

ОБОРУДОВАНИЕ СТЕКОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

1. Способы формования стеклоизделий

Формование протекает в две стадии:

- *формообразование* – придание пластичной стекломассе конфигурации формируемого изделия в результате приложения внешних сил, характер действия которых обусловлен видом изделия и способом формования;
- *фиксация формы* – закрепление конфигурации отформованного изделия в результате твердения стекломассы, характер которого обусловлен составом стекла, видом изделия и способом охлаждения.

Существует 12 способов формования.

1. Вытягивание под действием односторонне направленных усилий, создаваемых вытяжным механизмом (непрерывный процесс). Осуществляется вверх или вниз через формирующие отверстия, «лодочку», вращающиеся валки и т.д. Получают плоское и рифленое листовое стекло, стеклянные трубки, трубы, стержни, непрерывное стекловолокно, стеклянную пленку.

2. Прокатка под действием одно- или двусторонних комбинированных раскатывающих усилий. Осуществляется двумя способами:

- между валками – струя стекломассы прокатывается (непрерывно или периодически) между вращающимися навстречу друг другу валками;
- на столе – периодическая прокатка в один прием порции стекломассы на металлическом столе под действием валков.

Получают плоское, узорчатое, армированное, волнистое и профилированное стекло, стеклянную плитку.

3. Формование на расплавленном металле (может сочетаться с вытягиванием и прокаткой). Стекломасса растекается на расплавленном металле с последующим вытягиванием. Причем на расплавленный металл стекломасса может также поступать после прокатки. Получают листовое стекло с огненно-полированной поверхностью.

4. Прессование изделий в металлической форме под действием односторонне направленных сжимающих усилий, создаваемых пуансоном. Прессование осуществляется за один прием набора стекломассы в раскрывной или нераскрывной форме под давлением вводимого внутрь ее пуансона и прикрывающего ее сверху формового кольца. Формуют сплошные или полые изделия, разнообразные по форме, размерам и назначению: строительные блоки, линзы, призмы, экраны, конусы для электронно-лучевых трубок, изоляторы, изделия бытового, тарного и светотехнического стекла.

5. Выдувание изделий под влиянием равномерных усилий, создаваемых сжатым воздухом. Бывает двух типов:

- с помощью выдувной трубки или мундштука (как свободное, так и в форме) при постепенном выдувании изделия из порции стекломассы, набранной вручную на выдувную трубку или посредством дутьевых головок стек-

лоформирующих машин. Производят художественные, химико-лабораторные и специальные технические изделия.

- механизированное в двух различных формах (черновой и чистовой) при последовательном механизированном черновом и чистовом выдувании. Получают узкогорлую (* до 30 мм) пищевую, медицинскую, парфюмерную и химическую стеклянную тару.

6. Прессовыдувание изделий. Осуществляется предварительным прессованием горла изделия и всей черновой заготовки (пульки) с последующим выдуванием готового изделия в чистовой форме. Производят узко- и широкогорлую (* горла свыше 30 мм) пищевую, медицинскую, парфюмерную и химическую стеклянную тару.

7. Центробежное формование под действием центробежных сил, создаваемых механизмом вращения. Бывает двух типов:

- во вращающейся форме – стекломасса равномерно распределяется по внутренней стенке формы при ее быстром вращении. Получают толстостенные полые изделия светотехнического, электровакуумного, технического и художественного назначения.
- на вращающемся диске – то же, для набора стекломассы, помещенного на вращающийся диск с заданным профилем и распределяющегося по его поверхности. При этом происходит непрерывное многократное центробежное расчленение струи стекломассы на части, приводящее к образованию тонких вытянутых волокон. Получают изделия и заготовки из стекла в виде плоских или сфероидных массивных тел вращения (дисков) с гладкой или профилированной поверхностью.

8. Раздув струи стекломассы путем воздействия высокоскоростного потока энергоносителя – сжатого воздуха, перегретого пара, горячих газов. Бывает:

- вертикальный – вытягивание в тонкие волокна и расчленение на отдельные части струй стекломассы, вытекающей из фильер под действием потока энергоносителя, направленного вниз под небольшим углом к вертикали. Получают штапельное стеклянное волокно диаметром 7...12 мкм или нетканый холст из стекловолокна диаметром 14...18 мкм.
- горизонтальный – то же, при горизонтальном воздействии потока энергоносителя на вертикальные струи стекломассы. Получают штапельное стеклянное волокно диаметром 15...30 мкм.

9. Отливка стекломассы в форму, под действием силы тяжести подвижного расплава. Заключается в периодической отливке из ковша, тигля, печи за один прием порции стекломассы в открытую, обычно раскрывную форму. Получают сплошные массивные блоки-заготовки, литые скульптурные или декоративные изделия.

10. Моллирование (изгибание) стекла в размягченном высоковязком состоянии под действием силы тяжести или внешних усилий. Заключается в придании плоской заготовке стекла требуемой формы при повторном разогреве до размягчения. Пластическая деформация и распределение стекла по поверхности

формы происходит под действием силы тяжести. Получают заготовки оптического стекла, скульптурные и декоративные изделия, панорамное и закаленное листовое стекло для автомобильного и других видов транспорта, сферические отражатели, чашки Петри.

11. Вспенивание стекломассы под действием газов и образование пенообразного материала определенной формы, равномерно пронизанного порами. Бывает двух разновидностей:

- расплавленной массы – расплавленную стекломассу вспенивают в сосуде при многоструйном пропускании воздуха или других газов через толщу стекломассы. Получают легкий пористый бесформенный материал (пеностекольный щебень и крошку), пористые легковесные плиты и блоки.
- размягченной (пластичной) стекломассы – вспенивают спекшуюся размягченную в процессе нагревания высоковязкую массу, состоящую из смеси порошков стекла и газообразователей, помещенных в форму. Получают пеностекло плотностью 200...800 кг/м³.

12. Экструдирование путем выдавливания вязкой стекломассы через отверстия определенной формы под действием внешних усилий. Бывает:

- без использования формы – стекломассу выдавливают через отверстия определенной формы и получают профилированные стеклоизделия.
- с формой – расплавленную стекломассу выдавливают через отверстие с последующим заполнением сложной формы. Изготавливают скульптурные и декоративные изделия или их части (сплошные пробки, ножки рюмок, бокалов, фужеров, ваз).

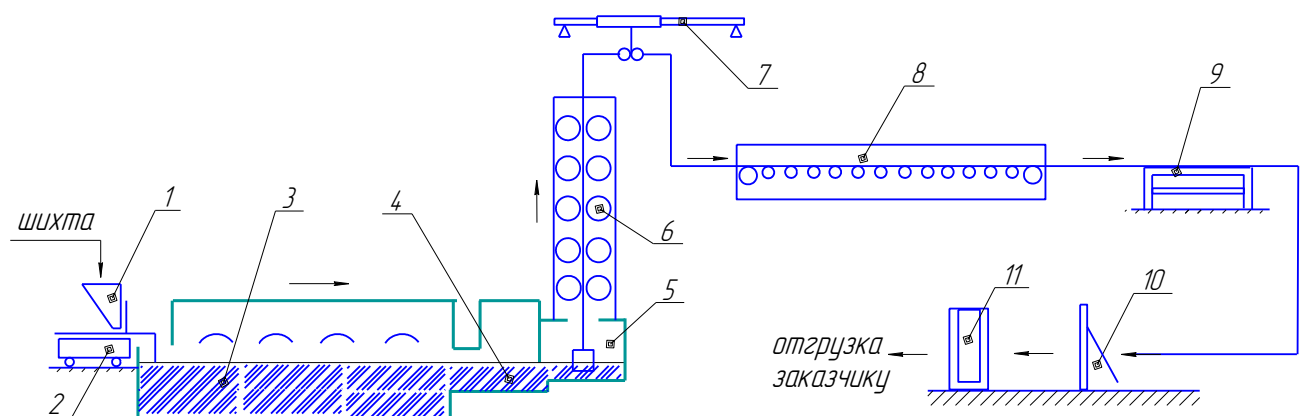
2. Производство листового стекла

Современное производство основных видов листовых стекол характеризуется высоким уровнем механизации и автоматизации технологических процессов. Существует два основных способа производства листового стекла: горизонтальный на расплаве металла (флоат-стекло, термически полированное стекло) и вертикального вытягивания (ВВС, БВВС, тянутое стекло), различающихся как производительностью, так и качеством выпускаемой продукции. В развитых странах Европы и США в основном используется флоат-процесс, обеспечивающий более высокую производительность и качество выпускаемой продукции. Стекло, произведенное по технологии вертикального вытягивания, в настоящее время мало конкурентоспособно даже на внутреннем рынке как по качеству, так и по энергозатратам, которые составляют 13,4-14,7 МДж/кг сваренного стекла, в то время как на отечественных предприятиях, использующих флоат-процесс, энергозатраты составляют 7,3-7,5 МДж/кг, за рубежом 6,7-7,1 МДж/кг.

Однако, вследствие того, что капиталовложения на установку флоат-линии составляют от 60 до 160 млн. долларов, в ближайшее время вертикальное вытягивание стекла все еще будет продолжаться использоваться в отечественной стекольной промышленности. Полученная продукция в основном реализуется для сельскохозяйственных и технических нужд (остекление коровников, подъездов, складов, парников и т.д.).

2.1. Машины ВВС

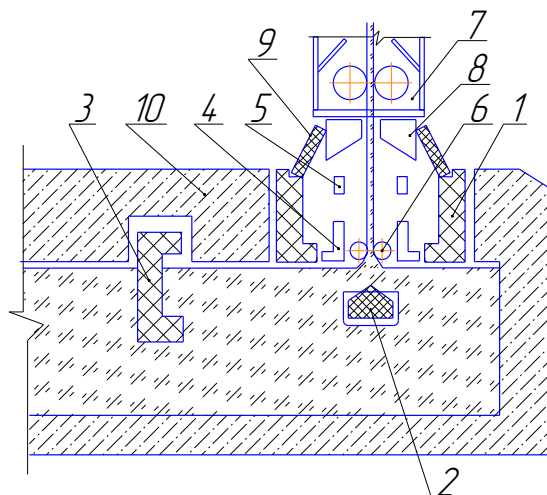
Технологическая поточная линия вертикального вытягивания стекла



- 1 – дункер для шихты; 2 – загрузчик шихты; 3 – ванная печь; 4 – выработочный канал; 5 – подмашинная камера; 6 – машина ВВС; 7 – автомат для отломки листов стекла; 8 – конвейер транспортирования листов стекла; 9 – стол резки; 10 – пирамиды группировки стекла; 11 – упаковка

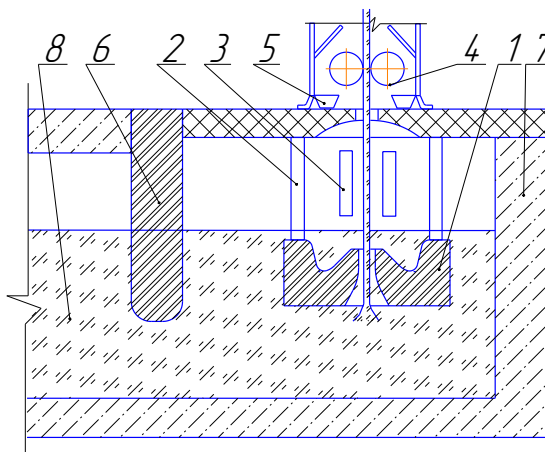
Конструктивно различные модификации машин ВВС схожи. Некоторые отличия связаны в основном с размерами вырабатываемой ленты стекла, его составом а, следовательно, формовочными, скоростными и температурными параметрами и способом формования (лодочным или безлодочным).

Подмашинная камера для безлодочного вытягивания стекла



1 – L-образные блоки; 2 – центральное погружное тело; 3 – противовсильный мост; 4 – основные холодильники; 5 – дополнительные холодильники; 6 – бортоформирующие ролики; 7 – машина ВВС; 8 – боеулавливающие коробка; 9 – сводовые холодильники; 10 – ванна с расплавленным стеклом.

Подмашинная камера для лодочного вытягивания стекла



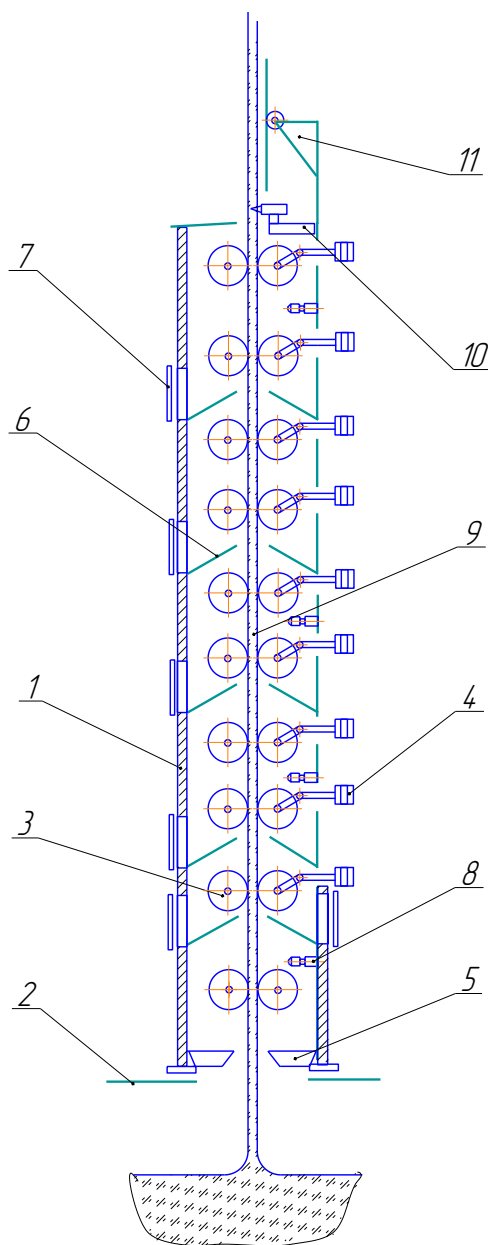
1 – лодочка; 2 – нажимная штанга; 3 – холодильник; 4 – машина ВВС; 5 – боеулавливающие коробка; 6 – мост; 7 – ванна; 8 – стекломасса.

Нажимная штанга 2 управляется 4-хзвенным рычажно-винтовым механизмом и служит для погружения в стекломассу и удержания в ней плавающей лодочки 1.

