

# Производство стекла



# Производство стекла

- Основным сырьем для производства стекла является сода. Сода - сырье относительно дорогое и имеющее огромный спрос со стороны различных отраслей народного хозяйства. Поэтому в качестве источника  $\text{Na}_2\text{O}$  при варке стекла используют также природный минерал  $\text{Na}_2\text{SO}$ . Однако в этом случае варка стекла требует более высоких температур. Кроме того, в шихту необходимо вводить уголь для восстановления серы в соответствии с уравнением
- $2\text{Na}_2\text{SO} + \text{C} \rightarrow 2\text{Na}_2\text{O} + 2\text{SO}_2 \uparrow + \text{CO}_2$

- При варке стекла первым плавится оксид щелочного металла, после чего в этом расплаве начинают растворяться зерна кварца и известняка, вступая в химическое взаимодействие. Поэтому чем больше в стекле оксидов щелочных металлов, тем при меньших температурах оно плавится. В Древнем Египте, когда техника получения высоких температур была несовершенна, в стеклоделии преобладали рецепты с повышенным содержанием оксидов щелочных металлов (до 30 %) и малым содержанием извести (около 3—5%).



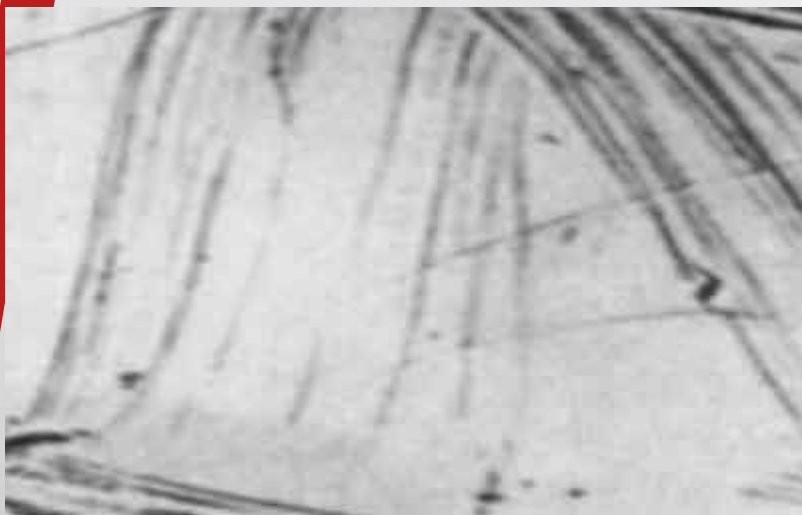
- В эллинистическую эпоху, с усовершенствованием техники получения высоких температур, содержание оксидов щелочных металлов снижается до 16—17 %, а извести повышается до 10 %. Естественно, что такие стекла стали более стойкими к воде. В настоящее время варка стекла проводится при температуре 1400—1500°C в течение нескольких часов. Процесс варки стеклоделов делят на три стадии:

**1. провар шихты**

**2. осветление (удаление «мошки» и «свилей»)**

**3. студка — осторожное охлаждение**

- Мошкой стеклоделы называют мелкие пузырьки газа, распределенные по всей массе стекла. Ее удаление из жидкой массы производят «бурлением» при помощи деревянной чурки или обыкновенного сырого картофеля. Помещенные в жидкое стекло, они дают обильное выделение газов, которые и очищают от мошки всю массу. Ее наличие в изделиях считается браком. Мошка особенно недопустима в оптических стеклах.



- Стекольным **свилем** называют нитеобразные потоки, подобные тем, которые можно наблюдать в процессе растворения сахара в воде при медленном перемешивании.

Свиль — это видимая граница двух соседних участков стекольной массы. Наличие свилей свидетельствует о плохой перемешанности стекольной массы при варке, т. е. о его низком качестве.

- Охлаждение стекла, а точнее изделия из него проводят медленно, чтобы избежать в нем напряжений. При быстром охлаждении стекла поверхностные слои тела затвердевают и могут иметь температуру, близкую к комнатной, а внутренние части, вследствие низкой теплопроводности, могут иметь температуру до 1000 °С. Поскольку внутренние части при охлаждении сжимаются, а наружные уже не уменьшаются в размере, в них возникают высокие поверхностные сжимающие напряжения. Внутренние слои, наоборот, испытывают высокие растягивающие напряжения. Такое стеклянное тело называют «закаленным».

