

# Способы обработки органического стекла

## 1. Обработка резанием

Для обработки органического стекла (полиметилметакрилат, ПММА) применяются станки, обычно используемые при обработке древесины и металла. Тем не менее, нужно учесть то, что они должны работать на высокой скорости и без вибрации для достижения чистых срезов. Насколько это возможно, все станки, прежде всего шлифовальные и фрезерно-отрезные, должны быть оснащены аспирационными приспособлениями для немедленного отсасывания как образующихся стружек, так и газов.

Для обработки органического стекла особенно пригодны инструменты из высокопрочной стали для скоростного срезания, из твёрдого металла или в особых случаях с алмазным покрытием. Режущие кромки инструмента всегда должны быть остро заточены. Даже незначительно изношенные инструменты приводят к нечистой обработке срезов и вследствие обусловленного трением перегрева могут даже вызывать повреждения обрабатываемой детали или инструмента. Инструменты, которые уже применяли для обработки металлов или древесины, следует применять только после специальной заточки.

Синтетические материалы имеют существенно меньшую, чем металлы, теплопроводность и способность сохранять форму. Кроме того, из-за отсутствия теплоотвода в краевых зонах создаются напряжения, которые в неблагоприятных случаях приводят к повреждению обрабатываемых деталей. В качестве охлаждающих средств применяются вода, растворимые масла, парафин или струя воздуха. Традиционные смазочно-охлаждающие жидкости для металлов не должны применяться, так как они могут содержать растворители, которые воздействуют на ПММА.

Поверхность органического стекла покрывается защитной плёнкой, которую оставляют на обрабатываемой детали во время любой её обработки и использования. Пленку снимают только после произведённого монтажа. Если в каком-либо конкретном случае это невозможно, то с целью предотвращения непреднамеренного нанесения царапин применяют такие соответствующие вспомогательные средства, как тканевые или войлочные подложки.

Разметку или маркировку, например, отверстий для просверливания, отрезных кромок или контуров по возможности необходимо производить на защитном слое. В том случае, если его уже пришлось удалить, маркировки с помощью специальных маркеров наносятся непосредственно на поверхности пластины. Чертилку или кернер следует применять только в том случае, если есть уверенность, что надрезы, произведённые этими инструментами, снова удаляются в процессе последующей обработки. В противном случае, при воздействии нагрузки пластины могут разламываться из-за концентрации напряжений в месте надреза.

### 1.1 Виды пил

В большинстве случаев для резания орг стекла используются дисковые пилы для прямых разрезов и ленточная пила или фреза для других разрезов. Ручная пила для резки экструзионного органического стекла (ЭОС) не рекомендуется. Для этих же целей может использоваться лазер.

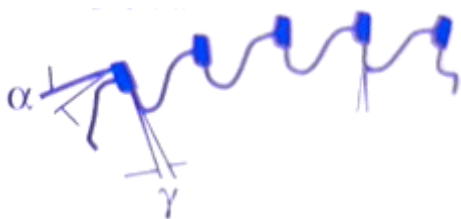
#### 1.1.1 Дисковые пилы

Позволяют производить прямые точные разрезы. Срез распиливаемого стекла получается четким. В большинстве случаев используются два вида лезвий :

- Лезвие с наконечником (нависающими зубьями из твердого материала (карбида). Прямая или трапецевидная форма с чередующимися зубьями (шаг зубьев - 1 см) рекомендуется для промышленного использования и для резки стекла на отдельные части.
- Лезвие из быстрорежущей стали обычно используются для резки цельных листов. Зубья являются радиальными (ребро врезания проходит через центр) и затылованы под углом  $45^\circ$  в верхней точке зуба. Зубья не разведены, но пила обладает затылованной поверхностью в  $0,2\%$  с каждой стороны. Шаг зубьев 2-5 зуб/см. в зависимости от типа материала.