Машина ВВС представляет собой вертикальную шахту-печь прямоугольного сечения высотой от 5,45 до 11,73 м, состоящую из ряда закрепленных друг на

друге секций 1. Каждая из нижних секций состоит из соединенных болтами лобовых и боковых стенок, отлитых из жаростойкого чугуна. Верхняя часть шахты с боковых сторон открыта. В зоне ответственного отжига внутренние поверхности секций покрыты изоляционными материалами: асбестовым картоном (боковые стенки) и перлитно-цементными плитами (лобовые стенки).

Машина ВВС



1 – шахта; 2 – подмашинная камера; 3 – валки; 4 – грузы; 5 – боеулавливающие коробки; 6 – скаты; 7 – шахтные люки; 8 – горелки; 9 – лента стекла; 10 – механизм подрезки; 11 – отломщик стекла.

По высоте шахты располагается от 15 до 31 пары валков 3 с покрытием из асбеста для транспортирования ленты стекла 9. Концевые части валков имеют меньший диаметр, чем центральная цилиндрическая часть, для того, чтобы между ними могли свободно проходить утолщенные кромки бортов ленты стекла. Валки

вращаются в роликовых подшипниках, расположенных в гнездах торцевых стенок шахты. Причем, в последнее время роликовые подшипники заменяют на графитовые, что повышает надежность машины и упрощает ее обслуживание. Подшипники одного вертикального ряда жестко зафиксированы в гнездах, другого же – могут передвигаться вместе с валками в горизонтальном направлении. Подвижные валки прижимают к неподвижным (или к проходящей между ними ленте стекла) при помощи рычагов с грузами 4. Валки отводятся от ленты стекла дистанционно с использованием пневмосистемы или вручную.

Между каждой парой валков, кроме расположенных в верхней открытой секции, в боковых стенках шахты имеются люки 7 с металлическими крышками, предназначенные для очистки машины от осколков стекла, наблюдения за движением ленты, а также для частичного регулирования режима отжига в шахте.

Для равномерного распределения температуры по ширине шахты служит система газового обогрева. Она включает 12 инжекционных горелок 8, установленных в муфелях напротив валков. Контроль температурного режима по высоте шахты осуществляется при помощи термопар. Для охлаждения ленты стекла в верхней открытой части шахты предусмотрена система подачи вентиляторного воздуха.

Лента стекла разрезается на выходе из машины специальным устройством 10, состоящим из подрезной линейки, каретки и привода ее перемещения. На каретке закреплен роликодержатель с победитовым роликом, которым и осуществляется поперечная подрезка. Отрезка и отломка бортов, раскрой, разломка листов и укладка их в пакеты осуществляется на механизированных линиях обработки стекла ЛОСТ.

Привод предназначен для приведения во вращение тянущих асбестированных валков. Он включает электродвигатель с регулируемой частотой вращения и червячный редуктор, шестерня которого закреплена на вертикальном валу и через соответствующие червяки и колеса приводит во вращение тянущие валки.

Интервал температур формования зависит от геометрических параметров подмашинных камер и способа вытягивания и лежит в пределах 920-980°C. Скорость вытягивания зависит от способа вытягивания и толщины ленты (при безлудочном она в среднем на 30% выше и для 2-х мм стекла достигает 100-135 м/с).

Шахту подвешивают над подмашинной камерой строго по оси последней при помощи имеющихся на второй или третьей секции снизу лап с болтами, которые опираются на металлические балки. Правильность подвески корректируется посредством болтового соединения.

Машины ВВС-3А и ВВС2-7,8

ВВС-3А предназначена для выработки листового стекла безлудочным способом.

Общий вид и кинематическая схема машины представлены на рис. 1 и рис. 2.

Как видно из рис. 2, электродвигатель постоянного тока 2 через червячный редуктор 3, шестерня которого закреплена на вертикальном валу 1, приводит вращение тянущие валки. Вертикальный вал расположен вдоль всей шахты машины

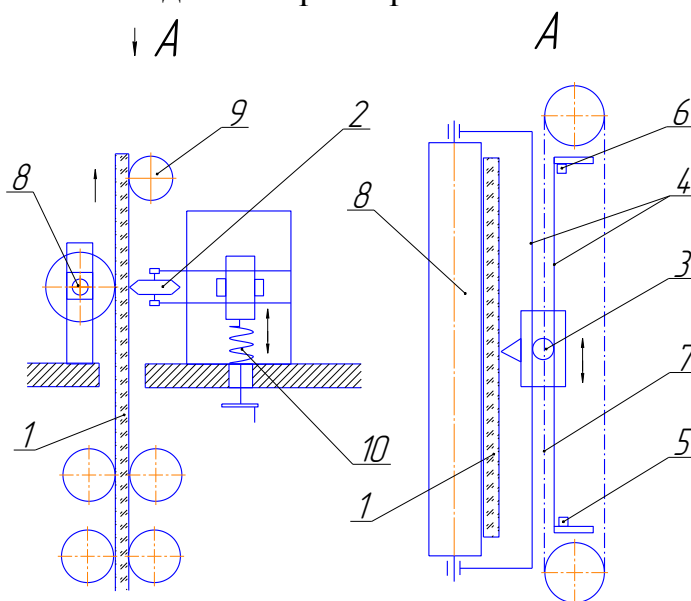
и состоит из отдельных частей, соединенных между собой цепными муфтами 4. Каждая часть вертикального вала входит в состав отдельного червячного редуктора 5, который состоит из червяка и двух колес, приводящих в движение через карданные валики соответствующую пару тянущих валков, за исключением 1-й и 2-й пары. Им вращение передается через цепные передачи 6 от валков 3-й и 4-й пары.

ВВС-7,8 (рис. 3 и 4) отличается от машин ВВС-3А конструкцией привода, количеством пар тянущих валков, а также наличием установки рециркуляции горячего воздуха, способствующей снижению волнистости стекла. Способ вытягивания – лодочный.

Техническая характеристика	ВВС-3А	ВВС2-7,8
Ширина ленты стекла, мм (без бортов)	3000	2000
Толщина стекла, мм	3-10	2-10
Число пар тянущих валков	31	20
Диаметр валков, мм	180	150
Электродвигатель привода		
• Мощность, кВт	4,5-4,8	1,5
• Частота вращения, мин ⁻¹	150-1500	2200
Скорость вытягивания ленты стекла, м/ч	110-200	120-186
Высота шахты, мм	11730	7845
Масса, кг	43500	22000

Подрезчик 4ЛОСТ-101

Монтируется на верхней секции машины ВВС и предназначен для подрезки ленты стекла на листы заданного размера.



1 – лента стекла, 2 – резец, 3 – каретка, 4 – направляющая, 5, 6 – концевые выключатели, 7 – цепная передача, 8 – опорный ролик, 9 – прижимной ролик, 10 – механизм подъема траверсы.

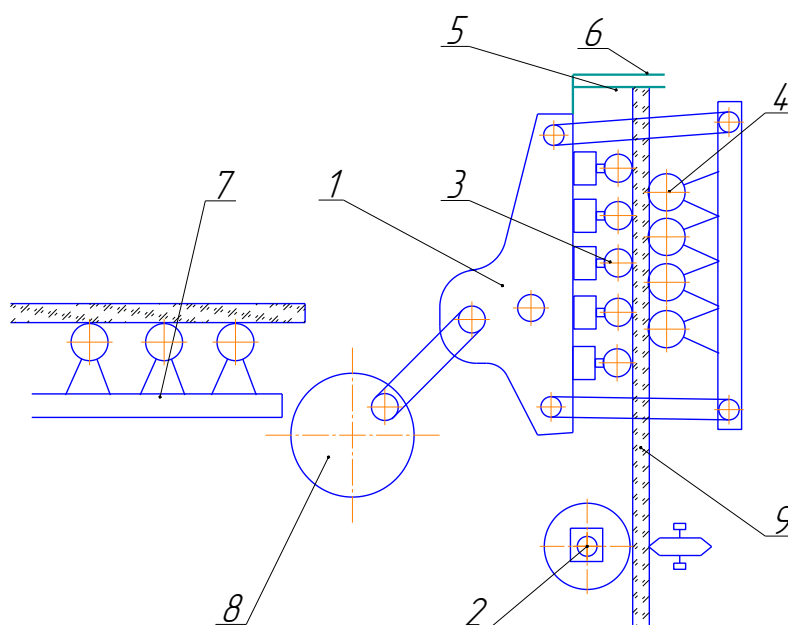
Он состоит из каретки 3, в которой закреплен резец 2, опорного валка 8, прижимного ролика 9, механизма подъема траверсы 10 и двух концевых выключателей 5 и 6, установленных на направляющей линейке 4.

Каретка 3 передвигается по направляющей 4 при помощи цепи 7. Скорость передвижения – до 60 м/мин, потребляемая мощность – 0,4 кВт. После прохождения борта ленты она прижимается к стеклу и делает надрез. В конце хода она нажимает на концевой выключатель 6, двигатель привода начинает вращаться в обратную сторону и каретка возвращаясь назад нажимает на выключатель 5 и останавливается.

Опорный 8 и прижимной 9 валки ликвидируют вибрацию ленты при подрезке.

Механизм подъема траверсы 10 служит для обеспечения перпендикулярности реза к оси ленты стекла.

Отломщик ВО-45



1 – поворотная рама, 2 – подрезчик, 3 – ролики, 4 – прижимные ролики, 5, 6 – микровыключатели, 7 – откатчик, 8 – привод поворотной рамы, 9 – лента стекла.

Лента стекла 9, проходя между роликами 3 и прижимными роликами 4 поворотной рамы 1, нажимает на микровыключатель 5 и включает подрезчик 2. При дальнейшем движении она нажимает на выключатель 6 и подает сигнал на привод 8 поворота рамы 1 и одновременное зажатие листа роликами 4. Лист отламывается в момент поворота рамы от вертикального положения в сторону откатчика 7, ролики которого расположены в горизонтальной плоскости.

В исходное положение рама 1 возвращается при сходе листа стекла с откатчика 7. Их работа синхронизирована.

Затем лист стекла поступает на устройство отрезки и отломки бортов, а затем на раскрой, разломку и упаковку.

Расчет машин ВВС

Производительность, м²/ч

$$Q = k_1 k_2 v B$$

где k_1 – коэффициент использования машины по времени; k_2 – коэффициент, учитывающий пробуксовку тянущих валков по стеклу; v – скорость вытягивания ленты стекла, м/ч; B – ширина ленты стекла, м.

Мощность электродвигателя привода, кВт

$$N_{дв} = \frac{\sum M_{кр} \cdot n \cdot m}{71620 \cdot 1,36\eta}$$

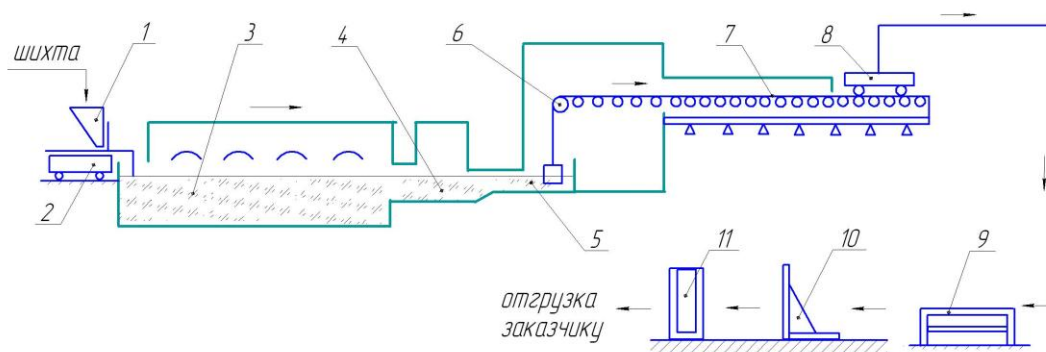
где $\sum M_{кр}$ – суммарный крутящий момент одной пары тянущих валков, Н·см; n – частота вращения валков, мин⁻¹; m – число пар тянущих валков; η – КПД механизмов машины.

2.2. Машины ГВС

Как и при способе БВВС, лента стекла формируется со свободной поверхности стекломассы, однако вследствие мелкой выработочной камеры (160-200 мм) исключено влияние конвекционных потоков на формование. На высоте 600-650 мм лента формируемого стекла, находясь еще в пластическом состоянии, меняет направление с вертикального на горизонтальное, огибая полый стальной вал, и затем при помощи тянульного устройства или роликов направляется в лер.

В связи с малой высотой подъема лента подвергается меньшим, чем при ВВС, растягивающим усилиям как по толщине, так и по ширине. Кроме этого, на нее не давят тянульные валки. Это позволяет вытягивать стекло с повышенными скоростями и толщиной в диапазоне от 0,2 до 20 мм. Ширина ленты до 3650 мм. Причем скорость валиков лера для натяжения ленты на 3-5 % больше.

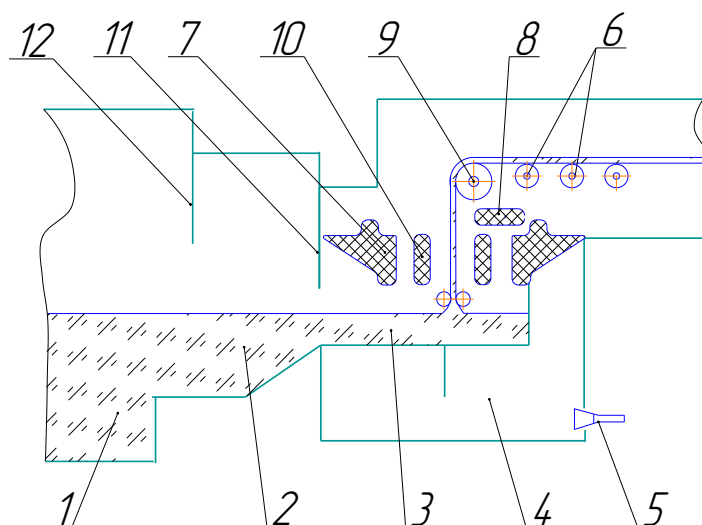
Технологическая поточная линия горизонтального вытягивания стекла



1 – бункер для шихты; 2 – загрузчик шихты; 3 – ванная печь; 4 – выработочный канал; 5 – подмашинная камера; 6 – машина ГВС; 7 – лер для отжига стекла; 8 – вакуум-присосное устройство для отломки и транспортирования листов стекла; 9 – стол резки; 10 – пирамиды группировки стекла; 11 – упаковка

Бассейн выработочной камеры изготавливают из высокоогнеупорной шамотной массы в виде целого блока (без швов). Он имеет ширину немного большую чем ширина ленты стекла и длину 1100-1200 мм.

