

# Лекция № 4

Тема: Технология производства  
стеклянных товаров

# Технологический процесс производства стеклянных изделий состоит из следующих этапов:

- приготовление стекломассы
- варка стекломассы
- выработка изделий
- ОТЖИГ
- обработка и разделка стеклянных изделий

# 1. Основные (стеклообразующие) материалы

Название	Химическая формула	Назначение
Кремнезем	$\text{SiO}_2$	Вводят в состав стекла в виде кварцевого песка
Борный ангидрид	$\text{B}_2\text{O}_3$	Повышает термическую и химическую устойчивость, улучшает оптические свойства и ускоряет процесс варки стекла
Оксид алюминия	$\text{Al}_2\text{O}_3$	Добавляют в виде глинозема, полевого шпата, пегматита, каолина и нефелина. Понижает способность стекла к кристаллизации, улучшает его термические, химические и механические свойства
Сульфат натрия	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	Для введения в стекло оксида натрия $\text{Na}_2\text{O}$

Название	Химическая формула	Назначение
Сульфат натрия	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	Для введения в стекло оксида натрия $\text{Na}_2\text{O}$
Сода	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	Используют с той же целью, что и сульфат натрия. В основном используют кальцинированную соду
Поташ	$\text{K}_2\text{CO}_3$	Для введения в состав стекла оксида калия $\text{K}_2\text{O}$ , который повышает блеск стекла, улучшает его цвет и прозрачность
Известняк	$\text{CaCO}_3$	Для введения в стекло оксида кальция $\text{CaO}$ , который ускоряет процесс варки, повышает химическую устойчивость стекла и способствует его осветлению

Название	Химическая формула	Назначение
Доломит	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$	Оксид магния $\text{MgO}$ снижает скорость кристаллизации и значительно улучшает химические, термические и механические свойства стекла
Свинцовый сурик и глет		Для введения оксида свинца $\text{PbO}$ в хрустальное и оптическое стекло
Витерит	$\text{BaCO}_3$	Для введения оксида бария $\text{BaO}$ для повышения коэффициента преломления и плотности, усиления блеска стекла
Оксид цинка	$\text{ZnO}$	Увеличивает коэффициент преломления, повышает химическую устойчивость стекла

## 2. Вспомогательные материалы

Название	Назначение
Осветлители	Способствуют освобождению стекломассы от крупных и мелких пузырей, придают ей однородность
Обесцвечиватели	Для понижения или удаления цветных оттенков стекла
Красители	Для окрашивания стекла в определенный цвет
Глушители	Для придания стеклу непрозрачности. Глушители окрашивают стекло в белый цвет
Окислители и восстановители	Добавляют при варке цветных стекол для создания окислительной или восстановительной среды
Ускорители варки	Способствуют ускорению варки стекла

# 3. Подготовка сырья

Подготовка сырья включает

- обогащение (очищение песка от нежелательных примесей)
- сушку
- измельчение

По специальному рецепту из подготовленных основных и вспомогательных материалов составляют шихту, затем в смесительных аппаратах их смешивают до получения однородной массы. Также в шихту добавляют 25-30% стеклянного боя (отходы производства)

# 4. Варка стекла

Варка — основная стадия технологического процесса, от которого зависит качество стекла.

**1. Силикатообразование.** Первичные реакции в шихте происходят еще в твердой фазе. При температуре  $740-800^{\circ}\text{C}$  появляется расплав, в котором растворяются известняки и частично зерна кварца, образуются простые и сложные силикаты. Силикатообразование заканчивается при температуре  $900-1000^{\circ}\text{C}$



**2. Стеклообразование.** Полное растворение зерен кварца и силикатов в сложном расплаве стекла. Стекломаасса становится жидкой и относительно прозрачной, но неоднородной с большим количеством газовых и твердых включений. Эта стадия завершается при  $1150-1200^{\circ}\text{C}$

**3. Осветление.** Происходит освобождение стекломассы от газовых и воздушных включений — дегазация при температуре  $1450-1500^{\circ}\text{C}$ . Вязкость стекломассы понижается

**4. Гомогенизация** — длительная выдержка стекломассы при температуре  $1450-1500^{\circ}\text{C}$ . Стеклома́сса выравнивается по химическому составу и становится более однородной, высвобождается от стекловидных нитевидных включений — свилей

**5. Студка или охлаждение** стекломассы до температуры  $1200-1250^{\circ}\text{C}$ . Когда стекломасса охлаждается, а расплав приобретает рабочую вязкость, можно формовать изделия

# 5. Выработка изделий

1. Прессование отличается высокой производительностью и экономичностью. Этим способом изготавливают изделия простой формы (стаканы, блюдца). Процесс происходит в металлических формах.