Для пильных полотен из твердого металла действуют следующие рекомендации :

	Блочный ПММА	Экструзионный ПММА
Передний угол $\alpha$	10-15°	15-20°
Задний угол $\gamma$	0-5°	0-5°
Скорость срезания	3000 м/мин	3000 м/мин
Шаг зубьев	5-8 мм	10 -20 мм



Наилучшие результаты достигаются применением машины с фрезами небольшого диаметра (например, цилиндрическая фреза с вырезающим углом  $\gamma = 5^\circ$  и вспомогательным углом  $\alpha = 10^\circ$ ) и высокой скоростью вращения фрезы (до 1000 об/мин).

Рекомендуемое число оборотов в зависимости от диаметра лезвия:

Диаметр лезвия(мм)	150	200	250	300	350	400
Скорость(об /мин)	6 400	4 800	3 800	3 200	2 800	2 400

### 1.1.2 Ленточные пилы

Данный тип пилы позволяет производить резку по кривой линии. Однако при этом не удастся получить геометрически ровный срез и необходимо произвести значительную доработку для получения абсолютно геометрически ровной поверхности. Метод наиболее подходит для резки заготовок перед формовкой, а также для обработки штампованных деталей по заданному профилю перед доработкой. Ширина ленточного полотна может быть от 3 до 13 мм. Число зубьев должно составлять 3-8 шт/см длины полотна. Скорость срезания может варьироваться между 1000 и 3000 м/мин.

Для обработки пластин из органического стекла рекомендуются следующие ориентировочные параметры по ленточным пилам:

Передний угол $\alpha$	30 – 40°
Задний угол $\gamma$	0-8°
Скорость срезания	1000 – 3000 м/мин

Шаг зубьев 3-8 мм

Данный метод также может быть использован для резки толстых заготовок. Для этого могут использоваться любые столярные станки при условии, что их линейная скорость составляет от 4 до 6 м/мин.

### 1.1.3 Лобзиковые пилы

При осуществлении последующей обработки, пригонки или вырезания выемок в случае с синтетическими материалами оправдали себя соответствующие лобзиковые пилы. Но при этом кромки среза получаются сравнительно грубыми и требуют последующей обработки. Место распиловки должно надрезаться только при работающем станке. Предпочтительны высокая скорость срезания и средняя скорость подачи режущего инструмента.

### 1.1.4 Резка при помощи лазерного луча

Данный процесс представляет ряд преимуществ:

- Позволяет воспроизвести большинство форм с исключительной точностью
- В результате применения данного способа образуется мало отходов обработки
- Благодаря данному способу получаются разрезы высокого качества, требующие незначительной шлифовки при доработке или совсем не требующие последнего

Однако, данная технология способствует появлению внутренних напряжений, в результате которых возникает чувствительность к растворителям у края разреза.

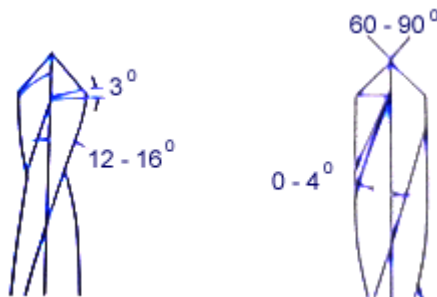
Таким образом, не рекомендуется производить склеивание поверхностей, разрезанных при помощи лазера.

## 1.2.Сверление

Производится при помощи стационарного или мобильного сверлильного станка с использованием специальных сверл для легких металлов и быстрорежущей стали, закаленной стали или карбида повышенной производительности. Допустимо и использовать как канонические, так и сверла стандартной формы с углом заточки 60-90 °

Задний угол ? должен быть сошлифован до значения между 0° и 4°. Только в этом случае сверло сможет работать должным образом: оно скоблит вместо того, чтобы срезать, и таким образом предотвращает появление сколов в высверленном отверстии при выходе из пластины. Передний угол должен составлять, по меньшей мере 3°. Эти параметры приведены в таблице.

Параметры для заточки и обработки	Органическое стекло
Передний угол $\alpha$	3-8°
Задний угол $\gamma$	0-4°
Угол подъема винтовой линии $\beta$	12-16°
Скорость обработки срезанием	10 - 60 м/мин
Скорость подвода инструмента	0,1-0,5 мм/об.

