвески и т.д.Хрусталь давно используют в декоративно-прикладном искусстве, в том числе и при производстве сувенирной продукции, дорогих подарков клиентам и руководителям крупных компаний, и другим высокопоставленным лицам: фужеры, рюмки, графины, сувениры из хрусталя различных форм, пепельницы из хрусталя, хрустальные подсвечники, хрустальные рамки для фотографий, шкатулки из хрусталя и многое другое.

1. *Производство шихты*

**1.1 Сырьевые материалы**

Сырьевые материалы для производства стекла и стеклоизделий условно делят на две группы: *основные* и *вспомогательные.*

Основные материалы содержат оксиды, образующие основу стекла и определяющие его свойства. Вспомогательные материалы представляют собой вещества, которые вводятся для изменения характеристик стекла и ускорения процесса стекловарения (красители, обесцвечиватели, глушители, окислители и восстановители, ускорители варки). Сырьевые материалы могут быть также разделены на природные и синтетические. В стеклоделии в основном применяют природные материалы: кварцевый песок, известняки, доломиты, нефелины, полевые шпаты. Остальные материалы, как правило, синтетические: кальцинированная сода (карбонат натрия), поташ (карбонат калия), свинцовый сурик и глет (оксиды свинца), красители и др. Качество сырьевых материалов (химический и гранулометрический составы, примеси и т.п.) регламентируются соответствующими государственными стандартами и техническими условиями, которые периодически пересматриваются и уточняются.

*Основные материалы*

*Кремнеземсодержащие материалы.* Основным материалом для ввода в стекло SiO2 является кварцевый песок. Качество песков оценивают по их химическому и зерновому составу. Главное требование к пескам — максимальное содержание SiO2 и минимальное содержание окрашивающих примесей. Для стекловарения применяют пески, содержащие не менее 95% кремнезема и регламентируемое количество окрашивающих примесей, среди которых наиболее распространенными являются оксиды железа. В песках могут содержаться также оксиды титана, ванадия, хрома и сульфиды. При производстве изделий из различных стекол предъявляются различные требования к химическому составу кремнеземсодержащего сырья. Основные из них приводятся в таблице 1:

|  |  |
| --- | --- |
| Вид стекла | Содержание, % |
| SiO2 (не менее) | Fе2О3 (не более) |
| Оптическое |  99,8  | 0,01 |
| свинцовый хрусталь | 99,8 | 0,01-0,015 |
| Полированное и техническое  | 98,5  | 0,03-0,07 |
| Оконное | 95,0 | 0,05-0,15 |
| Тарное | 95,0 | 0,05-0,25 |

 Таблица 1. Требования к содержанию SiO2 и Fе2О3 в кремнеземсодержащих материалах различных стекол

Пески с повышенным содержанием примесей обогащают (целесообразно делать на месте добычи), чтобы получить содержание примесей в указанных количествах. Содержание в песках красящих примесей при производстве высококачественных бытовых изделий из свинцового хрусталя и бесцветных Nа-Са-Si- стекол не должно превышать, %: V2О5 — 0,05; TiO2 — 0,05; Сr2О3 — 0,0001, сульфидов — 0,01-0,001.

При варке стекла важно учитывать размеры зерен песка, особенно количественное соотношение зерен по размерам. В производстве листового стекла, тары и бытовой посуды рекомендуется применять кварцевые пески, в которых содержание фракций размером 0,1-0,5 мм составляет 85-90%. Для ускорения процесса стеклообразования необходимы мелкие пески с равномерным гранулометрическим составом. Для ускорения процесса варки лучше применять песок с зернами остроугольной формы, так как в этом случае увеличивается реакционная поверхность по сравнению с зернами сферической формы. Для оптического и кварцевого стекол применяют природный, например, жильный кварц высокой чистоты. В последнее время диоксид кремния стали производить искусственно — преимущественно для производства особо чистого кварцевого стекла. Синтетический SiO2 при этом получают следующими способами:

1) парофазным синтезом из тетрахлорида кремния в водородно-кислородном пламени

2) прямым окислением тетрахлорида кремния в кислородной низкотемпературной плазме

3) из геля SiO2 путем его высушивания, термообработки и плавления при 1800°С;

4) выращиванием чистых искусственных кристаллов кварца (в автоклавах при повышенных температурах и давлениях) с последующим термодроблением и кислотной промывкой.

Первые два способа совмещают с наплавлением блоков кварцевого стекла.

*Глиноземсодержащие материалы.* Ввод Аl2О3 в натрий-кальций-силикатные стекла снижает температурный коэффициент линейного расширения, повышает химическую устойчивость, улучшает механическую и термическую прочность. В производстве листового стекла и стеклотары для ввода Аl2О3 обычно применяют многокомпонентные глиноземсодержащие материалы. В большинстве случаев для ввода Аl2О3 используют концентраты полевошпатовых, пегматитовых и нефелиновых горных пород.