Выработочная камера



1 – бассейн; 2 – промежуточная камера; 3 – выработочная камера; 4 – отопительная камера; 5 – горелки; 6 – транспортирующие ролики; 7 – фасонные элементы; 8 – горизонтальный холодильник; 9 – перегибной валок; 10 – водяные холодильники; 11 – арка; 12 – подвесной мост.

Толщина дна и боковых стенок 150 мм, глубина бассейна промежуточной камеры 450-500 мм. Промежуточная камера 2 отделена по газовой среде от выработочной части печи 3 плоской аркой 11, а от выработочной камеры 1 подвесным мостом 12. Она служит для термической подготовки стекломассы и ослабления конвекционных потоков. Дно и торцевую стенку бассейна обогревают при помощи газовых горелок 5. Для экранирования поверхности стекло-

массы в камере формования с целью придания необходимой вязкости применяют подвесные фасонные огнеупорные элементы (экраны) 7, нижний край которых находится в 40-50 мм от поверхности стекломассы. Между экранами и формирующейся лентой стекла устанавливают водяные холодильники 10 высотой 170-180 мм и шириной 38-40 мм.

Диаметр перегибного вала 9 составляет 150-180 мм. Его изготавливают из специальной легированной стали с тщательно отполированной поверхностью. Постоянную температуру поверхности вала поддерживают путем регулируемой подачи внутрь его охлаждающего воздуха. Во избежание прилипания ленты к перегибному валу под ним установлен горизонтальный холодильник 8.

Температурный режим выработки

-начало студочного бассейна – 1370°C;

-температура луковицы – 1040°C;

-лента в месте перегиба – 765°C;

-лента у входа в лер – 650°C.

Преимущества по сравнению с ВВС:

-возможность вытягивания стекла в широком диапазоне толщин;

-высокие скорости вытягивания;

-более высокие качества стекла;

-большой срок непрерывной работы (свыше года).

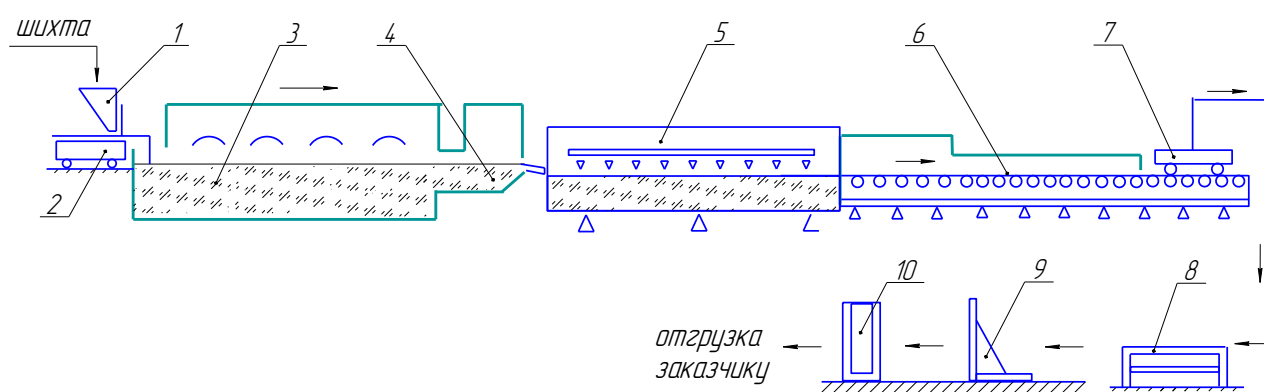
Недостатки:

-громоздкость с сложностью конструкции выработочной камеры.

У нас широкого применения не нашла.

2.3. Выработка листового стекла флот-способом

Технологическая поточная линия по производству листового стекла, формируемого на поверхности расплавленного металла (флот-процесс)

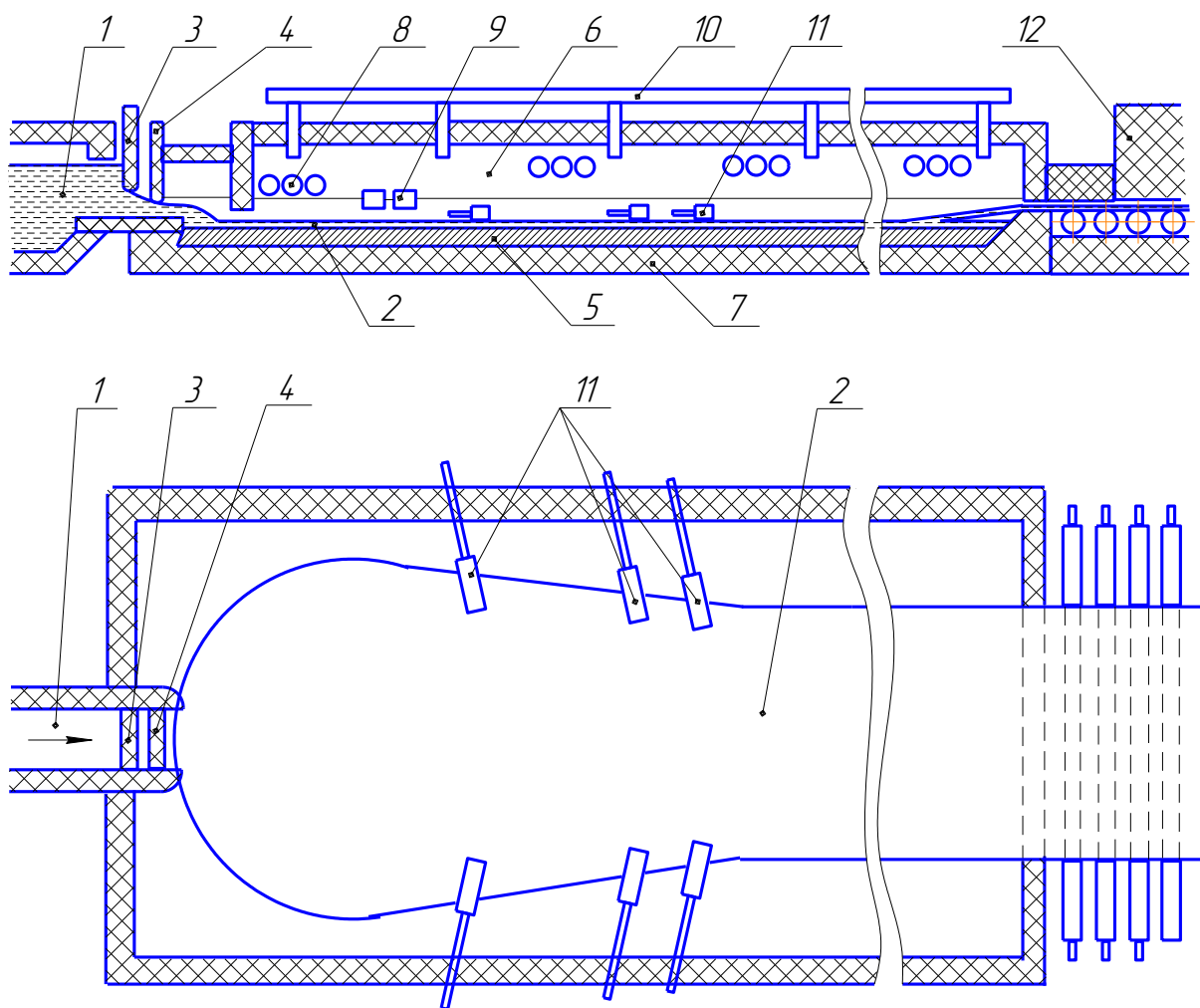


1 – бункер для шихты; 2 – загрузчик шихты; 3 – ванная печь; 4 – выработочный канал; 5 – ванна с расплавленным металлом; 6 – лер для отжига стекла; 7 – вакуум-присосное устройство для отламки и транспортирования листов стекла; 8 – стол резки; 9 – пирамиды группировки стекла; 10 – упаковка

Основная особенность способа состоит в том, что процесс формирования ленты стекла протекает на поверхности расплавленного металла. Лента стекла

образуется в результате растекания стекломассы под действием силы тяжести при ее организованном оконтуривании, передвижении в нужном направлении, охлаждении и передаче в лер (электрическую печь) для отжига. При этом нижняя поверхность ленты получается ровной и гладкой за счет контакта с идеально ровной поверхностью металла, а верхняя – за счет сил поверхностного натяжения самой стекломассы (огневая полировка). Наличие внизу формирующейся ленты слоя металла (олова) с высокой теплопроводностью предопределяет высокую термическую гомогенность стекломассы в процессе формирования стекла.

Схема флоат-ванны



*1 – стекломасса; 2 – лента стекла; 3, 4 – шиберы; 5 – расплав олова; 6 – ванна;
7 – бассейн ванны расплава; 8 – нагреватели; 9 – холодильники; 10 – система подачи азота; 11 – верхние ролики; 12 – отжигательный лер.*

Стекломасса 1, имеющая температуру 1100° С, из выработочной части ванной печи по узкому мелкому каналу, заканчивающемуся наклонным сливным лотком, поступает во флоат-ванну 6 с расплавленным оловом 5, где при последовательном прохождении температурных зон, регулируемых при помощи нагревателей 8 и холодильников 9, и происходит процесс формирования и

охлаждения ленты стекла 2 до температуры 600°C, с которой она покидает ванну и поступает в лер 11 для отжига. Ванна с расплавленным оловом 6 представляет собой герметически закрытую туннельную печь с электрическим подогревом, внутрь которой при помощи системы 10 подают смесь азота (96 %) и водорода (4 %) для предохранения поверхности расплавленного олова от окисления.

Газовое пространство над каналом и сливным лотком ограничено подвесным сводом и боковыми стенами и герметично сочленено с верхней частью флоат-ванны. Сливной канал оборудован отсечным 3 и регулировочным 4 шиберами. При помощи регулирующего шибера 4 можно изменять количество подаваемой в ванну стекломассы. Одновременно он служит для герметичного разделения газовых сред флоат-ванны и ванной печи.

Флоат-ванна имеет длину 45-55 м и ширину для наиболее распространенной ширины ленты, равной 3000-3300 мм, в передней части 6000-7000 мм и в остальной части 4000-4500 мм. Ванна футерована огнеупорным материалом, стойким к воздействию расплавленного олова, и заключена в металлический кожух. Глубина слоя олова в ванне 40-50 мм, количество олова в ванне около 120 т. Под сводом ванны по всей ее длине установлены электрически нагреватели 8, при помощи которых поддерживают необходимые температурные режимы как по длине, так и по ширине ванны. Дно ванны охлаждают воздухом. По бокам флоат-ванны имеются смотровые окна, которые служат и для выполнения операций по передвижению ленты во время пуска установки.

Температуру стекломассы в сливном канале перед отсекающим шибером измеряют при помощи термопары, погруженной в стекломассу на 20-25 мм, поддерживают на уровне 1080-1100°C и регулируют с точностью $\pm 1^\circ\text{C}$ автоматической системой вдувания холодного воздуха в студочную часть печи. На сливном лотке стекломасса имеет температуру около 1050°C, в начале зоны растекания – около 1000°C, а в конце ее – около 950°C. Для исключения влияния кислорода и серы, содержащихся в расплавленном слое в виде загрязнений, в него добавляют 0,005 % натрия или 0,001 % магния. Эти металлы, вступая в соединение с кислородом и серой, образуют шлак, который удаляется механическим путем или посредством регенерации олова.

Скорости вытягивания для стекол 2 мм – 914 м/ч; 3-4 мм – 500-600 м/ч; 6-7 мм – 200-400 м/ч.

Флоат-ванна для стекол 2-4 мм

Ванна футерована графитом и разделена по длине на 5 зон при помощи треугольных графитовых переемычек 1, погруженных в олово, и перегородок по газовой фазе 2.

I – $t = 1000-1030^\circ\text{C}$ – образуется слой равновесной толщины;

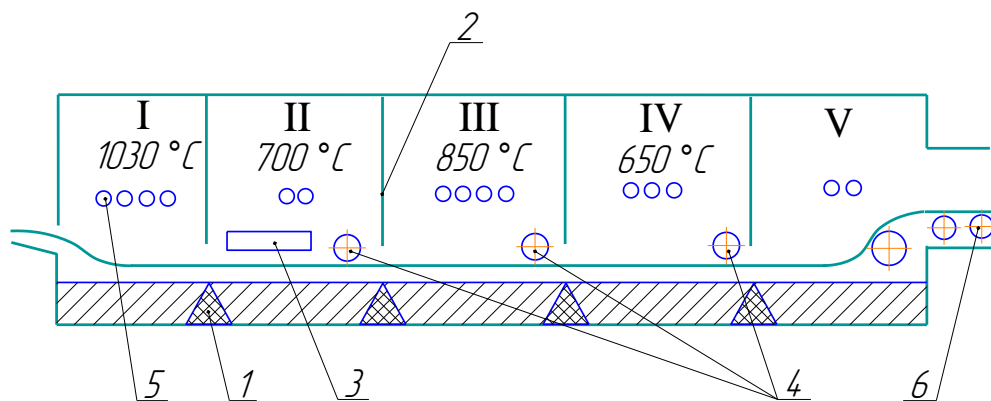
II – охлаждение до $t = 700^\circ\text{C}$;

III – $t = 850^\circ\text{C}$ – вытягивание ленты до заданной толщины;

IV – охлаждение до $t = 650^\circ\text{C}$ для закрепления ленты стекла по толщине;

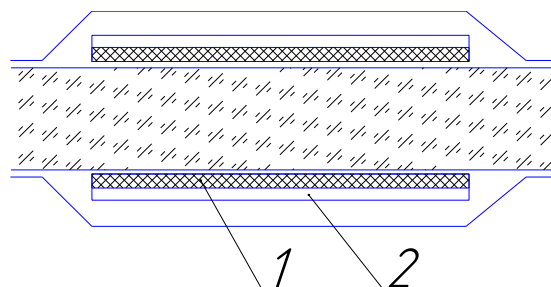
V – подъем и передача ленты в лер.

Начиная с конца зоны II для предотвращения растягивающих усилий установлены бортоформирующие ролики 4.