# Разновидности стекла

- **Закаленное стекло** обладает высокой механической прочностью. Однако у него есть и недостатки. При нарушении поверхностного слоя (например, нанесение царапины), т. е. при нарушении сжимающих и растягивающих сил, закаленное стекло разлетается вдребезги.
- При медленном охлаждении стеклянного тела растягивающие и сжимающие напряжения не возникают. Такое стекло называют **«отожженным»**. Мелкие изделия, например столовая посуда, отжигаются (охлаждаются) в течение нескольких часов. Крупные и прецизионные изделия, например линзы астрономических объективов диаметра 1 м и более, отжигаются в течение нескольких месяцев.



# Окраска стекла

- Окраску стекла осуществляют введением в него оксидов некоторых металлов или образованием коллоидных частиц определенных элементов. Так, золото и медь при коллоидном распределении окрашивают стекло в красный цвет. Такие стекла называют золотым и медным рубином соответственно. Серебро в коллоидном состоянии окрашивает стекло в желтый цвет. Хорошим красителем является селен. В коллоидном состоянии он окрашивает стекло в розовый цвет, а в виде соединения  $CdS \cdot 3CdSe$  — в красный. Такое стекло называют селеновым рубином. При окраске оксидами металлов цвет стекла зависит от его состава и от количества оксида-красителя.



# Бутылочное стекло

- Бутылочное стекло низкого сорта, как правило, имеет окраску, которая зависит от присутствия в нем ионов  $Fe^{2+}$  и  $Fe^{3+}$ . Стекольное сырье трудно очищается от железа и поэтому в дешевых сортах оно всегда присутствует. Ионы  $Fe^{2+}$  хорошо поглощают лучи света с длиной волны примерно 600 нм (желтые и красные) и, следовательно, окрашивают стекло в дополнительный голубой цвет.

Ионы  $Fe^{3+}$  поглощают лучи с длиной волны 500 нм (синие и фиолетовые), окрашивая стекло в желтоватый цвет. Важно отметить, что ионы  $Fe^{2+}$  в области видимого света имеют удельное поглощение, примерно в 10 раз большее, чем ионы  $Fe^{3+}$ . Поскольку в стекле одновременно содержатся как ионы  $Fe^{2+}$ , так и ионы  $Fe^{3+}$ , они и придают стеклу зеленоватую окраску (бутылочный цвет).



# Обесцвечивание стекла

- Существуют химические и физические способы обесцвечивания стекла. В химическом способе стремятся все содержащееся железо перевести в  $Fe^{3+}$ . Для этого в шихту вводят окислители — нитраты щелочных металлов, диоксид церия  $CeO_2$ , а также оксид мышьяка (III)  $As_2O_3$  и оксид сурьмы (III)  $Sb_2O_3$ . Химически обесцвеченное стекло лишь слегка окрашено (за счет ионов  $Fe^{3+}$ ) в желтовато-зеленоватый цвет, но обладает хорошим светопропусканием. При физическом обесцвечивании в состав стекла вводят «красители», т. е. ионы, которые окрашивают его в дополнительные тона к окраске, создаваемой ионами железа, — это оксиды никеля, кобальта, редкоземельных элементов, а также селен. Диоксид марганца  $MnO_2$  обладает свойствами как химического, так и физического обесцвечивания. В результате двойного поглощения света стекло становится бесцветным, но его светопропускание понижается.

# Глушение стекла

- Одним из важнейших свойств стекла является прозрачность. Однако в ряде случаев стеклу специально придают непрозрачность путем его «глушения». Это процесс, в результате которого стекло становится непрозрачным. Вещества, способствующие помутнению стекла, называют глушителями. Глушение происходит вследствие распределения по всей массе стекла мельчайших кристаллических частиц. Они представляют не растворившиеся частицы глушителя или частицы, выделившиеся из жидкой массы при охлаждении стекла. Эти частицы обычно прозрачны, но их показатель преломления отличается от показателя преломления стекла. Поэтому падающий на них луч отклоняется от прямолинейного направления и стекло перестает быть прозрачным.

# Глушение стекла

В далеком прошлом в качестве глушителей стекла использовали костяную муку, содержащую фосфат кальция  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , а также оксиды олова  $\text{SnO}$ , мышьяка  $\text{As}_2\text{O}_3$  и сурьмы  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ . В настоящее время для этой цели применяют криолит  $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$ , плавиковый шпат  $\text{CaF}_2$  и другие фторидные соединения.

Сильно заглушенное стекло (белого цвета) называют молочным. Для его изготовления чаще всего используют криолит. Молочное стекло используют главным образом для изготовления осветительной арматуры.