В состав высококачественных стекол Аl2О3 вводят чаще всего чистым техническим глиноземом и иногда гидратом глинозема.

*Борсодержащие материалы.* Введение в состав стекла незначительного количества (до 2%) оксида бора значительно облегчает варку и осветление стекла, снижает температуру варки, улучшает физико-химические свойства стекла, например, термическую и химическую стойкость.

Оксид бора вводят борной кислотой Н3ВО3, бурой Na2В4О7 . 10Н2О и боратом кальция. Массовое соотношение борного ангидрида и оксида кальция в борате кальция составляет 1,22-1,24.

*Натрийсодержащие материалы.* Основными материалами для ввода в стекло оксида натрия являются карбонат натрия (сода), сульфат натрия и нитрат натрия (селитра). Карбонат натрия содержит 58,5 Nа2О и 41,5% СО2, температура его плавления 854°С. Технический карбонат натрия для производства стекла должен содержать не менее 95% Nа2СО3 и не более 1% NaCl. В производстве бытовой посуды содержание Fе(ОН)3 ограничивается 0,01-0,02%. Частичным заменителем карбоната натрия может служить сульфат натрия, который обычно применяют в производстве стеклянной тары. Температура плавления сульфата натрия 884°С. Разложение Na2SО4 происходит при температуре 1200-1220°С с большим трудом, поэтому требуется ввод восстановителя.

Оксид натрия частично можно ввести и с горными породами, используемыми для ввода других оксидов, например Аl2О3 (нефелины, полевые шпаты, трахиты и т.п.).

Натриевую селитру применяют для ввода от 1 до 6% Nа2О. Роль натриевой селитры определяется ее окисляющим действием.

Из-за более высокой стоимости селитры по сравнению со стоимостью другого натрийсодержащего сырья, ее применение ограничено.

*Калийсодержащие материалы.* Оксид калия, введенный в натрий-кальций-силикатное стекло взамен оксида натрия, улучшает его оптические и выработочные характеристики, химическую устойчивость, цветовые характеристики. Сырьем для ввода К2О являются поташ (карбонат калия) и селитра (нитрат калия). Для повышения качества стекла необходимо, чтобы содержание в поташе красящих примесей и сульфата калия было минимальным. Так при варке свинцового хрусталя, когда вводят 12-15% К2О с поташом, содержание оксидов железа в поташе не должно превышать 0,002-0,003%, оксидов хрома — 0,0005%, а сульфат калия вовсе недопустим.

Нитрат калия (селитру) применяют как окислитель для введения от 1 до 6% К2О.

*Магнийсодержащие материалы.* Оксид магния улучшает кристаллизационные характеристики стекла, снижает ТКЛР. В качестве сырья для введения в стекло обычно используют доломит СаСО3 . МgСO3. Природные доломиты всегда содержат примеси песка, глинозема и железа. Постоянство состава и минимальное содержание вредных примесей (соединений железа) имеют важное значение для производства бытовой посуды и обесцвеченной стеклотары.

В качестве материалов для ввода МgО могут быть также применены (при условии постоянства состава) магнезит МgСО3, доломитизированный известняк и др.

*Стронцийсодержащие материалы.* Оксид стронция при замене части щелочноземельных оксидов улучшает выработочные характеристики, оптические свойства и химическую устойчивость стекла. Можно вводить до 6% оксида стронция в стекло для бытовых изделий и обесцвеченных бутылок, особенно малой вместимости. Оксид стронция можно ввести в стекло с карбонатом стронция SrСО3 (стронцианитом) и сульфатом стронция SrSО4 (целестином). Основное требование к этому сырью — малое содержание оксидов железа. При условии использования чистого сырья оксид стронция может вводиться в состав бессвинцовых хрусталей для бытовых изделий.

*Барийсодержащие материалы.*При введении небольших количеств ВаО ускоряется варка, улучшаются выработочные характеристики, особенно при механизированном формовании. ВаО повышает показатель преломления и плотность. Для ввода в стекло оксида бария наиболее подходящим сырьем является карбонат бария ВаСО3 или минерал витерит, могут также применяться нитраты и сульфаты. С карбонатом бария вводится 77,7% ВаО, а с нитратом бария — 58,6% ВаО.

*Свинецсодержащие материалы.* Оксид свинца является основным компонентом оптических и хрустальных стекол и определяет их высокие оптические свойства. Для введения в стекло РbО используют свинцовый сурик Рb3О4 и свинцовый глет РbО. При разложении сурика выделяется кислород, который осветляет стекломассу и поддерживает окислительную среду. Преимуществами использования свинцового сурика перед свинцовым глетом являются отсутствие примесей металлического свинца и минимальная возможность восстановления оксидов свинца.

Содержание красящих примесей в свинецсодержащем сырье должно быть минимальным: оксидов железа — не более 0,001%, соединений никеля, кобальта, меди — до 0,0001%.