1 – графитовые перемычки, 2 – перегородки по газовой фазе, 3 – холодильник, 4 - бортоформирующие ролики, 5 – нагреватели, 6 - ролики лера

Флюат-ванна для стекол 8-30 мм



1 – графитовые ограничители, 2 - холодильники

Ванна одинаковой ширины. На поверхности олова прямые корытообразные графитовые ограничители, удерживаемые водяными холодильниками. Над столом перед графитовыми ограничителями также установлены водяные холодильники.

На сегодняшний день известны три принципиально различающихся флюат-способа производства листового стекла.

1. Способ фирмы Pilkington – подача стекломассы из стекловаренной печи в ванну расплава – осуществляется методом свободного слива по узкому лотку, отстоящему от поверхности олова на некотором расстоянии. Отформованная лента стекла выводится из ванны расплава на первый вал печи отжига (шлаковой камеры) с температурой 600-615°C и поднимается над выходным порогом (с перегибом ленты); уровень олова в ванне ниже уровня порога на 8-10 мм.

2. Способ двухстадийного формования – разработан саратовским филиалом Государственного института стекла. Лента стекла выходит из ванны расплава без перегиба на газовоздушную опору (подушку) при температуре более 650°C. При этом уровень олова в ванне выше уровня порога на 2-3 мм, что

достигается за счет применения электромагнитных индукторов, также разработанных институтом (авторские свидетельства СССР 248917, 392674). На газовой подушке происходит вторая стадия формования ленты, где она охлаждается. При этом обеспечивается окончательная фиксация ее геометрической формы, после чего лента передается на приемные валы печи отжига. Преимуществом двухстадийного способа формования является возможность передачи ленты стекла на приемные валы печи отжига с более низкой температурой (570-580°C), что ниже на 20-35°C, чем в процессе фирмы Pilkington, и более надежно обеспечивает сохранность нижней поверхности. Что касается процессов восстановления оксидов олова, то, поскольку температура олова в выходной части ванны расплава выше примерно на 50°C и составляет около 650°C, процессы восстановления оксидов олова идут интенсивнее, что повышает качество нижней поверхности ленты стекла.

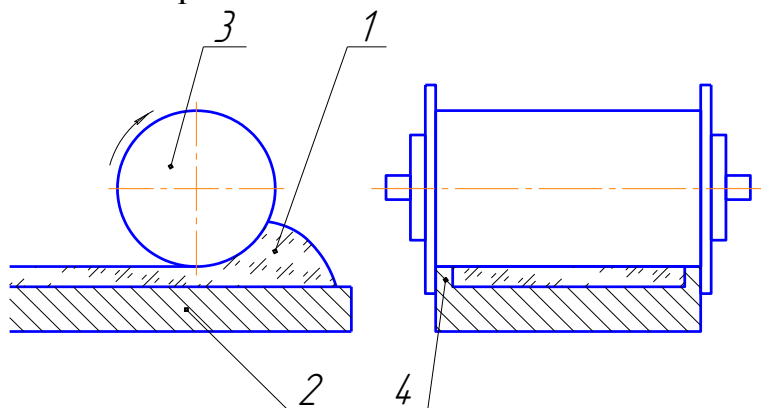
3. Способ производства флоат-стекла, разработанный фирмой PPG, отличается узлом слива стекломассы из стекловаренной печи в ванну расплава. Этот способ предусматривает подачу стекломассы из печи в ванну расплава в виде горизонтального слоя на поверхность расплава металла на том же уровне, что и передаваемый слой. Использование данного способа позволяет вырабатывать ленту стекла без растекания в “лужу”, т.е. без нарушения ламинарности слоев подаваемой стекломассы, что обеспечивает получение стекла (как толстых, так и тонких номиналов) с высокими оптическими показателями.

2.4. Производство стеклоизделий способом проката

Периодический способ проката

Применяется лишь при производстве специального листового стекла: оптического, цветного, глушеного и т.д.

Прокатным катком на литейном столе изготавливают стекло толщиной 7-60 мм. Расплавленную стекломассу выливают на чугунный стол перед катком, который перемещаясь вдоль стола прокатывает и разравнивает порцию стекла. Готовый лист стекла оставляют на столе до затвердения, а затем по рольгангу направляют в лер отжига.



1 – стекломасса, 2 – чугунный стол, 3 – каток, 4 – борт стола

Способ малопроизводителен и трудоемок. Стекло имеет дефекты: неровную ковваную или волнистую поверхность. При шлифовке много отходов.

Непрерывный способ проката

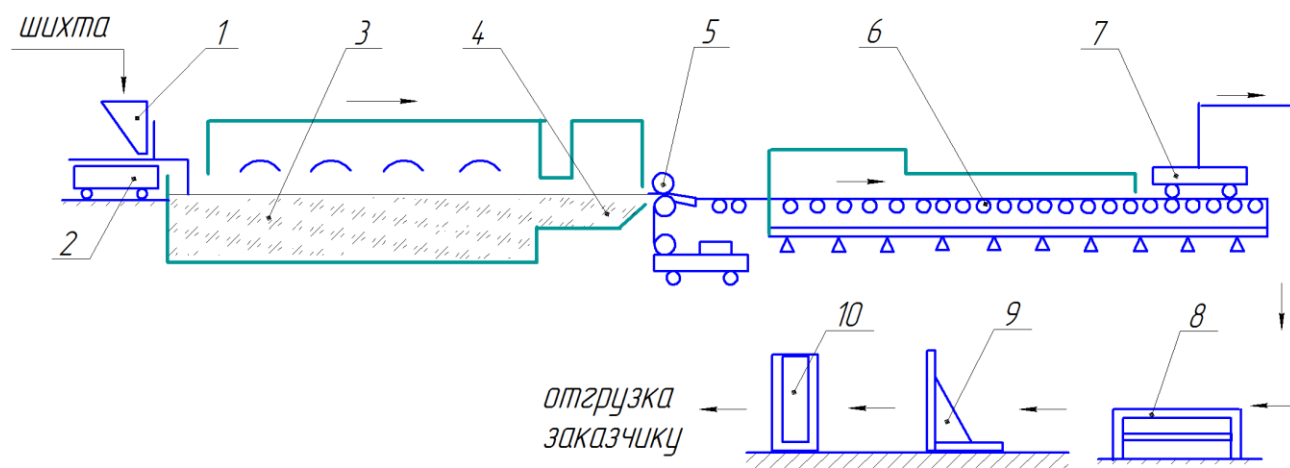
Способ применяется для выработки «сырого» стекла, идущего затем на конвейерное шлифование и полирование, узорчатого стекла, армированного стекла, стеклопрофилита, а также коврово-мозаичной плитки.

Толщина проката – 3-20 мм, Скорость проката: гладкого стекла – 250 м/ч, узорчатого – 220 м/ч, армированного – 180 м/ч.

2.4.1. Прокат листового стекла

Ленту стекла формуют путем проката вязкой стекломассы между двумя валками прокатной машины, затем по рольгангу она поступает в лер для отжига.

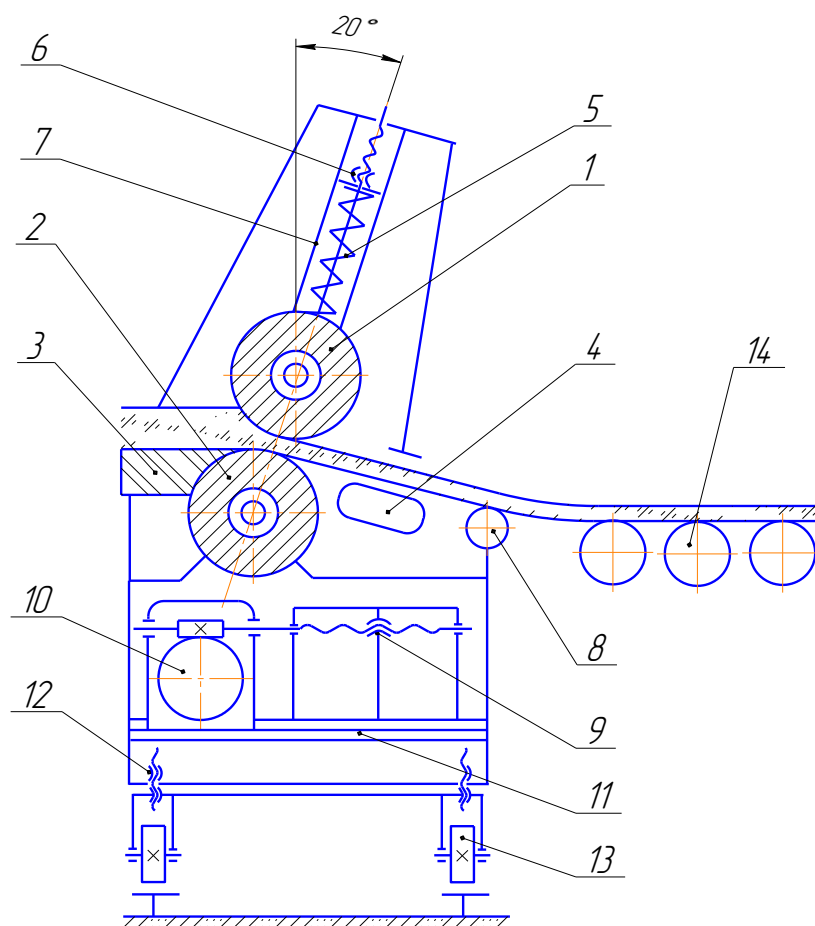
Технологическая поточная линия прокатки листового стекла



1 – бункер для шихты; 2 – загрузчик шихты; 3 – ванная печь; 4 – выработочный канал; 5 – машина для проката; 6 – лер для отжига стекла; 7 – вакуум-присосное устройство для отломки и транспортирования листов стекла; 8 – стол резки; 9 – пирамиды группировки стекла; 10 – упаковка

Основное оборудование – прокатная машина.

Схема прокатной машины



1, 2 – прокатные валки, 3 – приемный лоток, 4 – приемная плита-холодильник, 5 – пружина, 6, 9 – узел «винт-гайка», 7 – стойки, 8 – асбестовый валик, 10 – червячный редуктор, 11 – направляющие, 12 – регулировочные болты, 13 – катки, 14 – приемные ролики

В прокатную машину стекломасса с температурой 1100-1250°C поступает со сливного лотка, на выходе из валов машины она имеет температуру 850-950°C.

Основная формирующая часть машины – полые прокатные валы 1 и 2 из жаростойкой стали, охлаждаемые внутри водой. Верхний валок в средней части имеет несколько меньший диаметр, чем на концах, что позволяет получать равномерную по толщине ленту стекла.

Толщину стекла регулируют расстоянием между валами, а скорость проката изменением скорости вращения валов.

Расстояние между валками изменяется при помощи винтов и клиньев. Верхний валок 1 снабжен пружиной с винтом 6 для создания прижимного усилия, а также для возможности приподнятия валка над стеклом для пропуска крупных включений. Винт вращается от маховика, вал которого выполнен в

виде червяка, соединенного с червячным колесом, посаженным на винт 6. Внутри червячного колеса жестко посажена гайка, создающая пару «винт-гайка».

Подшипники верхнего валка установлены в специальных направляющих, перемещающихся по стойкам 7. Его ход составляет 4-25 мм. Подшипники нижнего валка неподвижно закреплены в станине машины. Параллельность валков выставляется при помощи специальных устройств, снабженных шкалами.

Все узлы машины смонтированы на подвижной тележке. Высоту установки машины относительно сливного порога можно регулировать при помощи регулировочных болтов 12. Установка валков в горизонтальной плоскости осуществляется при помощи механизма перемещения, состоящего из червячного редуктора 10, выходной вал которого, оканчивающийся винтом, заходит в гайку 9. Передвижение стоек машины осуществляется вручную посредством маховиков, расположенных по сторонам машины.

Перемещение верхней части машины относительно нижней происходит по направляющим 11, выполненным в виде «ласточкиного хвоста». Редуктор механизма перемещения 10 установлен на нижней части машины – тележке.

В горизонтальном направлении прокатная машина может быть также перемещена по рельсам при помощи лебедки, установленной на катках 13.

Длина выходной щели соответствует ширине поступающей ленты, а высота – требуемому количеству стекломассы для получения необходимой толщины.

Вращение прокатных валков 1 и 2, а также асбестированных валиков 3 рольного стола осуществляется при помощи электродвигателя постоянного тока 4. Крутящий момент от двигателя 4 через червячный 5 и цилиндрический 6 редукторы посредством карданной передачи 7 передается на ведущую звездочку 8 цепной передачи 9, от которой приводятся во вращение звездочки прокатных валков 1 и 2. Натяжение цепи осуществляется с помощью натяжных звездочек 10.

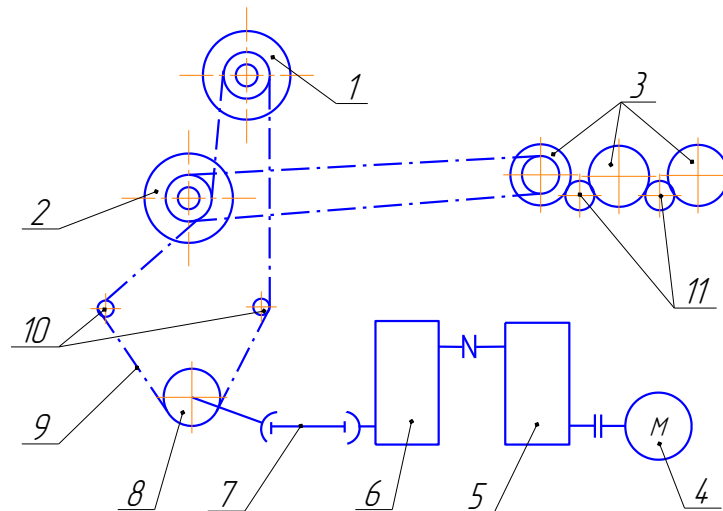
Привод асбестовых роликов 3 осуществляется от звездочки нижнего прокатного валка 2 на первый по ходу движения ленты стекла асбестовый ролик. Остальные ролики приводятся во вращение от первого через систему зубчатых цилиндрических передач 12.

Для обеспечения натяжения ленты стекла окружная скорость движения асбестовых роликов 3 на 5-10 % больше скорости прокатных валков.

В отечественной промышленности получили распространение прокатные машины ПЛ-1-160 и НП-1001. Их технические характеристики приведены в таблице.