Производят изделия с гладкой поверхностью и с рельефным рисунком. Прессованные изделия от выдувных можно отличить по следующим признакам:

- верхний диаметр изделия больше
- на внешней стороне изделия — швы от пресс-формы
- дно толще, чем стенки

2. Выдувание может быть ручным или механизированным. Этим способом вырабатывают тонкостенные чайные и винные стаканы, графины, вазы для цветов, химическую посуду.

3. Прессовыдувание сочетает прессование и выдувание. Вначале выпрессовывают заготовку и отделяют края изделия, а затем заготовку выдувают сжатым воздухом до заданных размеров. Этим способом производят графины для вина, масленки, тарную посуду (бутылки)

4. Литье и центробежное литье. Изделия художественно-декоративного назначения изготавливают методом литья. Стекломассу заливают в специальную форму, где она охлаждается и принимает очертания формы. При центробежном литье в быстро вращающуюся форму подается порция стекла, которая равномерно распределяется и приобретает конфигурацию готового изделия.

## 6. Отжиг и обработка стеклоизделий

Изготовленные изделия направляют на отжиг, где происходит устранение или ослабление внутренних напряжений, возникающих при неравномерном остывании вснутренних и внешних слоев стекла.

В процессе отжига изделие нагревают или охлаждают до температуры  $530-580^{\circ}\text{C}$  и выдерживают 7-15 минут, за это время напряжения в различных слоях стенок постепенно выравнивается. После этого изделие медленно охлаждают. От качества проведенного отжига зависит термическая устойчивость изделия. Плохо оттоженные изделия уже при транспортировании или в процессе хранения покрываются трещинами или просто разрушаются.

Обработка изделий включает отделение колпачков у выдувных изделий, обработку края и дна изделия, притирку пробок к графинам

## 7. Украшение стеклоизделий

На основную массу выдувной посуды наносят украшения, т.е. производят их разделку. Изделия украшают или в процессе их выработки (в горячем состоянии), или когда они готовы (в холодном состоянии).



# 1. Украшения наносимые на стеклоизделия в процессе их выработки (в горячем виде):

1.1. Цветное стекло получают при добавлении красителей в стекломассу.



# Цветное стекло





## 1.2. Изделия с нацветом

изготавливают из  
одного слоя стекла и  
покрывают одним или  
двумя слоями  
интенсивно  
окрашенного стекла.

Рубиновый нацвет,  
гравировка



Хрусталь, нацвет.



Кобальт нацвет



# Нацвет



1.3. Украшение под мрамор получают в процессе варки молочного стекла, к которому добавляют молотое неразмешанное цветное стекло, за счет чего создается впечатление прожилок в мраморе. Аналогичным способом украшают стеклянные изделия под малахит.

1.4. Украшение стеклотканями.  
Стеклоткань определенного размера накладывают на почти готовое изделие, ткань сплавляют с поверхностью стекла, а изделие довыдувают.



## 1.5. Украшение цветной насыпью.

Разогретую заготовку прокатывают на столе по насыпанному измельченному цветному стеклу, которое обволакивает заготовку и приплавляется к ее поверхности, после этого заготовку еще раз разогревают.

1.6. Гутенская работа характерна для изделий, выдуваемых без формы.

Углубления, выпуклости и прилепы на поверхности художник осуществляет по своему замыслу.

## 1.7. Украшение «кракле»

- заготовку опускают в холодную воду, затем разогревают ее в печи и довыдувают.
- Поверхность изделия при этом покрывается маленькими и крупными трещинами, образующими своеобразный узор.





# «Кракле»



[WWW.ARTGLASS.SU](http://WWW.ARTGLASS.SU)



1.8. Украшение филигранью или витьем придает изделию ажурностью, имеет вид двух- или трехцветных спиралевидных нитей.

1.9. Люстры получают путем нанесения на поверхность изделий растворов органических соединений металлов в органических растворителях и последующего обжига. При обжиге растворители выгорают, а пленка металлов или их оксидов закрепляется на поверхности.

1.10. Поверхность изделий с разделкой (ирризация) отличается радужными переливами. Изделия нагревают в муфельной печи в атмосфере паров смеси хлористого олова , азотно-кислого стронция и хлорного бария, которые оседая на поверхности изделия, прочно соединяются с ней и придают различные оттенки с переливами (напоминают перламутр)

# Ирризация



2. Украшения, наносимые на готовые изделия (в холодном состоянии), выполняются механическим и химическим способами, живописью и декалькоманией.