Комплексным сырьем для ввода оксида свинца и кремнезема является силикат свинца с содержанием: РbО 70-71 %, SiO2 20-21 %. Силикат свинца представляет собой продукт промышленной переработки свинцовых кеков, содержание красящих примесей в нем превышает допустимые пределы. Материал может быть рекомендован для производства цветных стекол.

Цинксодержащие материалы. Добавка оксида цинка в стекло снижает температурный коэффициент линейного расширения, увеличивает коэффициент преломления и химическую устойчивость. Оксид цинка является обязательным компонентом селенового рубинового стекла. Для введения в состав шихты оксида цинка используют цинковые белила (промышленное название оксида).

**1.2 Вспомогательные материалы**

Наибольшую группу вспомогательных материалов представляют красители, которые являются соединениями различных металлов и распределяются в стекле на ионном, молекулярном и коллоидном уровнях. Малые количества некоторых красителей служат физическими обесцвечивателями

В ряде случае количество изделий из стекла определяется в основном их колером и блеском. Это относиться к изделиям из бесцветного свинцового хрусталя и натрий-кальций-силикатного стекла, но имеет значение и для стеклянной тары, например, бутылок для водки. Светопрозрачность бесцветного стекла или цветовые оттенки (особенно зеленые, голубые или желтые) снижают качество изделий и в ряде случаев недопустимы, поэтому в производстве бытовой посуды, художественных изделий и высококачественной бесцветной стеклотары большое внимание в первую очередь уделяют чистоте применяемого сырья и лишь потом – обесцвечиванию стекломассы.

Примеси железа дают в зависимости от степени окисления желто-зеленый или сине-зеленый, а в присутствии серы – коричневый оттенок. Оксиды железа в стекле находятся в состоянии подвижного равновесия. Условия равновесия зависят от состава стекла, температуры варки, наличия в стекле окислителей и восстановителей.

Химическое обесцвечивание осуществляется при вводе кислородосодержащих соединений: оксида мышьяка As2O3, селитра (натриевая и калиевая), а так же оксидов церия и марганца.

При применении селитры значительная часть кислорода выделяется из нее до стадии стеклообразования и удаляется с печными газами. Для дополнительного ввода кислорода и рационального использования кислорода селитры, одновременно с ней вводят в стекло оксид мышьяка As2O3.Обесцвечивающее действие мышьяка объясняется тем , что при сравнительно низких температурах As2O3 окисляется до As2O5 освобождающимися из селитры кислородом. При высоких температурах As2O5 диссоциирует с выделением свободного кислорода.

Благодаря окислительному действию соединений мышьяка равновесие между оксидами железа сдвигается в сторону образования трехвалентного железа. Но обесцвечивание стекломассы соединениями мышьяка имеет ряд недостатков ( соединения мышьяка токсичны и требуют ряд мер безопасности при введение их в шихту, образование пузырей, желтение стекла при воздействии солнечных лучей и т.п.).

Для обесцвечивания стекла и получения стеклоизделий, устойчивых к действию различных излучений, применяют соединения церия. Для эффективного обесцвечивания стекла оксид церия необходимо вводить в количестве, в 3 – 5 раз превосходящим количество находящегося в стекле оксидов железа. Рекомендуется вводить в шихту от 1 до 2 кг оксида церия на 1 т песка. С этим количеством оксида церия необходимо вводить от 5 до 10 кг селитры, тогда достигается полное химическое обесцвечивание стекломассы и требуется очень небольшая добавка физического обесцвечивания.

Сущность физического обесцвечивания заключается в том, что в состав стекол вводят небольшое количество специальных красителей, которые окрашивают стекло в цвет, дополнительный к цвету, создаваемому окидами железа. Применение физических обесцвечивателей всегда связано со снижением светопропускания стекла, в то время как при химическом обесцвечивании оно повышается. В качестве физических обесцвечивателей применяют селен и его соединения, оксиды никеля, кобальта, марганца, неодима и эрбия.

*Селен* является одним из основных обесцвечивающих материалов при варке бессвинцовых стекол для изделий бытового назначения. Розовая окраска, создаваемая в стекле элементарным селеном, компенсирует сине-зеленую окраску, получающуюся от примесей железа. Значительным свойством селена перед другими обесцвечивателями является сравнительно малое снижение прозрачности стекла. Отрицательным свойством селена является его значительная летучесть. В свинецсодержащих составах образуется оранжевых селенид свинца, поэтому для обесцвечивания свинцовых хрусталей селен не применяют.

*Оксид никеля* (II) придает калиевым стеклам фиолетовый цвет, который уравновешивает желтоватый оттенок, создаваемый оксидом железа. Обксид никеля применяется для обесцвечивания натриевых стекол. Ионы никеля обладают высокой поглощающей способностью, поэтому при образовании оксидом никеля снижается общая прозрачность стекол и часто проявляется серый оттенок .