При выработке узорчатого стекла один из валов, обычно верхний, имеет узор, выгравированный на его поверхности, который оставляет отпечаток на ленте стекла.

Кинематическая схема привода



1, 2 – прокатные валки, 3 – асбестированные ролики, 4 – электродвигатель, 5 – червячный редуктор, 6 – цепной редуктор, 7 – карданный вал, 8 – приводная звездочка, 9 – цепная передача, 10 – натяжные звездочки, 11 – цилиндрическая зубчатая передача

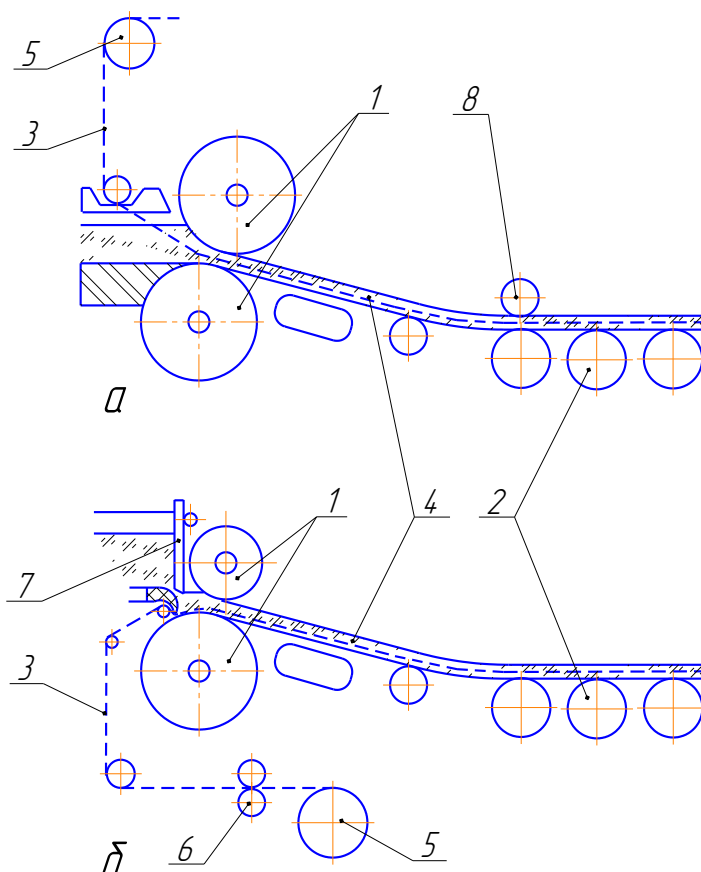
Техническая характеристика прокатных машин непрерывного действия

Показатели	ПЛ-1-60	НП-1001	«АНРЭ» Бельгия
Размер прокатываемой ленты, мм ширина толщина	1600-1800 5-15	3000-3200 5-15	1600-1700 2,8-10
Максимальная скорость прокатки, м/ч	225	180	–
Размер прокатных валов, мм длина диаметр	2000 350	3000 370	1800 150-200
Угол смещения оси валов к вертикальной плоскости, град	20	20	–
Максимальный зазор между валами, мм	25	25	–
Изменение зазора между валами за 1 оборот винта, мм	0,37	0,75	–
Мощность электродвигателя постоянного тока для прокатки, кВт	6,5	–	3x1,6
Габаритные размеры, м	1,5x3,5x2	–	–
Масса, кг	9000	–	–

2.4.2. Прокат армированного стекла

При прокате армированного стекла внутрь ленты закатывают металлическую сетку. Подача сетки может осуществляться как сверху (рис. а), так и снизу (рис. б).

Схемы подачи сетки



1 – прокатные валки, 2 – асбестированные ролики, 3 – металлическая сетка, 4 – лента стекла, 5 – рулон сетки, 6 – вальцы выравнивания сетки, 7 – шамотный шибер, 8 – валок

При подаче сетки в прокатную машину сверху барабан с рулоном сетки 5 расположен на площадке над прокатной машиной. При работе машины сетка 3 сматывается с барабана 5, заглубляется в стекломассу специальным валиком над сливным брусом и окончательно закатывается валком 8.

Недостатком способа является частичное окисление сетки при нагреве и ее взаимодействии с печными газами, выбивающимися из выработочной части печи, что приводит к образованию пузырей и закрашенных бурых участков стекломассы в местах ее контакта с проволокой.

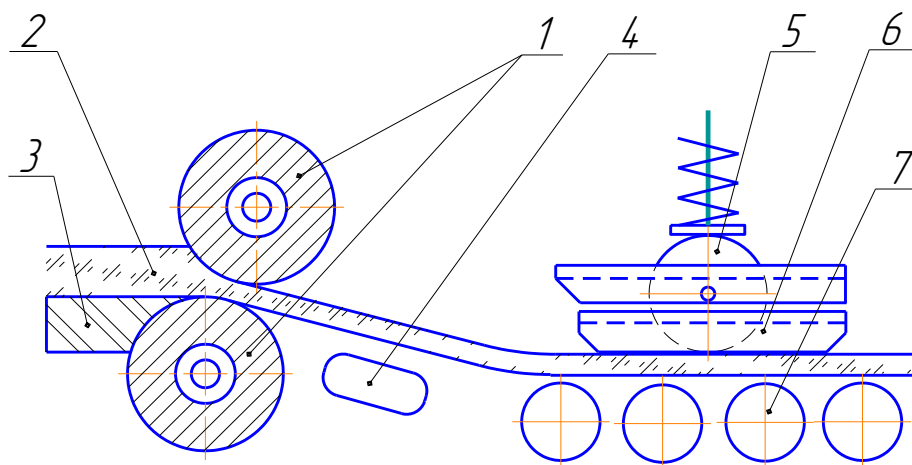
Этот недостаток устраняют при подаче сетки снизу, когда она, будучи мало нагретой, сразу же закатывается внутрь ленты.

Для получения высококачественного стекла важно иметь армирующую сетку хорошего качества. Используется сетка с квадратными ячейками 12,5x12,5 или 25x25 мм, изготовленная из светлой проволоки \varnothing 0,45-0,5 мм электроконтактной сваркой.

2.4.3. Производство стеклопрофилита

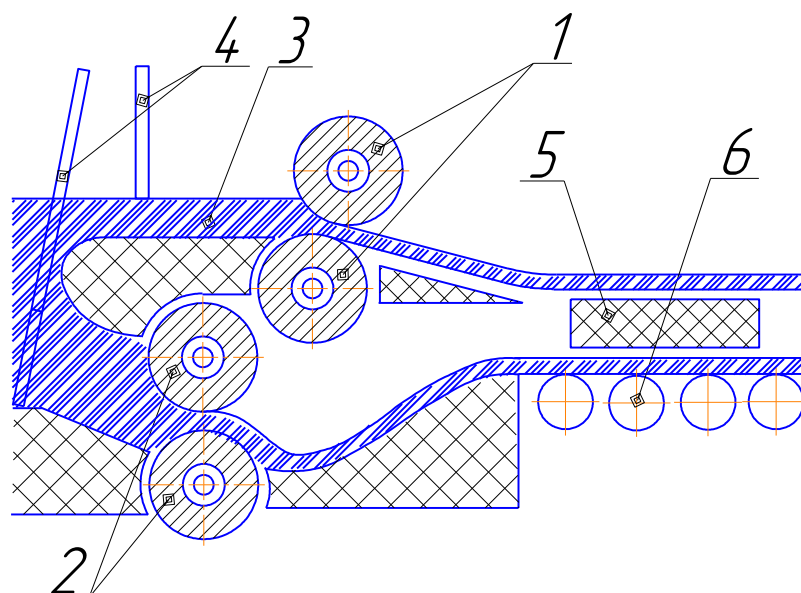
Установки для непрерывного проката профильного стекла (стеклопрофилита) снабжают дополнительным сменным устройством для формования ленты стекла в балку заданного профиля (коробка, швеллер и др.).

Устройство 6, формирующее швеллерное стекло, отгибает край ленты стекла до вертикального положения и при помощи подпружиненного вала 5 фиксирует профиль.



1 – прокатные валки, 2 – стекломасса, 3 – приемный лоток, 4 – охлаждающий валик, 5 – прижимной валик, 6 – устройство отгиба края ленты стекла, 7 – ролики

Коробчатое двухшовное стекло получают при помощи универсального формирующего устройства, состоящего из двух пар прокатных валков 1 и 2 и формирующего устройства 5. Полуформы прижимают и заворачивают ленту стекла на вкладыш с продольным пазом, в котором края ленты накладываются друг на друга и образуют шов. Для регулирования количества подаваемой стекломассы 3 на формирующие ролики 1 и 2 служат шибера 4.



1, 2 – прокатные валки, 3 – стекломасса, 4 – муфты, 5 – формующее устройство, 6 – ролики

2.4.4. Производство коврово-мозаичной плитки

Стекломасса со сливного бруса-фидера, где она окрашивается, поступает через приемный лоток в прокатную машину ПГ-4, состоящую из двух пар валков 14 и 15, установленных друг относительно друга под углом 50° в горизонтальной плоскости. Первая пара валков 14 выполнена с гладкой поверхностью, а вторая пара 15 содержит ножевые выступы, формирующие в ленте стекла углубления (подрезы), облегчающие отломку плиток друг от друга.

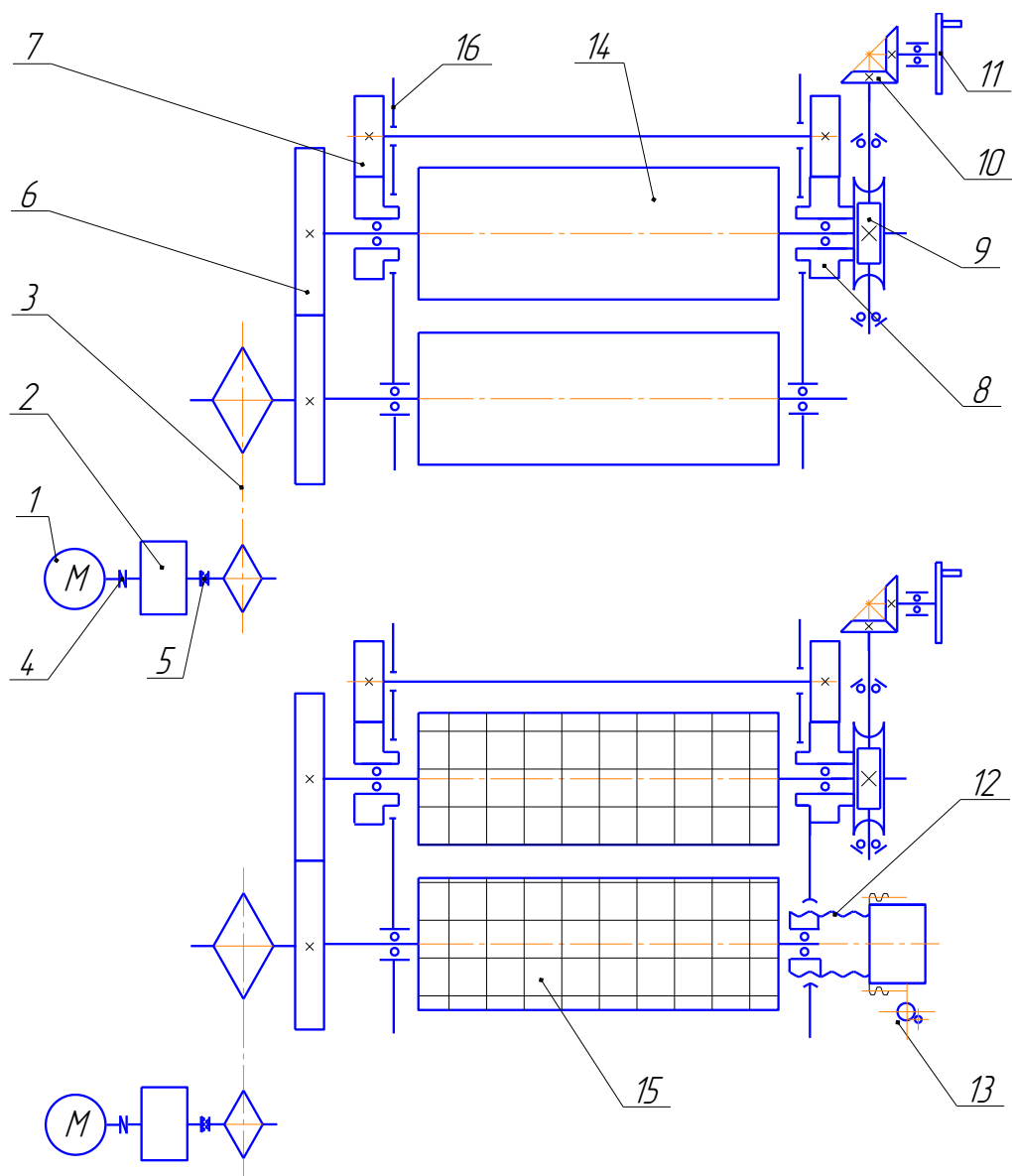
Для обеспечения натяжения ленты окружная скорость вторых валков на 10-20 % превышает скорость первых. Каждая из пар валков имеет индивидуальный привод, состоящий из электродвигателя постоянного тока 1, соединенного муфтой 4 с планетарным редуктором 2, выходной вал которого посредством кулачковой предохранительной муфты 5 соединен с цепной передачей 3.

Цепная передача 3 с помощью синхронизирующей зубчатой пары 6 приводит во вращение прокатные валки 14 и 15 установленные в боковых стойках машины 16 в специальных эксцентриковых втулках 8.

Толщина прокатываемой ленты стекла регулируется подъемом и опусканием верхних валков. Зазор между валками регулируется с помощью специальных механизмов, состоящих из червячных пар 9, приводимых вручную при помощи маховиков 11 посредством конических передач 10.

Ножевые валки 15 снабжены механизмом 12 для совмещения ножей в осевом направлении, приводимым при помощи маховика 13.

Все узлы машины смонтированы на раме с колесами, перемещаемой по рельсам при ремонтах. Валки, промежуточный и приемный столы охлаждаются водой. По высоте машина регулируется с помощью упорных винтов.



1 – электродвигатель, 2 – планетарный редуктор, 3 – цепная передача, 4 - соединительная муфта, 5 – кулачковая предохранительная муфта, 6, 7 – зубчатые передачи, 8 – эксцентриковые втулки, 9 – червячная передача, 10 – коническая передача, 11, 13 – маховики, 14, 15 – прокатные валки, 16 – стойка

Техническая характеристика машины ПГ-4

Производительность 32-64 м³/ч.