Механическим способом на изделия наносят:

2.1. Матовая лента. К поверхности изделия при его вращении прижимают металлическую полосу, под которую подают песок с водой; песчинки царапают стекло, и получается матовая полоска

2.2. Номерная шлифовка представляет собой рисунок в виде ямок, желобков, соединенных наклонными прорезями. Наносится рисунок с помощью песчаных, корундовых и наждачных кругов

## 2.3. Алмазная грань — резьба на стекле

Рисунки состоят из глубоких прорезей и канавок трехгранной формы, образующих сложный геометрический узор. Алмазная грань наносится с помощью корундовых и электрокорундовых кругов, заточенных под определенным углом. Затем изделие полируют смесью 40% плавиковой кислоты и 95% серной кислоты.



# Алмазная грань





## 2.4. Гравировка

рисунок плоский, без больших углублений, матовый, чаще растительной тематики, наносится с помощью медных и алундовых дисков разных диаметров.



2.5. Прямая широкая грань наносится на изделия чугунными или песчаными шайбами.

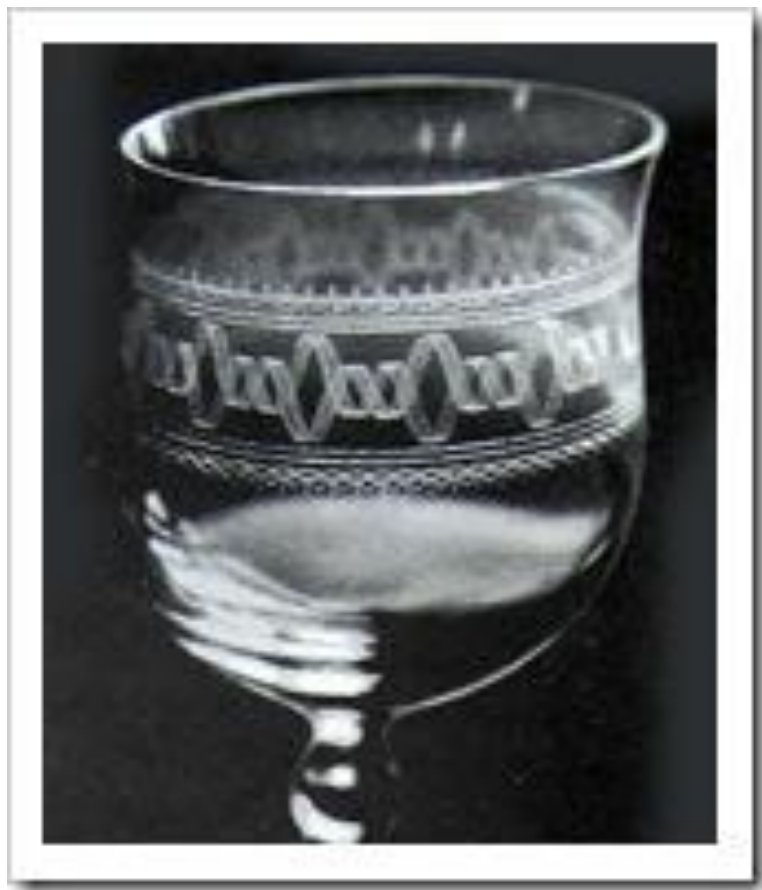
# Химическим способом на изделия наносят травления:

2.6. Простое и сложное травление: изделие покрывают мастикой из воска, парафина, канифоли и скипидара, затем с помощью тонкой иглы вычерчивают в ней рисунок. Затем обнаженную поверхность стекла подвергают травлению в ванне плавиковой кислотой 15-30 минут при температуре 40-60<sup>0</sup>С, где и происходит реакция образования рисунка (светлое травление)  $\text{SiO}_2 + 4\text{HF} = \text{SiF}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

Для простого травления характерен несложный рисунок, который выполняется на гильоширных машинах, более сложный рисунок наносят на пантографических машинах (сложное травление)

2.7. Глубокое травление выполняется на двух- трехслойном стекле вручную кисточкой. Путем многократной обработки плавиковой кислотой на поверхности изделия получается рельефный рисунок

# Травление



2.8. Живописные рисунки наносятся ручным и полуавтоматическим способами силикатными красками, 12% раствором золота, эмалями, люстрами с последующим обжигом при температуре 580-600<sup>0</sup>С

2.9. Декалькомания (деколь) наносится на изделия методом переводной картинки самых разных сюжетов и ярких красок, которая закрепляется обжигом при температуре 580-600<sup>0</sup>С