

Лекция 6. Методы стекловарения

1. Технологичность составов стекла

Состав оптического стекла назовем технологичным, если для его изготовления с заданными значениями оптических параметров можно применить проверенный экономично эффективный технологический прием с учетом всех особенностей производства. Основная задача при варке оптического стекла получить для данной марки значение показателя преломления и дисперсии заданные ГОСТом. Выполнение этой задачи приводит к многокомпонентному составу смеси и создает ряд трудностей в осуществлении процесса варки высококачественного стекла. Оптическое стекло многих марок нетехнологичны: пузырьны, тугоплавки, очень часто затруднена подготовка и очистка сырьевых материалов, изготовление сосудов для варки и мешалок, регулировка процесса варки. Другая важная задача получить высокую степень однородности оптического стекла любой марки. Решение этих задач определяет всю технологию производства оптического стекла. В состав некоторых особых стекол могут вообще не добавляться стеклообразующие окислы.

2. Сырьевые материалы

Кислотные, щелочные и щелочноземельные окислы вводят в состав стекла в виде природных материалов, продуктов химической промышленности. Для получения широкой номенклатуры оптических стекол высокого качества и в частности стекол работающих в инфракрасной области излучения применяют стекломатериалы в виде химически чистых реактивов, а вместо кварцевого песка - жирный кварц. В таблице приведены главные химические компоненты, которые используются для получения стекла. Стеклomатериалы используют в виде зерен размером от 0,05-0,03 мм. Зерна большего размера, особенно тугоплавких компонентов, плохо провариваются и могут оставаться в стекле в виде камней. Зерна меньшего размера комкаются и тоже не провариваются. Материалы поглощающие влагу и CO_2 из воздуха комкаются и комкают смесь, расплываются создавая неоднородность состава смеси по ее объему, что способствует появлению неоднородностей в стекле. Примеси в смеси повышают его светопоглощение, окрашивают стекло. Наиболее вредные: железо, хром, никель, медь. В материалах, используемых для варки оптического стекла, должно содержаться не более: железа - $200 \cdot 10^{-5}\%$, никеля - $5 \cdot 10^{-5}\%$, хрома - $10 \cdot 10^{-5}\%$, меди - $20 \cdot 10^{-5}\%$. Кроме основных (выше в таблице) компонентов в состав стекла в малых количествах вводят ускорители, осветлители, обесцвечиватели.

Ускорители уменьшают температуру варки стекла и способствуют осветлению стекла: соединения фтора, B_2O_3 , аммонийные соли.

Осветлители содействуют удалению пузырей из стекла в процессе варки. Это триокись мышьяка, сурьмы.

Обесцвечиватели способствуют получению стекла безцветных оттенков, нейтрализуют действие железа, переводя FeO в Fe_2O_3 . Это трехокиси мышьяка, сурьмы, селитра, NaCl , Na_2SO_4 , фториды.

3. Подготовка стекломатериала

Полный цикл подготовки стекломатериалов состоит из технологических операций:

- 1) дробление;
- 2) помол;
- 3) обогащение;
- 4) сушка;
- 5) просев;
- 6) усреднение.