*Оксиды кобальта* (II) создающий синюю окраску, используют главным образом как дополнительный краситель для устранения желтоватого оттенка. Весьма интенсивный и устойчивый краситель, требует тщательной дозировки.

*Оксиды неодима и эрбия* (III) окрашивают стекло в фиолетовый, пурпурный и розовые цвета, дополнительные к желто-зеленому, зеленому и их оттенкам.

Наиболее эффективно обесцвечивание, когда стекломасса окрашена слабо, а содержание обесцвечивателей выбрано в зависимости от состава и условий варки стекла. Обесцвечиватели необходимо тщательно отвешивать и обращать внимание на то , чтобы они хорошо распределялись в стекломассе. Для этого составляют обесцвечивающие смеси , в которых входят еще и инертные материалы, вводимые в шихту в достаточно больших количествах ( мел, известняк, доломит, сода). При неправильном применении обесцвечивателей, изделия при эксплуатации уменьшают прозрачность, приобретают цветные оттенки после воздействия солнечных лучей или кратковременного интенсивного ультрафиолетового облучения. Это явление называется соляризацией. Устранить или уменьшить ее можно правильным применением обесцвечивателей, минимальным вводом элементов с различной степенью окисления, особенно мышьяка. Соляризацию можно устранить нагреванием изделий до температуры 350 – 400 градусов.

**1.3 Получение, контроль и транспортировка шихты**

Отвешивание и смешивание материалов. На стекольных заводах для отвешивания сырьевых материалов используют весы разнообразных конструкций. По принципу действия весы бывают стационарными, отвешивающими только один сырьевой материал; подвижными, отвешивающими все материалы поочередно (весы-тележка, весы на монорельсе); стационарными автоматическими и полуавтоматическими, отвешивающими все сырьевые материалы поочередно (весы снабжены бункером, в который подаются материалы из расходных бункеров); автоматическими, устанавливаемыми под каждым бункером.

В настоящее время на крупных заводах сырьевые материалы отвешивают на автоматических весах, причем весы, транспортные средства и смеситель связаны системой автоматики, обеспечивающей их синхронную работу. Взвешенные в соответствии с рецептом шихты сырьевые материалы перемешивают в смесителях. Контейнерные смесители исключают операцию выгрузки шихты. Их целесообразно применять при малом объеме производства и варке небольших количеств различных стекол (например, при варке окрашенных стекол в Горшковой печи, свинцового хрусталя и т.п.)

Для приготовления шихты при механизированном производстве применяют тарельчатые смесители. В смесителях типа СТ сырьевые материалы через приемную воронку загружают на вращающуюся чашу-тарелку. Перемешивание материалов осуществляется при одновременном вращении чаши-тарелки и установленных с эксцентриситетом по отношению к оси смесителя лопастей или катков, имеющих самостоятельный привод. На стекольных заводах цикл смешивания в тарельчатых смесителях автоматизирован.

Рис. 1. Схема технологической линии приготовления шихты с линейным расположением бункеров сырьевых материалов

1 — бункера сырьевых материалов;

2 — автоматические весы;

3 — сборочный конвейер;

4 — бункер рукавного переключателя;

5 — смеситель;

6 — шнек;

7 — вагонетка (кюбель, конвейер) для транспортировки шихты к стекловаренной печи;

8 — расходный бункер;

9 — элеватор.

В автоматизированных линиях приготовления шихты применяется линейная система расположения бункеров сырьевых материалов, под которыми расположены стационарные автоматические весы. Один из примеров такой линии приведен на рис. 1. Из расходных бункеров 1 сырьевые компоненты после взвешивания на автоматических весах 2, ссыпаются сборочным конвейером 3 в бункер рукавного переключателя 4, из которого попадают в один из смесителей 5, где они перемешиваются и увлажняются. Из смесителя шихта выгружается в бункер шнека 6 и транспортируется элеватором 9, который пересыпает ее в расходные бункера 8, откуда она транспортируется к механизированному загрузчику стекловаренной печи вагонетками 7 или транспортером.

Возможна башенная компоновка дозировочно-смесительного отделения, при которой материалы после каждого отвеса направляются непосредственно в смеситель, что позволяет избежать лишней транспортировки шихты и пыления. На рис. 2 приведена технологическая схема высокопроизводительного цеха приготовления шихты для четырех печей, в которых варят стекло разных цветов с использованием кондиционных сырьевых материалов.

Рис. 2. Технологическая схема приготовления шихты с использованием башенного расположения бункеров сырьевых материалов для четырех стекловаренных печей

1 – стекловаренные печи;

2 – конвейеры;

3 – питатели;

4 – бункера шихты;

5 – подъемники;

6 – блок бункеров сырьевых материалов;

7 – автоматические весы;

8 — сборный бункер;

9 — смесители;

10 – промежуточные бункера сырьевых материалов;

11 – дробилка;

12 – бункера для красителей.