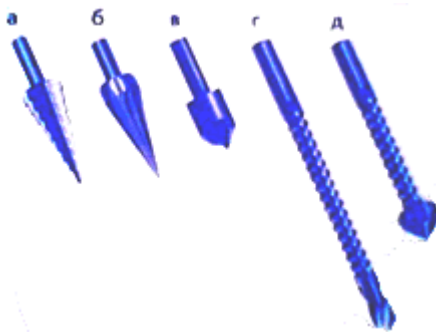


Для получения гладкой поверхности просверленного отверстия необходимо оптимальное сочетание скорости срезания и скорости подачи инструмента. В этом случае образуется равномерная непрерывная сливная стружка. Например, при слишком высокой скорости вращения и/или слишком большой скорости подачи режущего инструмента образуется неравномерная стружка, а отверстие просверливается не чисто. При слишком низкой скорости вращения и/или излишне малой скорости подачи имеют место перегревание и явления расслоения в просверленном отверстии, а стружка расплавляется.

Особую важность при сверлении представляет охлаждение. При обработке материала толщиной более 5 мм следует производить охлаждение и смазывание эмульсией для сверления или маслом для сверления, совместимым с органическим стеклом.

В случае с толстостенным материалом, при глубоких и глухих отверстиях необходимо во избежание перегрева выводить свёрла из просверленного отверстия несколько раз, поскольку подвод режущего инструмента производится вручную.

При просверливании тонких пластин их следует зажимать вместе с твёрдыми плоскими подложками для того, чтобы исключить раскалывание нижней кромки отверстия. Свёрла следует подводить не спеша, с большой осторожностью. После того, как режущие кромки полностью войдут в материал, можно начать медленно увеличивать скорость подачи режущего инструмента, а незадолго до того, как будет пробит нижний край, - снова понизить. При обработке формованной или встроеной детали с помощью ручной дрели можно вставлять специальные свёрла. Наиболее распространённые специальные свёрла и зенкеры :



#### а) ступенчатое сверло

Это сверло с одной режущей кромкой обеспечивает получение чистых цилиндрических просверленных отверстий без наличия следов обработки. Каждой следующей ступенью сверла в отверстии снимается фаска.

#### б) коническое сверло

Им просверливаются отверстия, имеющие слегка коническую форму, однако растрескивание на

выходной стороне исключается.

*в) специальный зенкер*

Особенно пригоден для удаления грата уже имеющихся отверстий, хорошего снятия стружки через наклонные отверстия.

**г) фрезерное сверло**

С его помощью могут быть хорошо выполнены удлиненные отверстия.

**д) комбинированное сверло-зенковка**

Этот многогранный зенкер рекомендуется применять при снятии грата, фасок и зенкерования.

В случае с любыми специальными свёрлами необходимо следить за безупречным состоянием острия сверла.

За исключением фрезерного сверла при всех других инструментах применяют существенно более медленные скорости вращения, чем при пользовании спиральными свёрлами. А в случае с фрезерным сверлом, наоборот, скорости вращения зачастую превышают 1000 об/мин.

**Чашечные пилы и кольцевая головка**

Для сверления отверстий большого диаметра рекомендуется применять чашечные пилы, чашечные фрезы типа Милфорд или кольцевые фрезы.



Отверстия очень большого диаметра могут просверлиться при помощи регулируемой кольцевой головки резцедержателя. При сверлении материала большой толщины сверление производится в два этапа с переворачиванием листа на другую сторону.

**1.3 Нарезание резьбы**

У всех полимерных материалов при нарезании резьбы обычно возникает опасность разлома вследствие концентрации напряжений в месте надреза. А поэтому данный способ крепления следовало бы избирать только в том случае, если другая альтернатива не представляется возможной.