Стеклomатериалы проходят различные операции технологического цикла подготовки в зависимости от исходного состояния, в котором они находятся: кусковым, сыпучем, гигроскопичном. Стеклomатериалы хранят в специальных складах, каждый в отдельном отсеке, упакованный в мешки, бочки, банки, а ядовитые - в специальной вакуумной таре, в закрытом помещении. Подготовка кварцевой муки для стекловарения выполняют на специальной технологической линии (рис.6.1). Куски кварца из склада 1 подаются грейферным краном 2 в ячейки, которые имеют размер 250×250 мм. Из бункера лотковым питателем 4 освобождают по дороге от земли и мелких примесей, кварц подается в щековую дробилку 5, из которой выходят куски размером около 50 мм. Они подаются ленточным конвейером 6 и ковшовым элеватором 7 для промывки в бункер 8 и барабан 9 который вращается с частотой 10 об/мин; диаметр барабана около 500 мм, длина 2000 мм, наклонен под углом в 3°. В барабан 9 вместе с кусками струей попадает вода из сопел 10. Кварц отмывается и сползает по лотку 11 в печь обжига 12. Печь внутри футерована огнеупорным материалом, непрерывно вращается со скоростью 2 об/мин, диаметр печи 800 мм, длина печи 4000 мм и наклонена под углом 2°. В печи создается пламя форсунками 13 при температуре 900°C, время прохождения кусков 10-15 мин. Из печи 12 кварц периодически подается на роторный подъемник 14 ковши которого в нижнем положении проходят через бак 15 с холодной водой. Далее кварц поднимается в бункер, вода сливается, а кварц подсушивается внутренним теплом. После резкого охлаждения он теряет прочность и в трубчатой шаровой мельнице 20 легко размалывается. На ленте транспортера 16 кварц обдувается из сопла 17 сжатым воздухом для очистки от мелких частиц, слюды и пыли. Помол обожженного кварца - в шаровой мельнице 20, барабан которой вращается со скоростью 28 об/мин, длина барабана 6000 мм а диаметр - 1800 мм. На входном конце мельницы находится приемное сито 21, на выходном - контрольное сито 22. Отсевы подаются по трубам 23 для повторного помола, мука в бункер запаса 25. Сортировка обожженного кварца производится вручную на ленточном конвейере 24. Куски черные, желтые с прожилками полевого шпата отбрасываются. Особо чистые куски отбираются для варки особо прозрачных стекол, а затем

подготавливают отдельными порциями. Кварцевую муку контролируют на зернистость и на содержание примесей железа для установления сортности. Применяют еще и электрогидравлические дробилки, в которых кварц разрушается мощными гидравлическими ударами. Обогащение кварцевой муки, удаляющей примеси железа до $3 \cdot 10^{-4}\%$ для производства особо прозрачных стекол. Выполняют в кипящей HCl растворяющей железо в течении 12 часов в фарфоровых котлах. Слив раствор кислоты муку промывают дистиллированной водой, бурлящей под действием подачи снизу воздуха. После обогащения кварцевую муку сушат в кварцевых сушилках. Только столь тщательное приготовление и обогащение кварца позволяет варить сверхпрозрачные стекла с поглощением 0,1-0,2%

4. Расчет и приготовление шихты

Шихта - смесь предварительно подготовленных, отвешенных при определенном соотношении и перемешаны до полной однородности стекломатериала. Часть компонентов шихты при нагреве улетучивается, иногда полностью. Некоторые прибавляются из-за частичного растворения стенок сосуда (горшка) в котором варят стекло. Набор материалов выбирают оценивая их технологичность, чистоту и цену. Технологичность определяют малой гигроскопичностью, зернистостью и сыпучестью. Степень чистоты стекломатериалов для стекловаренных заводов определяется возможностью получения природных материалов, препаратов химических производств, требующей кондиции и их экономически выгодной ценой. Смесь стекломатериала до засыпки должна быть сыпучей и не цементироваться. Проваривание составляющих шихты должен наступать одновременно при близких значениях температур, чтобы легко образовывались нужные химические соединения. Содержание и состав газовых сред должен способствовать осветлению стекла. Окислам в смеси отдается предпочтение, но они имеют высокую температуру варки и затрудняют осветление - в шихту добавляют соли. Расчетom устанавливают стекломатериалы, которые необходимо ввести в состав смеси, приготавливаемой для варки. Переход от окисла в синтетическом составе стекла к химическим соединениям которым он вводится через так называемые шихтные множители сведенные в справочные таблицы. Этот расчет учитывает как улетучивание так и прибавление некоторых соединений в процессе варки стекла. Расчет шихты служит основой для получения заданных значений оптических постоянных и допустимых значений светопоглощения и цветовой окрашенности стекла. Взвешивание в количествах установленных расчетом шихты с точностью до 0,1%. Взвешивание и смешивание в определенном порядке в зависимости от сыпучести и комкования материалов. Смешивание происходит в барабанах, вращающихся с частотой 20-40 об/мин. Контроль качества перемешивания определяется пробами, которые берут из смеси в различных участках ее объема, допустимое отклонение от среднего состава не должно превышать 3%.