На заводах, выпускающих небольшие партии бытовых изделий из различных стекол, для приготовления шихты целесообразно использовать контейнеры. Шихту с применением контейнеров можно приготовить на поточной линии (рис. 3).

В этом случае контейнеры последовательно проходят первый и второй весовые участки и участок ручного ввода малых добавок (красители, обесцвечиватели и т.п.). Далее контейнеры подаются на участок смешивания шихты, закрепляются в специальных устройствах, вращаются в течение определенного времени, после чего транспортируются к стекловаренной печи.

Рис. 3. Технологическая схема дозировочно-смесительного отделения с применением контейнеров

1 — контейнер;

2 — первый весовой участок;

3 — распределительный щит;

4 — второй весовой участок;

5 — участок ручного ввода малых добавок;

6 — участок подачи контейнера вилочным загрузчиком на участок смешивания;

7 — участок смешивания материалов в контейнерах;

8 — участок транспортировки контейнеров к стекловаренной печи;

9 — щит управления;

10 — бункера для сырьевых материалов;

11 — бункера для песка и стекольного боя.

*Контроль качества шихты*. Готовую шихту контролируют на соответствие заданному химическому составу, влажность, однородность. Допустимые отклонения от заданного состава компонентов в отдельных отвесах не должны превышать по песку, соде, поташу ± 1%, по карбонатам кальция и магния, сурику, глету, влаге ± 0,5%. При работе автоматизированных линий требования по отклонениям состава компонентов шихты ужесточаются, что вызывает необходимость применения кондиционных сырьевых материалов. Применение быстродействующих рентгеновских анализаторов для экспресс-анализа шихты и стекла в сочетании с компьютерной системой расчетов по составу шихты, позволяют создать систему управления качеством шихты. Все расчеты проводятся на основе вводимых в компьютер данных по химическому составу стекла и компонентов шихты, их количеству, влажности, точности дозирования. При этом коррекция рецепта шихты должна проводиться при изменении состава сырьевых материалов с учетом того, что допустимые колебания содержания оксидов в стекле не должны превышать 0,2-0,3%.

*Транспортировка готовой шихты.* Приготовленную шихту и стекольный бой подают к стекловаренным печам в контейнерах, кюбелях, бункерных вагонетках. При больших объемах подача шихты к стекловаренным печам осуществляется ленточными конвейерами. Возможна подача шихты пневматическим транспортом. При этом расстояние от места приготовления шихты до стекловаренной печи должно быть возможно более коротким. Поэтому для современных заводов, особенно стеклотарных, характерна единая компоновка дозировочно-смесительного отделения и машино-ванного цеха.

Разработаны способы приготовления однородной шихты в результате проведения реакций силикатообразования в растворах. Впервые однородная шихта, соответствующая определенному составу стекла, была получена способом осаждения и низкотемпературных химических реакций. На основе использования этого принципа разработаны новые способы уплотнения, которые особенно эффективны для мелкодисперсных гидротермальных шихт.

*Гидротермальный способ приготовления шихты.* Разработана технология гидротермального приготовления шихты с использованием горных пород, содержащих аморфный кремнезем. Сущностью технологии заключается в двукратной обработке измельченной породы слабыми щелочными растворами в автоклавах при температуре около 180 градусов. Свободный аморфный кремнезем породы на первой стадии обработки взаимодействует с гидроксидом натрия, образуя раствор трисиликата щелочного металла (жидкое стекло). Остаток породы подвергается вторичной щелочной обработке концентрированным раствором, что позволяет получить раствор метасиликата щелочного металла и осадок гидратированных алюмосиликатов. В раствор удается перевести около 80% SiO2 породы. Силикаты щелочных щелочноземельных металлов (основные компоненты шихты) отличаются довольно высокой степенью чистоты, так как красящие вещества при гидротермальной обработке остаются в осадке щелочных алюмосиликатов. Наиболее выгодна комплексная переработка горных пород, при которой можно получить шихту для различных видов стекол, например, свинцового хрусталя и тарного стекла. Оптимальный вариант получения шихты для свинцового хрусталя обеспечивается при использовании KOH и Pb(NO3)2 . однако эти материалы дефицитны, поэтому обычно применяют NaOH, PbO, Pb3O4 и поташ. горную породу подвергают гидротермальной обработке только NaOH. Удаление оксида натрия из натриевого стекла осуществляется путем декарбонизации,т.е. взаимодействия с углекислым газом при вводе оксида углерода, или NaHCO3, (NH4)2CO3.Схема гидротермального способа приготовления шихты свинцового хрусталя при комплексной переработке перлита:

|  |  |
| --- | --- |
| Вид порока | Причины возникновения порока на стадиях |
| Приготовление шихты | Варка  | Осветление и гомогенизация | охлаждение |
| Камни шихтные от огнеупоров | Комкование шихты, плохое перемешивание шихты, крупнозернистые компоненты шихты и неоднородность ее гранулометрического состава, наличие посторонних нерастворимых включений | Неправильная загрузка шихты в печь, недостаточная температура или продолжительность варки, быстрое продвижение непроварившихся частиц, разъедание огнеупоров стен варочного бассейна и свода печи | Быстрое продвижение непроварившихс частиц, разъедание огнеупоров стен варочного бассейна и свода печи | Поступление стекломассы с пороками из варочного бассейна, разъедание огнеупоров свода выработочной части печи |
| Продукты кристаллизации | --- | --- | --- | Применение стекла, склонного к кристаллизации, выдержка стекломассы при температурах, благоприятствующих кристаллизации, попадание пыли, осколков стекла и т.д. |
| свиль | Неоднородность гранулометрического состава, комкование и плохое перемешивание шихты, рассоление при транспортировке | Неправильная загрузка шихты в печь, недостаточная температура или продолжительность варки, большая вязкость стекломассы, выплавление компонентов шихты | Недостаточное перемешивание стекломассы газами или резкое падение температуры, растворение огнеупоров | Преждевременное падение и неравномерное респределение температуры, местное растворение огнеупоров, образование высоковязкой поверхностной пленки |
| пузыри | Избыточное количество газообразных в шихте, недостаточное количество осветлителей. Неоднородность гранулометрического состава шихты  | Неправильная загрузка шихты в печь. Недостаточная температура, неблагоприятная атмосфера в печи, выделение газов из огнеупоров. | Недостаточная температура, затянувшиеся реакции силикатообразования и протекание вторичных реакция. Высокая вязкость стекломассы. неблагоприятная атмосфера в печи | Протекание вторичных реакций, неблагоприятная атмосфера в печи, сильное охлаждение стекломассы, образование газов из огнеупоров. попадание металлического железа. |

Таблица-Основные пороки стекломассы

*2. Варка стекла в печах периодического и непрерывного действия*

Варка стекла производиться в печах различных конструкций с газовым или электрическим обогревом. По режиму работы различают периодические (горшковые) и непрерывные (ванные) печи. В некоторых случаях применяются периодические ванные печи.

Работа печей характеризуется производительностью, коэффициентом полезного действия и расходом тепла на варку стекла. Коэффициент полезного действия Горшковых печей 6 – 8 %, периодических ванных 10 – 15 %, непрерывных ванных 20 – 60 %, электрических 50 – 80 %.

Наиболее эффективны по доле полезно затрачиваемого тепла электрические печи. Однако их широкое применение в промышленности сдерживается относительно высокой стоимости электроэнергии по сравнению со стоимостью природного газа.

В современных условиях стекловаренная печь рассматривается как агрегат с рациональным использованием энергии. В современных печах необходимая для стекловарения энергия получается при сжигании природного газа, жидкого топлива и при использовании электроэнергии. Использование электроэнергии для стекловарения наиболее эффективно, но стоимость ее пока еще выше стоимости органических видов топлива. Поэтому использование электроэнергии в стекловаренных печах, должно быть экономически оправдано, т.е. должна быть увеличена производительность печи, сокращен расход материалов, улучшено качество продукции или уменьшено выделение вредных веществ. При использовании различных видов **пламенных печей** нужно сравнивать удельные расходы тепла на варку стекла. В **пламенно-электрических печах** сохраняется основное пламенное топливо, а ввод электроэнергии определяется экономическими соображениями. Электроды могут располагаться в зонах варки, осветления и гомогенизации и вводиться через дно или стены печи. Особенно эффективна установка электродов в высокопроизводительных проточных печах прямого нагрева и с подковообразным направлением пламени. Полностью **электрические печи** сравнительно небольшой производительностью применяются при варке стекол для изделий бытового и технического назначения. По напрвлению процесса варки электрические печи разделяют на два типа:

1.горизонтальные;

2.вертикальные.

В печах горизонтального типа стадии стекловарения осуществляются последовательно по длине печи, как в пламенных ванных печах традиционной конструкции.

В печах вертикального типа процесс стекловарения осуществляется по глубине печи. При этом шихта и бой загружаются сверху и варка происходит под слоем шихты. Температура над шихтой не превышает 300 градусов, что значительно снижает потери легколетучих компонентов (B2O3, PbO, Se, Na2Oи др.). Вертикальные печи применяются для варки стекол с легколетучими или восстанавливающимися компонентами.

Преимущества электрической варки по сравнению с пламенной на примере варки свинцового хрусталя производительностью 6-8- т в сутки.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Пламенная печь | Электрическая печь |
| Площадь варочной части,м2 | 19 | 2,4 |
| Тепловыделения варочной части печи, кВт | 784 | 51 |
| Удельный съем стекломассы, т/м2 сутки | 0,405 | 3,4 |
| Удельный расход тепла на варку стекла, кДж/кг | 23150 | 3960 |
| Коэффициент полезного действия, % | 8,5 | 50 |

**Те**хнология электрической варки постоянно совершенствуется. Ведутся разработки электрических стекловаренных печей с удельными съемами до 15 т/м2 сутки. В будущем при получении достаточно дешевой электроэнергии, электрические печи получат преимущественное развитие.