Ширина прокатываемой ленты 400 мм.

Размеры плитки 23x23x4,5-5 мм.

Диаметр валков, мм

- гладких – 251;

- ножевых – 300.

Скорость прокатки 80-160 м/ч.

Расход воды на охлаждение 0,0008 м³/с.

Мощность электродвигателей 1,8 кВт.

Размеры машины, мм
 - длина – 2165;
 - ширина – 1310;
 - высота (регулируемая) – 1670-1730.
 Масса 3050 кг.

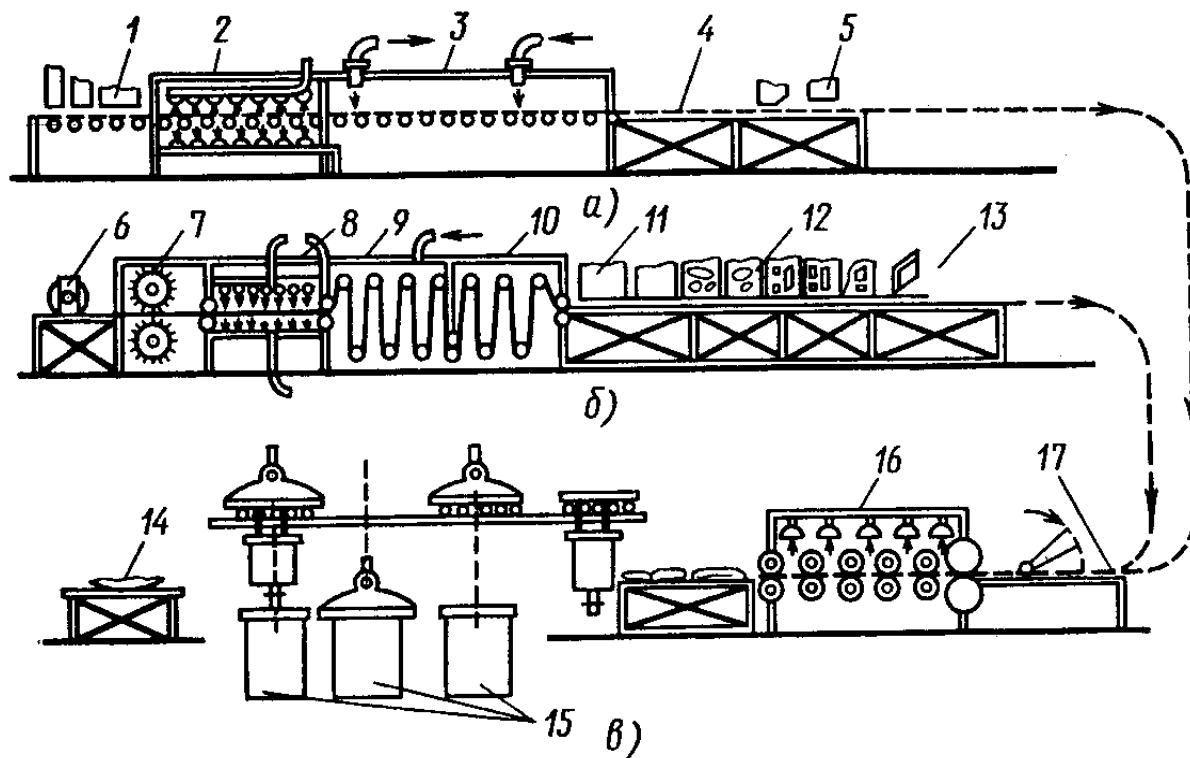
3. Производство многослойного стекла-триплекс

Триплекс – 3-хслойное стекло, состоящее из двух листов стекла и соединительной прозрачной эластичной бутафольной пленки (поливинилбутироль – отличается высокой прочностью, влагостойкостью, свето- и морозостойкостью). Относится к безопасным (защитным) стеклам, применяемым в авиационной и автомобильной промышленности, для остекления различных агрегатов и устройств, работающих под давлением и т.д.

Выпускается в виде плоского или гнутого (панарамного) стекла различной степени кривизны.

Технологический процесс производства состоит из следующих основных операций: подготовки стекла, подготовки бутафольной пленки, сборки пакетов, подпрессовки на конвейере или автоклавной обработки и отделки трехслойного стекла.

Технологическая схема производства триплекса



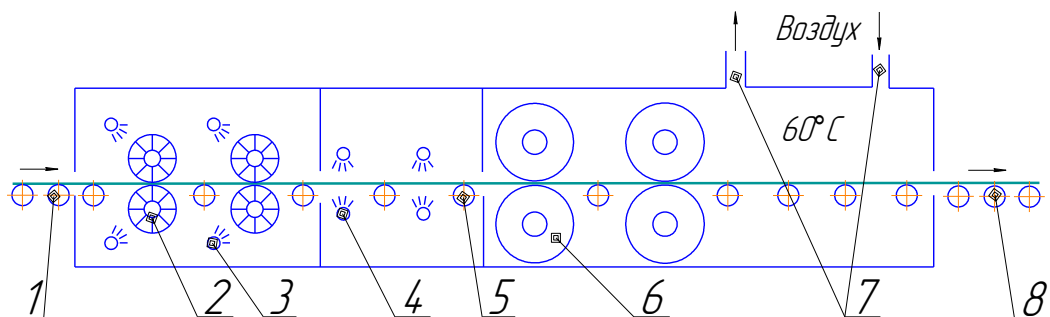
а – подготовка стекла; б – подготовка пленки; в – триплексование

1 – подача заготовки; 2 – мытье раствором; 3, 9 – сушка воздухом; 4 – резка по шаблонам; 5 – контроль качества стекла перед триплексованием; 6 – размотка рулона; 7 – очистка щетками; 8 – мытье раствором; 10 – нормали-

зация; 11 – резка на полотнища; 12 – вырезка форматов по шаблонам; 13 – контроль качества пленки; 14 – контроль качества продукции; 15 – прессование в автоклаве; 16 – прогрев и сжатие пакетов (вальцевание); 17 – складывание стекол и пленки в пакет (пакертирование)

Используется полированное с двух сторон или неполированное стекло высшего качества. Стекла вырезаются по шаблону на нужные форматы и подаются в моечно-сушильный конвейер, где вначале очищаются круглыми щетками, смоченными для обезжиривания 1%-ным раствором соды или 0,5%-ным раствором фоскана, затем промываются водой с температурой 20°C, протираются горячими валками, обернутыми чистой марлей, и сушатся теплым воздухом при 60°C.

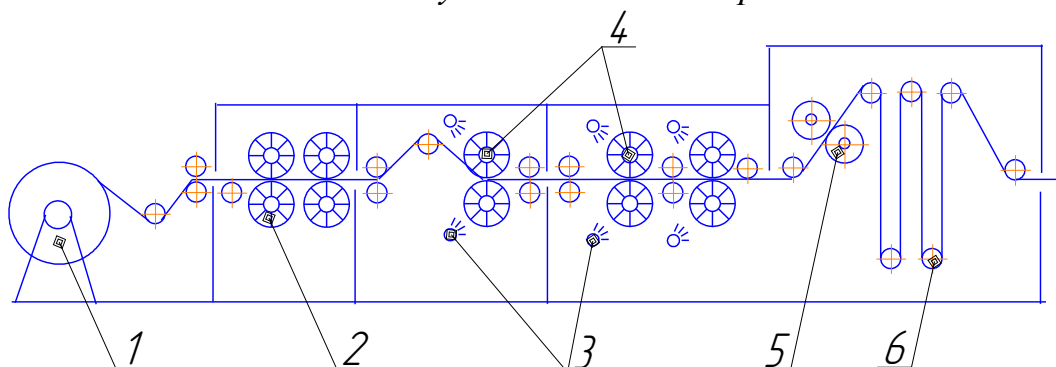
Схема моечно-сушильного конвейера стекла



1 – участок укладки стекла, 2 – щетки, 3 – подача обезжиривающего раствора, 4 – промывка водой, 5 – поддерживающие ролики, 6 – протирочные валки, 7 – воздушная сушка, 8 – участок съема стекла

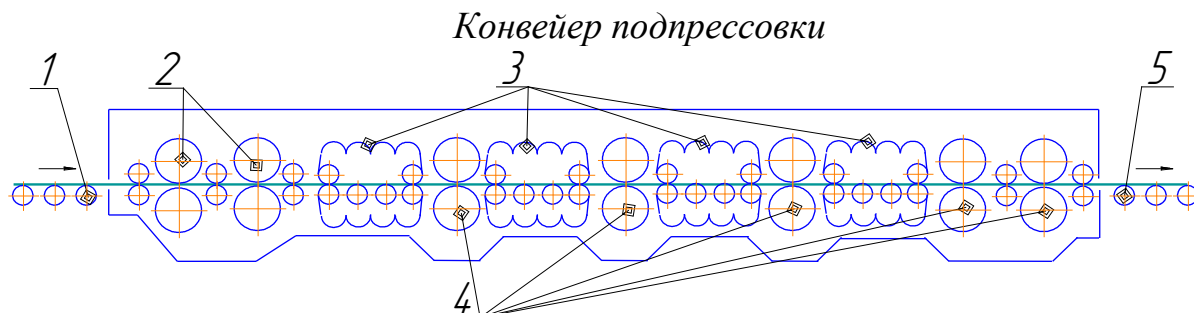
Бутафольная пленка изготавливается в виде широкой ленты толщиной 0,5 мм. Лента разматывается из рулона и проходит в моечно-сушильном конвейере ряд последовательных операций: очистку щетками, мойку водой различной температуры (от 30 до 10°C) и сушку при температуре 60°C.

Схема моечно-сушильного конвейера пленки



1 – размоточный вал, 2 – щетки сухой очистки, 3 – водяные души, 4 – моющие щеточные барабаны, 5 – барабаны с отжимными тканевыми покрытиями, 6 – валики сушильной секции

Перед окончательным прессованием собранные пакеты из двух листов стекла и пленки поступают на конвейер подпрессовки, где они проходят сначала холодные пары валцов, а затем ряд валцов с постепенно повышающейся температурой (от 60 до 100°C). Валцы, обтянутые резиной, создают давление до 0,5 МПа.

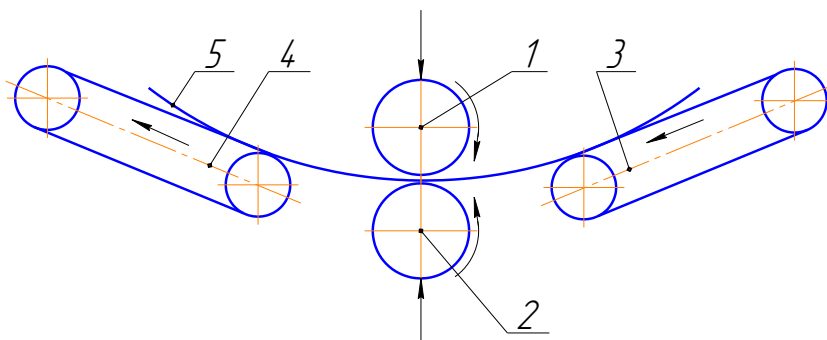


1 – участок укладки стекол, 2 – холодные пары валцов, 3 – нагревательные секции, 4 – пары горячих валцов, 5 – участок съема

Кроме подпрессовки на конвейерах также применяют вакуумирование в резиновых мешках для удаления воздуха между листами. Вакуум-насос создает в мешке разрежение 0,01-0,013 МПа.

При подпрессовке гнутого стекла пакет 5 после печи подогрева вместо вакууммирования в резиновых мешках поступает на ленту наклонного транспортера 3, которым подается в межвалковое пространство обрезиненных валиков 1 и 2 (каландров). Последние имеют индивидуальное поджимное устройство и возможность изменения положения по высоте, что обеспечивает заданную кривизну гнутого триплекса. Один из валков имеет индивидуальный привод с регулируемой скоростью прокатки. Сформованный по заданной кривизне триплекс поступает на принимающий транспортер 4, с которого он укладывается на автоклавную пирамиду.

Схема подпрессовки в каландрах



1 и 2 – обрезиненные валики (каландры); 3 и 4 – наклонные транспортеры; 5 – пакет

Иногда, после повторного подогрева, используется повторное каландрирование, что способствует более полному удалению воздуха из пакета и сокращает подпрессовку в автоклаве.

Завершающая операция склеивания триплекса – автоклавная обработка. Собранные пакеты на специальной тележке-этажерке подают в водяной или газовый автоклав. Вначале в течение 5-10 мин пакеты нагревают до 100°C без давления, чтобы размягчить пленку для лучшего склеивания. Затем прессуют в течение 50-60 мин при давлении 1,8 МПа, после чего извлекают из автоклава и охлаждают на воздухе в течение 10 мин.

В зависимости от требований к готовой продукции кромки триплекса шлифуют или полируют. При необходимости закаляют.

Известен также способ изготовления триплекса без использования клеящей поливинилбутирольной (ПВБ) пленки и операции прессования в автоклаве. В этом случае используется процесс полимиризации специальной жидкости (смолы), имеющей высокую адгезию к соприкасающимся поверхностям стекла. Инициатором полимеризации служит ионное излучение.

4. Производство закаленного стекла

Закаленным называется стекло любого хим. состава, подвергнутое закалке путем нагревания и быстрого охлаждения, в результате которой наружные слои стекла приходят в состояние сильного сжатия, а наружные – растяжения, образуя систему напряжений в стекле, обеспечивающую его высокую механическую и термическую прочность.