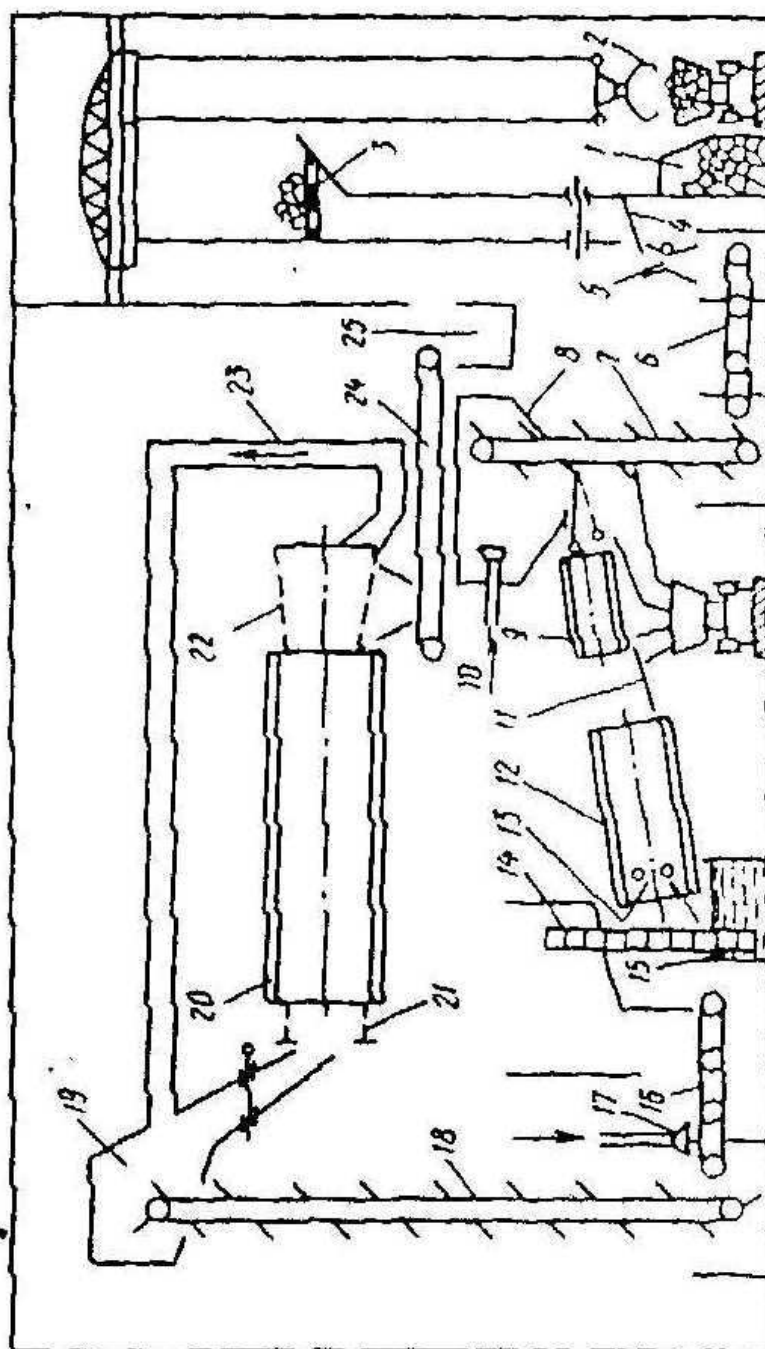


Рис.6.1 Технологическая линия подготовки кварцевой муки

Компоненты стекала	Оксиды	Гидроксиды	Соли			
			Нитраты	Карбонаты	Фториды	Фосфаты
Al_2O_3	Al_2O_3	$Al(OH)_3$	—	—	AlF_3	$Al(PO_3)_3$
Sb_2O_3	Sb_2O_3	—	—	—	—	—
MgO	MgO	—	—	$MgCO_3$	MgF_2	$Mg(PO_3)_2$
ZnO	ZnO	—	—	—	ZnF_2	$Zn(PO_3)_2$
La_2O_3	La_2O_3	—	—	—	—	$La(PO_3)_3$
Li_2O	—	—	—	Li_2CO_3	LiF	$LiPO_3$
BeO	BeO	—	—	—	BeF_2	—
Ti_2O	—	—	$TiNO_3$	$TiCO_3$	—	—
GeO_2	GeO_2	—	—	—	—	—
TeO_2	TeO_2	H_2TeO_4	—	—	—	—

Примечание. R^{IV} — некий элемент с валентностью IV.