При нарезании внутренней и внешней резьбы для всех материалов применяются обычно имеющиеся в продаже метчики и плашки. Вследствие снижения прочности материалов при надрезе резьба не должна иметь острых кромок. Позже при ввинчивании следует не забывать о том, что на соединительных винтах не должно быть масляной плёнки. Отверстия для кернов нужно выполнять с чуть большими размерами, чем в случае со сталью. Во многих случаях может оказаться выгодным усиление внутренней резьбы резьбовой вставкой из металла.

**1.4 Резьбовое соединение**

В настоящее время резьбовое соединение приобретает разностороннее применение в области переработки полимерных в качестве способа разъёмного соединения. Для этой цели применяются винты, как из полимерных материалов, так и из металлов. Выбор материала для винтов зависит от

возникающих механических, тепловых и химических нагрузок. Тогда как пластмассовые винты среди всего прочего легки и бесшумны и в большинстве случаев в меньшей степени подвержены коррозии, то при применении металлических винтов могут выдерживаться большие нагрузки. Кроме того, нет необходимости учитывать внутренние напряжения, материал может перенести продолжительное воздействие температур. При применении металлических винтов решающим представляется тепловое расширение или сжатие. Особенно важным при резьбовом соединении считается то, что оно должно обеспечивать герметичность в течение длительного времени. В противоположность этому различие коэффициентов линейного термического расширения органического стекла и металла при падении температур уменьшает фиксирующее усилие и соответственно увеличивает при повышении температур. В этом отношении выравнивания можно достичь при применении подложек из таких совместимых материалов, как СКЭПТ, ПЭ, ПТФЭ и т.д.

Тип винта также полностью зависит от соответствующего случая применения. Кроме традиционных шестигранных винтов с гайкой применяются также установочные штифты, резьбовые заглушки, винты с шлицевой головкой и т.д. Напротив, непригодными представляются самонарезающие винты, поскольку они должны "врезаться" в органическое стекло. И все же их можно применять в том случае, если в лежащей внизу конструкции, например, из металла, нарезается резьба, а в пластине из синтетического материала имеются сквозные отверстия достаточно большого размера.

В случае транзитных резьбовых соединений в полимерном материале ещё в большей степени, чем при их использовании в металлах, следует помнить о возможности возникновения внутренних напряжений во избежание продольных и поперечных изгибающих моментов. По этой причине не следовало бы сильно затягивать винты, а соответствующие воздействия направлять на изделие из синтетического материала на большой площади. Кроме того, должен учитываться относительно высокий тепловой коэффициент органического стекла и возможное изменение размеров от воздействия влаги. При соотнесении на монтажную температуру, равную, например, 10 ° С, при более низких температурах пластины сжимаются до 2,5 мм на метр. Для растяжения под действием тепла и влаги должен быть предусмотрен паушальный зазор на расширение, т.е. расстояние между пластинами "для монтажного просвета", равное 5 мм/м.

Нежелательные внутренние напряжения материала можно устранить с помощью просверливания больших отверстий, возможного растяжения по краям и сборки в системе с наличием фиксирующих скользящих элементов.

### 1.5 Фрезерование

Данный способ позволяет получить сложные формы, сохранив при этом четкую, гладкую поверхность при обработке. Для данной обработки рекомендуются цилиндрические фрезы с двумя или несколькими канавками из быстрорежущей стали повышенной производительности или карбида. Наилучшие результаты достигаются применением фрез небольшого диаметра (например, цилиндрическая фреза с вырезающим углом  $\alpha = 5^\circ$  и вспомогательным углом  $\beta = 10^\circ$  С) и с высокой скоростью вращения (до 1000 об/мин). Скорость вращения зависит от диаметра и количества канавок, при этом целесообразно применять охлаждение струей воздуха. Необходимо предусмотреть удаление стружки. Фрезерование позволяет произвести следующие операции:

- Разрез
- Фрезерование выемок
- Гравировка

Что касается гравировки, то она в большинстве случаев производится при помощи рыхлителей,

устанавливаемых на пантографы и оснащенных фрезами малого диаметра (2- 6 мм) различного профиля.

Также могут использоваться **лазерные режущие станки**, которые позволяют производить гравировку путем ограничения глубокого действия лазерного пучка.