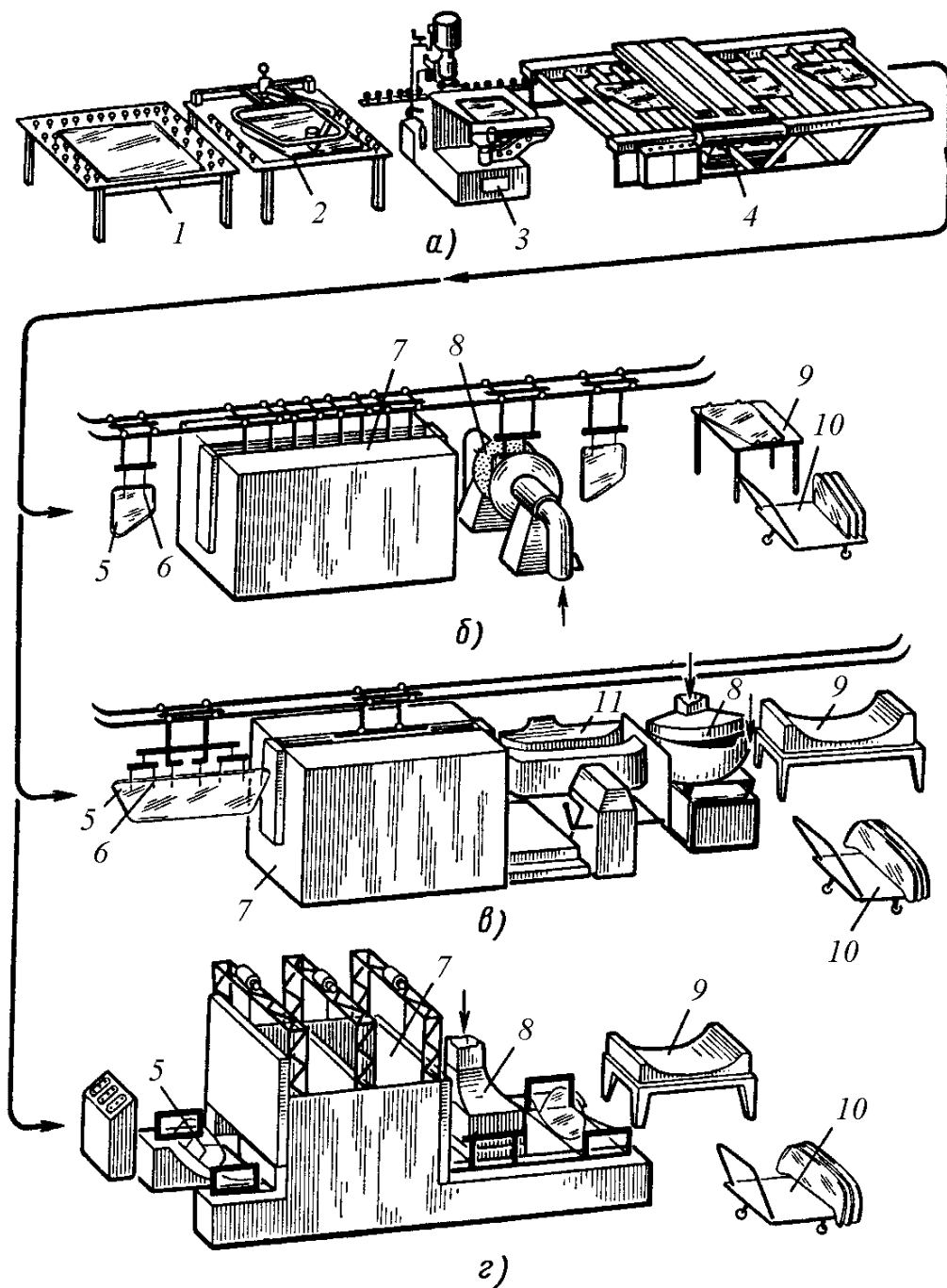
Технология получения закаленных стекол заключается в следующем. Листы разрезают на необходимые форматы с учетом удлинения (до 2 мм) при последующем нагреве перед охлаждением (закалкой). Острые кромки притупляют шлифованием и при необходимости полируют. Затем стекло направляют в моечно-сушильные машины, где оно подвергается двухсторонней мойке теплой водой (40-45°C), очистке капроновыми щетками и сушке горячим воздухом (100-120°C), после чего оно поступает на закалку.

Закалка заключается в нагреве листов в электрических печах до 620-660°C и последующем охлаждении воздухом в специальных камерах. Закаленное стекло сортируют, упаковывают и транспортируют на склад готовой продукции.

В зависимости от расположения листов стекла при нагреве различают вертикальную и горизонтальную закалку. Гнутое закаленное стекло изготавливают как естественным моллированием (под действием силы тяжести), так и искусственным – прессованием.

Вертикальная печь для плоского листового стекла представляет собой камеру, состоящую из двух половин – одна неподвижна и установлена на фундаменте, вторая – на колесах и может перемещаться на 500-550 мм при ремонтных работах. Торцевые стенки печи закрываются дверцами.

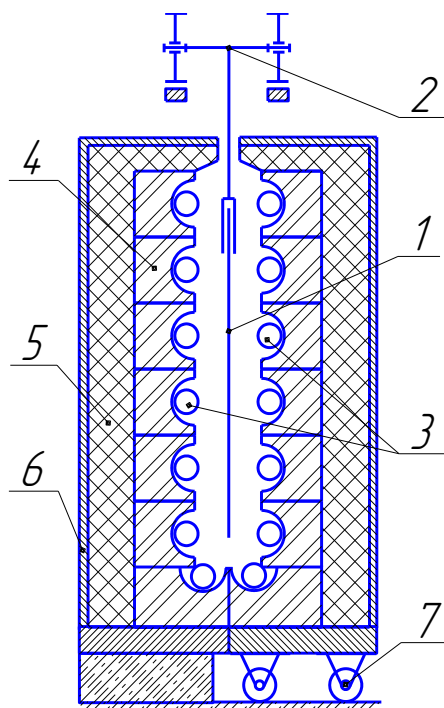
Технологическая схема заделки



а – линия производства заготовок стекла; б – закалка плоских стекол; в – закалка гнутых стекол методом вертикального прессования

Внутренняя часть печи выложена огнеупорными шамотными плитами. Обогрев осуществляется при помощи спиралей сопротивления 3, установленных в боковых фасонных элементах 4. Пространство между шамотными плитами 4 и наружным металлическим кожухом 6 заполнено изоляцией 5.

Вертикальная печь для закалки плоского стекла

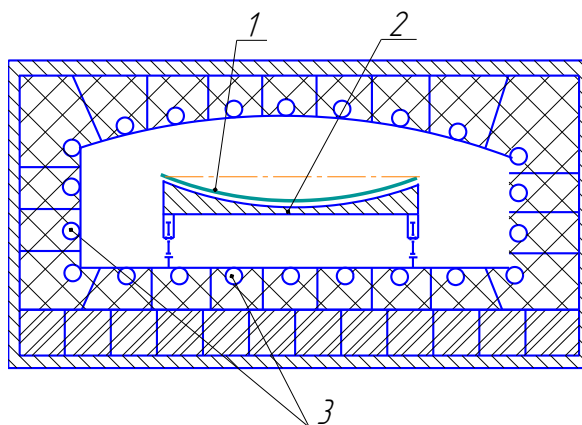


1 – лист стекла, 2 – монорельсовая тележка с захватом, 3 – нагревательные спирали, 4 – фасонные шамотные элементы, 5 – изоляция, 6 – кожух, 7 – колеса подвижной половины печи

Стекло 1 транспортируется тележкой 2 по монорельсу, расположенному над печью. Лист удерживается при помощи захватов, установленных на тележке 2.

Температурный перепад в различных местах печи не должен превышать 10°C. Этого добиваются постепенным увеличением на 10-13 % мощности спирали в нижней части печи и увеличением плотности витков спирали по длине от центра к дверцам.

Горизонтальная электропечь для моллирования стекла используется в производстве панорамных закаленных стекол.

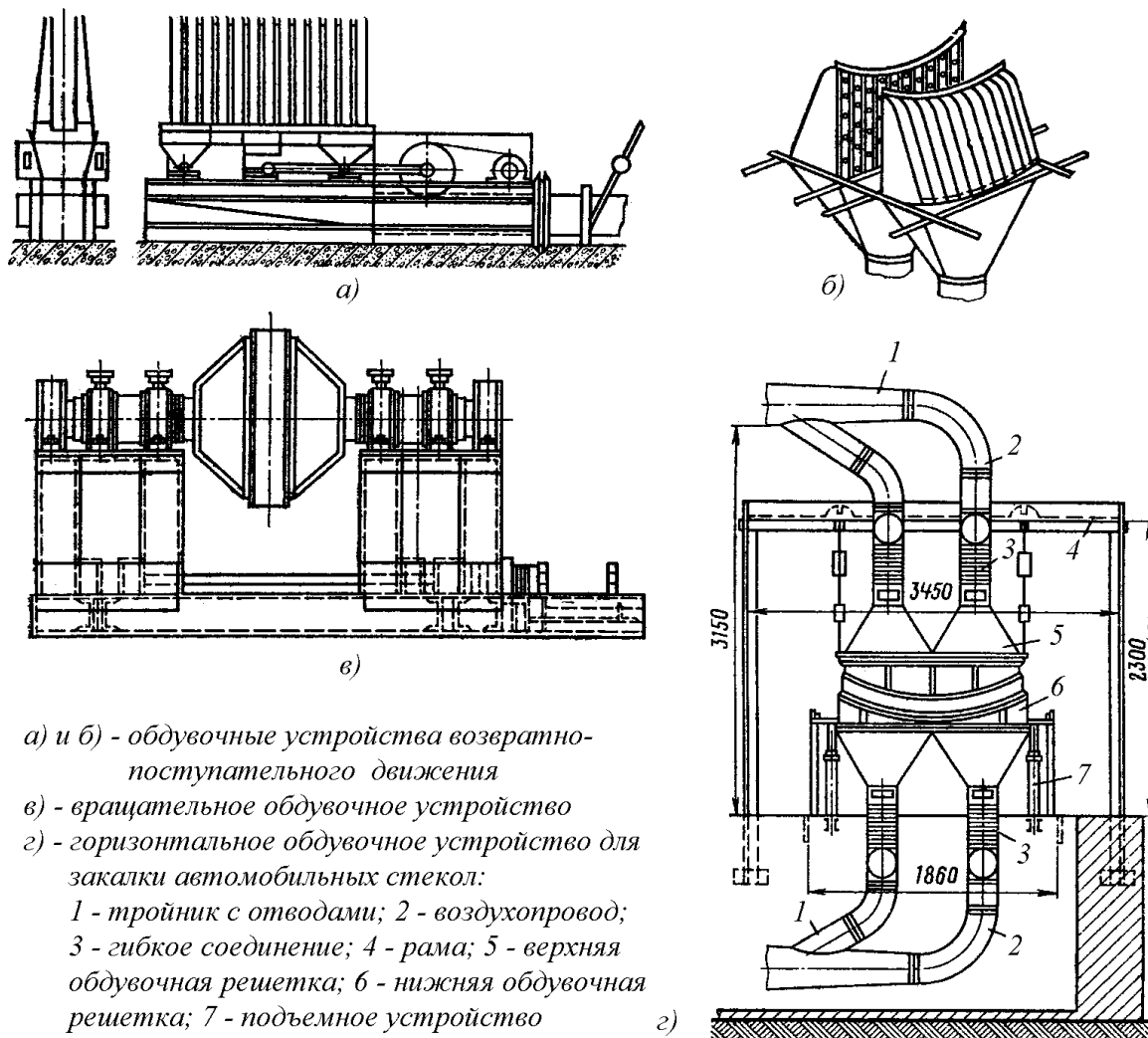


1 – стекло, 2 – тележка со штыревой рамой, 3 – нагревательные спирали

Вырезанное по шаблону стекло укладывают на предварительно нагретую трубчатую штыревую рамку, лежащую на подвижной тележке 2. Конфигурация рамки соответствует профилю будущего гнутого стекла. После принятия листом стекла 1 под действием теплоты требуемой формы, тележка плавно выводится из печи и поступает в обдувочную камеру, где происходит закалка стекла.

Охлаждающим реагентом обдувочной камеры служит атмосферный, воздух подаваемый через обдувочные решетки под давлением 7-10 кПа. Интенсификация охлаждения достигается возвратно-поступательным или вращательным движением обдувочных решеток от специальных приводов, имеющих возможность регулировать скорость и амплитуду этих движений. Далее стекло остывает в пирамидах.

Обдувочные устройства



а) и б) - обдувочные устройства возвратно-поступательного движения

в) - вращательное обдувочное устройство

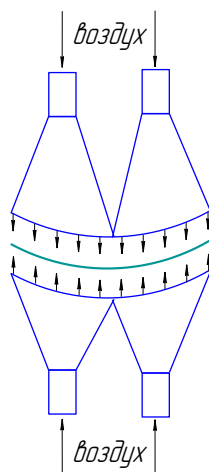
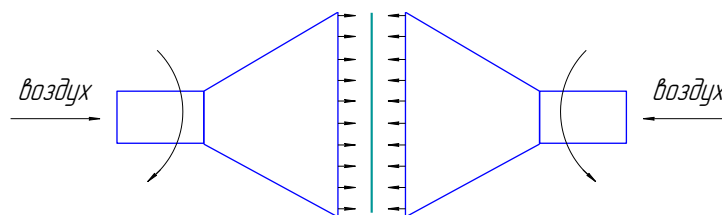
г) - горизонтальное обдувочное устройство для закалки автомобильных стекол:

1 - тройник с отводами; 2 - воздухопровод;
3 - гибкое соединение; 4 - рама; 5 - верхняя обдувочная решетка; 6 - нижняя обдувочная решетка; 7 - подъемное устройство