**2.1 Стадии стекловарения**

Процесс стекловарения протекает в сложной обстановке, создаваемой рядом химических и технологических факторов.

В реальных производственных условиях отдельные этапы процесса трудно выделить изолированно. Однако для ясного освоения процесса стекловарения в целом, знание элементов, из которых он слагается, необходимо и важно.

Процесс стекловарения проходит в пять стадий.

Первая стадия – **силикатообразование** – характеризуется тем, что к концу ее : а) в шихте не остается отдельных составляющих ее компонентов ( нет отдельно песка, соды, сульфата, мела и т.д.); б) большинство газообразных составляющих шихты улетучивается; в) основные химические реакции в твердом состоянии между компонентами шихты закончены.

Вторая стадия – **стеклообразование** – характеризуется тем, что к ее концу масса становиться прозрачной, т.е. в ней отсутствуют непроваренные частицы шихты, однако она пронизана большим количеством пузырей и свилей, т.е. неоднородна. Для обычных стекол эта стадия завершается при 1150-1200 С.

Третья стадия – **дегазация** – характеризуется тем, что к ее концу стекломасса освобождается от видимых газовых включений, и тем, что устанавливается равновесное состояние между стекломассой и газами, остающимися в самой стекломассе.

Четвертая стадия – **гомогенизация** – характеризуется тем, что к ее концу стекломасса освобождается от свилей и становиться однородной. Колебания в показаниях преломления отдельных частей стекломассы минимальные. Так, в оптическом стекле эти колебания не превышают 0,0005.

Пятая стадия – **студка** – характеризуется тем, что температура стекломассы снижается на 200 – 300 С для создания необходимой рабочей вязкости. Каждая из перечисленных стадий процесса стекловарения имеет свои особенности и для проведения каждой из них существует свои оптимальные условия. Пути, по которым следует вести практическое стекловарение, должны быть основаны на теории стекловарения. Для этого чтобы теория полнее вскрыла все свои стороны вопроса, необходимо детально:

1.явления химического, физического и физико-химического порядка, происходящие в процессе стеклообразования, т.е.:

а) химические реакции, протекающие при нагревании в отдельных стеклообразующих компонентах и их смеси;

б) термофизику процессов

в)физико-химические взаимодействия в стекломассе, а так же между стекломассой и атмосферой печи и между стекломассой и огнеупорами.

2.влияние различных факторов, ускоряющие процесс стеклообразования на отдельных его этапах и в целом.

**2.2 Декорирование обработка стеклоизделий**

**Шлифование и полировование рисунков на изделиях абразивными инструментами и материалами** производиться с применением вращающихся абразивных кругов и специальных щеток с подачей суспензии полирующего материала. При шлифовании стекла происходит два параллельных процесса: при первом (подготовительном) поверхность стекла разрушается на некоторую глубину и образуется система трещин; при втором (производительном) из верхнего трещиноватого слоя удаляются осколки. В результате образуется множество выколок, придающих шлифовальной поверхности шероховатость и матовость.

При механическом полировании шлифованной поверхности удаляется кремнекислородная пленка, образующаяся на поверхности стекла под действием воды. При этом мягкий полировальник с закрепленными на нем зернами полирующего материала снимает при своем движении защитную пленку с выступов шлифованной поверхности стекла. После этого обнажившаяся поверхность стекла взаимодействует с водой, образуя новый слой пленки, который снова снимается полировальником. Такое чередование процессов происходит до максимального сглаживания выступов и приобретение блеска.

Среди наносимых на изделия рисунков различают следующие виды:

* Валовое и номерное шлифование – простейшие виды неполированных рисунков, наносимых на изделия из бесцветного и накладного стекла.
* Широкополоскостное гранение – украшение изделий шлифованными и полированными плоскостями ( изделия из хрусталя и накладного стекла).
* Алмазная резьба – рисунок из различного сочетания прорезанных в стекле и полированных клиновидных граней, создавающих эффектную "игру" света (изделия из свинцового хрусталя и накладного стекла).

**Гравирование –** способ нанесения рисунка глубиной 0,5-5 мм абразивным порошком или твердыми абразивными инструментами малых размеров. Художественную гравировку на мелких изделиях можно выполнять медными кругами малых размеров, приваренных к сменным держателям. В процессе работы на медные круги подают суспензию тонкого порошка наждака или карбида кремния в масле, керосине или их смеси. Гравирование осуществляется зернами абразивного материала, а медные круги лишь передают давление этих зерен на стекло. На крупные изделия гравированные рисунки наносят с помощью бормашин, снабженных гибким валом. К разновидностям гравирования относят обработка поверхности стеклоизделий резцами (рисование, выстукивание), а так же с помощью ультразвука и лазерного излучения. Гравированные рисунки обычно не полируют.