## 1.6 Обработка на токарном станке

Органическое стекло может обрабатываться на токарном станке таким же образом, что и твёрдая древесина. Применяются и токарные станки, обычно используемые в металлообработке. В этом случае также очень высоки скорости обработки. В качестве ориентировочного параметра действует следующее:

Скорость срезания в 10 раз выше, чем для стали, для достижения безупречного результата решающее значение имеет заточка токарного резца. Особое внимание следует уделять заднему углу. Так же, как при сверлении, соответствующие условия обработки имеют место в том случае, если образуется непрерывная стружка. Такую стружку получают при приведении в соответствие трёх наиболее важных факторов: скорость подвода инструмента, скорость срезания и заточка инструмента.

### Параметры заточки и обработки

### Органическое стекло

Задний угол $\gamma$	2- 10°
Передний угол $\alpha$	0- 4°
Угол в плане главной режущей кромки	Приблизительно 5°
Скорость срезания	200 - 300 м/мин
Скорость подачи инструмента	0,1 - 0, 5 мм/об
Глубина срезания	до 6 мм

Токарные резцы с накладкой из твёрдого металла применяются для грубой обдирочной обработки, однако глубина срезания не должна превышать 6 мм. Для последующей чистовой обработки обычно применяют инструменты из высокопрочной стали для скоростной обработки срезанием.

Токарные резцы должны иметь радиус вершины режущей кромки, равный по меньшей мере 0,5 мм. При больших значениях радиуса вершины режущей кромки, в случае с круглозаточенными токарными резцами, сочетая одновременно высокую скорость обработки и малую скорость подачи инструмента, а также минимальную глубину срезания, можно достичь точной чистовой обработки поверхностей, которые затем можно сразу же полировать, не прибегая к процессу шлифования между двумя этими операциями.

Для охлаждения опять же можно применять совместимые с акриловым стеклом эмульсии и сжатый воздух.

## 1.7 Пемзование

Пемзование необходимо для шлифовки грубых поверхностей среза или устранения мелких поверхностных дефектов, таких как царапины. Данный метод требует применения мокрой наждачной бумаги из корунда и производится либо вручную, либо при помощи дисковой полировочной машины или ленточного шлифованного станка. В последнем случае рекомендуемая

скорость ленты составляет 10м/сек. Во избежание перегрева материала рекомендуется поливание водой.

### 1.8 Шлифование

С помощью шлифования и последующего полирования шероховатым и матовым поверхностям кромок среза можно придать зеркальный блеск и прозрачность.

Шлифование можно осуществлять как вручную с помощью обычно имеющейся в продаже шлифовальной бумаги или шлифовального блока с нанесённым на него шлифующим слоем, так и механическим способом на станке. Для шлифования на станке применяются вращающиеся тарельчатые шлифовальные круги, суперфинишные устройства и ленто-шлифовальные станки. При шлифовании следует избегать сильного и длительного нажима, так как в результате могут возникать образующиеся при этом теплота трения, напряжения и повреждения поверхности. Поэтому всегда следует шлифовать с охлаждающей жидкостью.

Размер частиц шлифующего средства следует избирать в соответствии с глубиной следов обработки или следов от скребков на поверхности обрабатываемой детали: чем глубже следы от обработки, тем грубее частицы. Следовало бы производить обработку шлифованием в несколько этапов, уменьшая с каждым разом размер частиц.

Рекомендуется последовательная обработка, состоящая из трёх следующих этапов:

1. грубое шлифование, размер частиц 60
2. умеренное шлифование, размер частиц 220
3. окончательная обработка, размер частиц 400-600

При этом нужно проследить за тем, чтобы каждый следующий этап шлифования удалял следы предшествующей обработки. Если последний этап шлифования устранил все следы предшествующих обработок, то можно полировать.

### 1.9 Полирование

Полирование - это последний этап обработки с целью получения зеркально-блестящих прозрачных поверхностей. Кромки среза можно отполировать без особых затруднений, полирования поверхностей с большей площадью, напротив, следовало бы избегать, так как во многих случаях это остаётся видимым.