а), б), в) – вертикальные; г) – горизонтальные

Различные конструкции обдувочных решеток

плоских стекол



автомобильных стекол

5. Оборудование для производства стеклянных труб и штабиков

5.1. Машины вертикального вытягивания

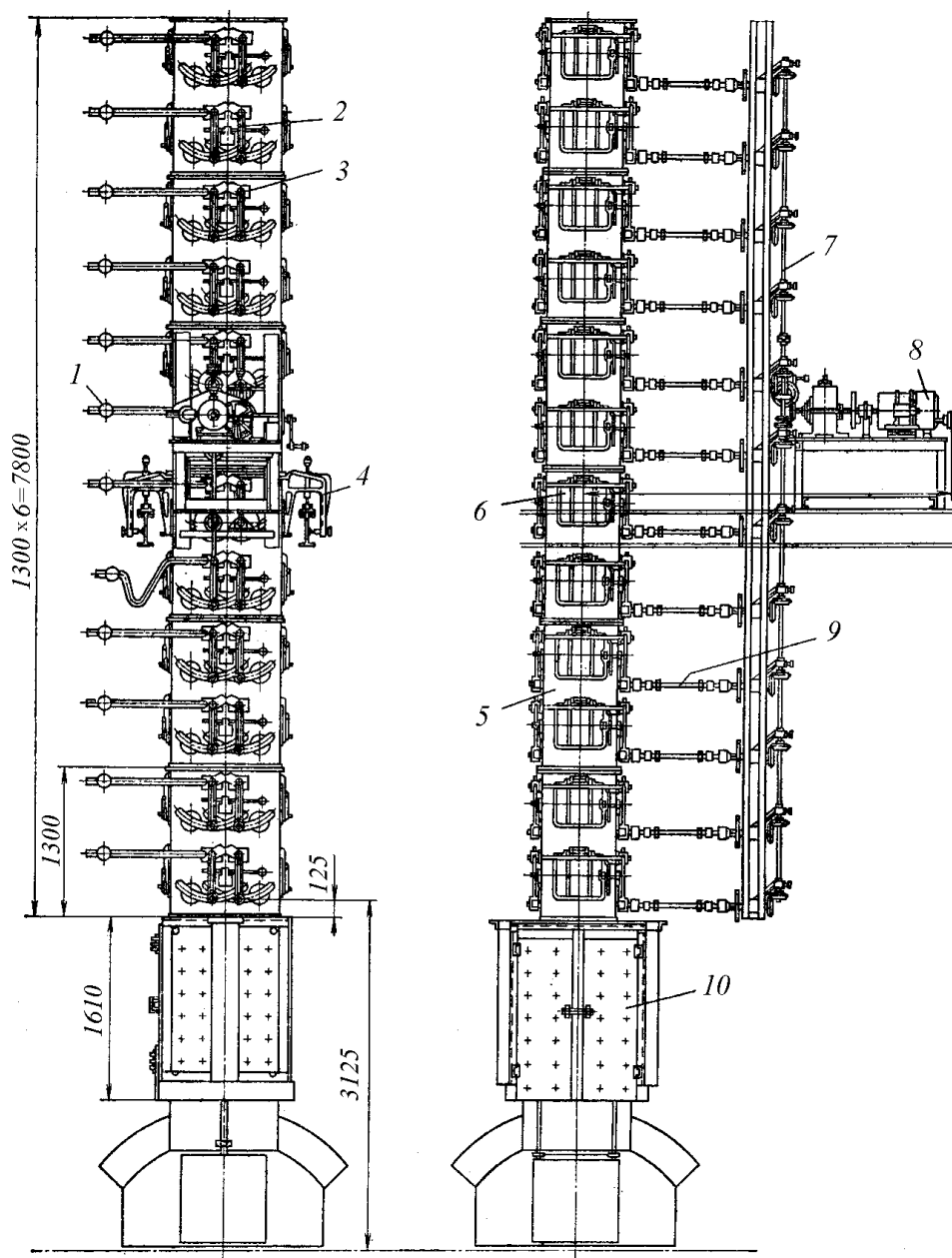
Машина представляет собой шахту 5, состоящую из шести отдельных секций, связанных болтами. Три нижние секции, работающие в зоне повышенных температур, изолированы изнутри асбестовым листом. Остальные изоляции не имеют. Регулирование температурного режима и удаление стеклобоя производится при помощи отверстий с подвесными дверками 6 на боковых стенках. По высоте шахты расположено двенадцать пар асбестовых валиков, которые вращаются от электродвигателя постоянного тока 8 мощностью 1,5 кВт через вертикальный вал 7 и карданные валики 9.

Асбестовые валики представляют собой стальные оси, на которые напрессованы асбестовые кольца. Поверхность валиков имеет форму вогнутой сферы для лучшего охватывания вытягиваемой трубы. Подшипники валиков закреплены на двуплечных рычагах 2, связанных зубчатыми секторами 3, для возможности отклонения валиков от оси трубы, к которой они прижимаются грузами 1.

В процессе формования труба подвергается двухстороннему охлаждению: снаружи кольцевым водяным холодильником, изнутри – воздухом, подаваемым через мундштук. На выходе из шахты трубу разрезают на куски и подвергают отжигу.

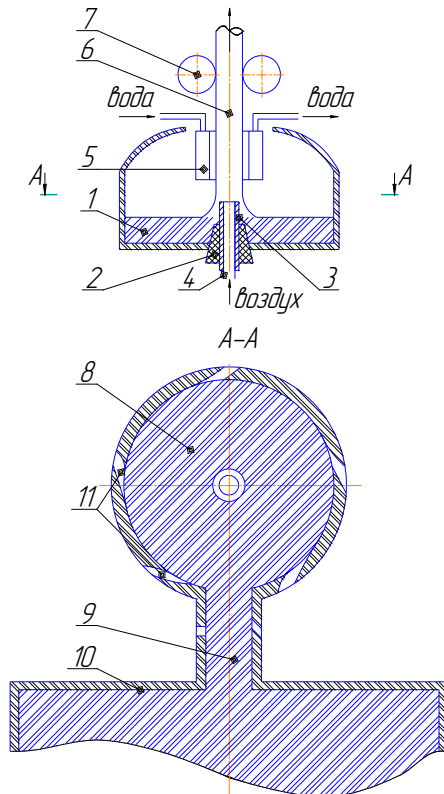
Диаметр и толщина стенки вытягиваемой трубы зависят от диаметра мундштука, размеров его верхней части и расположения относительно зеркала стекломассы; температуры стекломассы в рабочей камере и луковиче, высоты расположения холодильника над стекломассой, количества воздуха, подаваемого внутрь трубы; скорости вытягивания и ряда других факторов.

При изготовлении труб лодочным способом в стекломассу погружают шамотную лодочку, имеющую для формования трубы кольцевую щель.



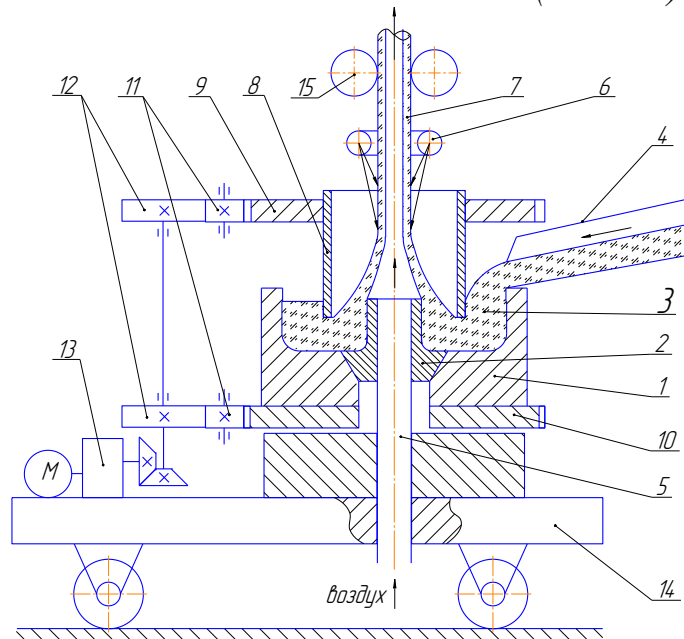
1 – грузы; 2 – рычаги; 3 – зубчатые секторы; 4 – кронштейны; 5 – шахта; 6 – дверцы; 7 – вертикальный вал; 8 – электродвигатель; 9 – карданные валки; 10 – теплоизолированная камера

Машина ВВТ \varnothing более 50 мм



1 – стекломасса; 2 – графитовая втулка; 3 – мун-дштук; 4 – труба подачи воздуха; 5 – кольцевой холодильник; 6 – стеклянная труба; 7 – асбестовые валики; 8 – рабочая камера; 9 – перешеек; 10 – ванна печь; 11 – тангенциальные горелки

Установка ВВТ \varnothing менее 50 мм (до 3 мм)



1 – ванночка; 2 – мундштук; 3 – стекломасса; 4 – лоток; 5 – система подачи воздуха; 6 – холодильник; 7 – вырабатываемая трубка стекла; 8 – шамотный цилиндр; 9, 10 – венцовые шестерни; 11 – сателлиты; 12 – шестерни; 13 – привод; 14 – тележка; 15 – асбестовые ролики

В стекломассу 3, находящуюся в шамотной ванночке 1, опускается шамотный цилиндр 8, вращающийся синхронно с ванночкой с частотой 0,5-0,8 об/мин. Стекломасса ванночке нагревается до $t = 820 \pm 20^\circ\text{C}$ тангенциально установленными над ней горелками. Вытягиваемая вверх стекломасса вначале имеет форму луковицы, центральное отверстие в которой сохраняется благодаря воздуху, подаваемому в мундштук 2. Формуемая трубка охлаждается воздухом, подаваемым в кольцевые холодильники 6, имеющие наклонные отверстия, и вытягивается асбестированными роликами 15.

Цилиндр и ванночка приводятся во вращение от одного электропривода 13 через систему шестерен 12, сателлитов 11 и венцовых шестерен 9 и 10.

В зависимости от конфигурации верхней части мундштука, расположения его отверстий, через которые подается воздух и его количества можно изменять толщину стенок вырабатываемых трубок.

Техническая характеристика установки:

Диаметр вытягиваемых трубок и штапиков – 3-50 мм.

Скорость вытягивания – 3-25 м/мин.

Диаметр цилиндра я 300 мм.

Давление воздуха, подаваемого внутрь трубки – 0,6-1 кПа.

Давление воздуха на охлаждение наружной поверхности трубки – 4-30 кПа.

Расход воздуха – 2-3,5 м³/ч.

Мощность электродвигателя

- вращения цилиндра и ванночки – 1,2 кВт;

- тянущего устройства – 1,2 кВт.

Габаритные размеры, мм:

- длина – 1000;

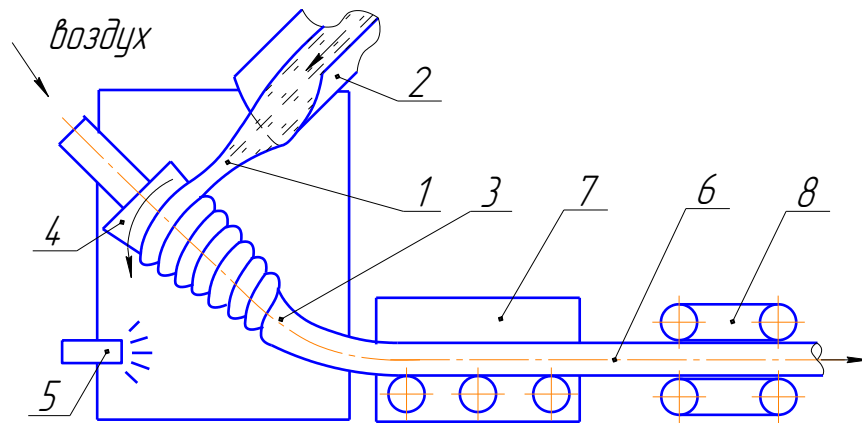
- ширина – 1000;

- высота – 1460.

5.2. Автоматические линии для горизонтального и вертикально-горизонтального вытягивания труб и штапиков

Распространены линии горизонтального вытягивания АТГ-2-8 и АТГ-8-50.

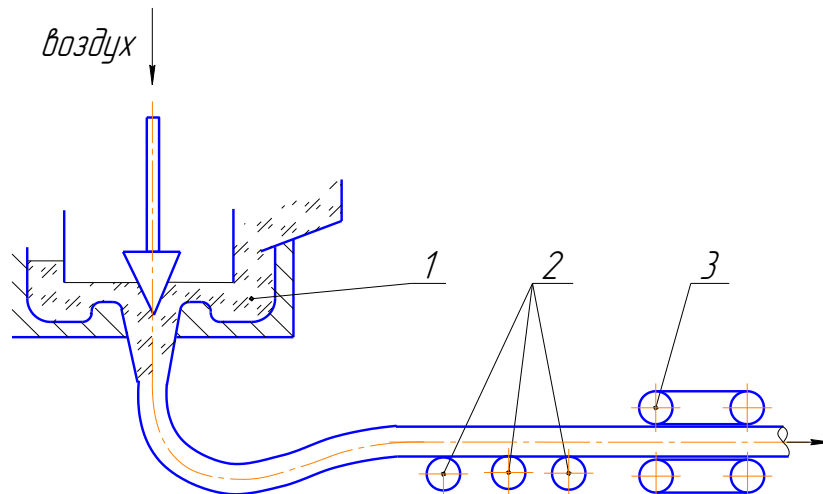
Схема линии АТГ-8-50



1 – струя стекломассы; 2 – лоток; 3 – луковица; 4 – вращающийся мундштук; 5 – система обогрева; 6 – стеклянная труба; 7 – закрытый рольганг; 8 – тянущая машина

Из студочной части стекловаренной печи стекломасса непрерывной струей 1 стекает по шамотному лотку 2 на вращающийся шамотный или металлический мундштук 4, который расположен в отапливаемой рабочей камере под углом к горизонту для непрерывного стекания с него стекломассы. Образующаяся на конце мундштука луковица 3 переходит в бесконечную трубу 6, которая оттягивается машиной 8 на нарезку, отломку и сортировку. Между рабочей камерой и тянущей машиной расположен закрытый рольганг 7 в котором трубку охлаждают вентиляторным воздухом.

Схема вертикально-горизонтальной тянущей установки



1 – устройство формирования трубки; 2 – рольганг; 3 – тянущая машина

Технические характеристики автоматических линий

Характеристика	АТГ-2-8	АТГ-8-50
Диаметр вытягиваемых труб, мм	2-8	8-50
Скорость вытягивания, м/мин	40-110	4-80
Производительность, кг/сут	до 4000	до 4500
Длина трубок, м	0,85-1,2	1,2
Частота вращения мундштука, об/мин	2-12	2-10
Мощность электродвигателя:		
- тянущей машины	1,0	1,7
- машины вращения мундштука	1,0	1,0

Литература

1. Солинов Ф.Г. Производство листового стекла. – М.: Стройиздат, 1976. – 288 с.
2. Аппен А.А., Асланцова М.С., Амосов Н.М. и др. Стекло. Справочник. Под ред. Н.М. Павлушкина. М.: Стройиздат, 1973. – 487 с.
3. Гуляян Ю.А., Голозубов О.А. Справочник молодого рабочего по производству и обработке стекла и стеклоизделий. – М.: Высшая школа, 1989. – 224 с.
4. Зубанов В.А., Чугунов Е.А., Юдин Н.А. Механическое оборудование стекловых и ситалловых заводов. – М.: Машиностроение, 1984. – 368 с.
5. Казеннова Е.П. Общая технология стекла и стеклянных изделий. – М.: Стройиздат, 1983. – 112 с.