**Химическая обработка изделий** основана на разрушении стекла плавиковой кислотой. Существует следующие виды химической обработки: химическое полирование рисунков алмазной резьбы, матирование поверхности стекла, декоративное травление.

**Химическое полирование** применяется главным образом для полирования рисунков алмазной резьбы на изделиях из свинцового хрусталя. Полирование осуществляется в смеси плавиковой HF и серной кислоты. Главной частью смеси является плавиковая кислота, которая, вступая во взаимодействие со стеклом, растворяет его, сглаживая шероховатости шлифованной поверхности. Образующиеся фториды и кремнефториды в основном малорастворимы и очень быстро покрывают стекла плотным слоем. Вводимая в полирующую смесь серная кислота взаимодействует с фторидами и кремнефторидами, превращая их в легкосмываемые сернокислые соли.

Для приготовления полирующих смесей используют 40% или 70%-ную плавиковую кислоту и 92-96%-ную серную кислоту. Применяют полирующие смеси, содержащие 1,3-12% HF и 50-60% серной кислоты и имеющие температуру 50-70 градусов. Для химического полирования кроме плавиковой кислоты могут быть использованы ее соли, например, фторид-бифторид аммония. Для полирования используют следующие способы:

1.многоцикловый с промывкой изделий в воде и сернокислотном растворе.

2.одноцикловый с промывкой изделий в воде.

Подготовка изделий к полированию

Контроль качества и чистоты поверхности

Укладка изделий в кассеты

полирование

Погружение в кислотную ванну

Погружение в промывную ванну

Промывка полированных изделий

Упаковка и сдача на склад готовой продукции

Сортировка и маркировка

Нанесение дополнительных украшений

Контроль качества полирования

сушка

**Декоративное травление.** Как правило, все способы декоративноего травления предусматривают следующие операции: подготовка стекла, нанесение защитного покрытия, выполнение рисунка (если он был уже нанесен на предыдущей операции), собственно травление, отмывка изделий от защитного покрытия и окончательная промывка. Рецепт травительного раствора зависит от химического состава стекла, вида травления (светлое, матовое), вида изделия.

При светлом травлении в результате химических реакций стремятся получить растворимые соли. При этом рисунок получается гладким и блестящим. Растворы, применяемые для светлого травления, по составу аналогичны растворам, применяемым для химического полирования.

*Расчет состава стекольной шихты*

Сырьевая шихта представляет собой однородную смесь сырьевых материалов, предварительно подготовленных и отвешенных по заданному рецепту.

*Заключение*

Технологические схемы производства различных силикатов, как правило, складываются из однотипных процессов и операций. К ним относятся чисто механические операции. Дробление ---- размол --- смешение твёрдых материалов при подготовке сырьевой смеси --- обработка шихты --- спекание. Подготовка сырьевой смеси в производстве хрусталя должна обеспечить высокую интенсивность последующих высокотемпературных процессов обжига и спекания для получения с заданным составом и свойствами. Для этого производят тонкое измельчение твёрдых сырьевых материалов, точный расчет и дозировка их, тщательное перемешивание шихты. Центральной стадией производства является высокотемпературная обработка шихты, при которой происходит синтез минералов и образование стекловидной фазы в спекшемся материале. В технологии хрусталя в качестве окислов наиболее часто применяют SiO2, As2O3, K2O, Na2O, ZnO, BaO, РЬО. При нагревании силикатной шихты, включающей эти окислы, последовательно происходят следующие элементарные процессы: удаление влаги физической и гидратной, удаление конституционной воды и СО2, разрыхление кристаллических решеток, их перестройка вследствие полиморфных превращений, диффузия реагентов, образование твёрдых растворов, спекание

Na2SO4 + CO—Na2SO3+CO2

Na2SO4 + H --Na2SO3+H2O

4Na2SO3--- 3Na2SO4 + Na2S

Na2S + H2O – Na2O + H2S

Na2O + H2O – 2NaOH

SiO2 + 2NaOH – Na2SiO3 + H2O

Спекание – важнейший процесс, происходящий при нагревании смеси твердых веществ. При спекании в результате взаимодействия между компонентами спека или расплава образуются новые химические соединения. При этом реакция производства хрусталя выглядит так:

K2CO3 + 6SiO2 + PbO = K2O\*PbO\*6SiO2 + CO2

*Список литературы*

1. Данилевский В.В. Ломоносов и художественное стекло.- М: Высшая школа, 1989.

2. Даувальтер А.Н. Хрустальные,цветные и опаловые стёкла.-М:Просвещение, 1990.

3. Китайгородский В.Т. Изготовление стекла.- М:Наука, 1995.

4. Мухлёнов И.П. Общая химическая технология. - М: Высшая школа, 1977.

5. Китайгородский И.И. Технология стекла – М.:высшая школа 1970

6.Ю.А.Гулоян Технология стекла и стеклоизделий – Владимир: Тронзит-Икс,2003.