Имеют место три способа механического полирования:

Способ	Полировальный круг и войлочная лента	Полирование пламенем	Полирование на алмазном притире	Уход за полировкой
Качество поверхности	Очень хорошее	Среднее	От хорошего до очень хорошего	Очень хорошее
Напряженное состояние	Среднее	Очень высокое	Среднее	Низкое
Затрата времени	От высокой до очень высокой	Низкая	Низкая	От низкой до высокой
Капиталовложение	Среднее	Высокое	Очень высокое	Низкое

Очистка поверхности материала производится теплой водой с применением мягкого моющего средства, не содержащего растворителей. **Использование абразивных веществ не допускается.**

Поскольку войлочная лента, тканевый притир или перчаточная материя представляют собой очень мягкие материалы, то полируемую поверхность необходимо предварительно подвергнуть отделочной обточке. Если это условие не будет выполнено, то поверхность хоть и станет блестящей, но всё же останутся видимыми следы царапин и обработки. При обработке кромок достаточно произвести чистовую обработку циклей.

Необходимо предотвращать обусловленный трением перегрев поверхности материала а значит, и термическое повреждение.

Кромки и небольшие детали полируются преимущественно на войлочных лентах, так как в этом случае их можно удобно держать и подводить. Обрабатываемая деталь должна постоянно перемещаться по кругу, так что неровности войлочных лент или тканевых пригаров не наносят повреждений материалу. Скорость перемещения войлочной ленты должна составлять приблизительно 20 м/с.

Тканевый притир очень хорошо пригоден для полирования больших, а также изогнутых поверхностей. Подобными тканевыми притирами могут быть бязевые и/или фланелевые пакеты, пачки которых располагаются как можно более неплотно, чтобы теплота трения могла отводиться с помощью вентилирования. Окружная скорость тканевого полировочного круга должна быть в диапазоне от 20 до 40 м/с.

Если блеск, полученный в результате механической обработки, не представляется достаточным, то полирование можно завершить вручную мягкой не волокнистой тканью или ватой, применяя полировальное молочко.

При полировании органического стекла пламенем с помощью устройств, аналогичных сварочной горелке, отпадает необходимость в чистовой обработке как дополнительной рабочей операции, и всё же кромки должны быть свободны от остатков, например, от прилипающих стружек или остатков ручной сварки. Поскольку царапины от предшествующей фрезерной обработки или распиловки ещё остаются видимыми после полирования пламенем, то их применяют в качестве экономически более выгодного способа в том случае, где к отполированной поверхности не предъявляется высоких требований. Полирование огнём более толстых пластин может привести к поверхностным напряжениям.

Если работа производится без должной тщательности, то это также может привести к "перекидыванию пламени" на обрабатываемую деталь за кромкой среза, а значит, к нагрузкам материала, обусловленным термическим воздействием. При дальнейшей обработке или последующем применении они могут обуславливать появление трещин, например, при контактировании с клеящими средствами или растворителями для лаков.

Полирование на алмазном притире гарантирует длительные сроки службы и таким образом особенно пригодно для серийного производства. При этом отпадает необходимость в предшествующей чистовой обработке. Снятие стружек и полирование осуществляются за одну рабочую операцию.

представляется необходимым применение высококачественных прецизионных инструментов и станков. Применяются или резцовые головки фрез, которые имеют по меньшей мере два алмазных резца, или токарные резцы с алмазным покрытием. Необходимо проследить за хорошим отводом стружки. Станок должен работать при полном отсутствии вибрации во избежание появления резонансных линий на обрабатываемой детали. Острые кромки, появляющиеся при применении алмазных полирующих фрез, целесообразно сглаживать с помощью цикли.

## 2. Формование

Горячее формование является важнейшим видом переработки акриловых смол, исходным материалом при этом служат главным образом листовые заготовки. Основное преимущество этого способа – возможность получения крупногабаритных изделий с применением простых и дешевых форм. Операция термического формования состоит из трех этапов: нагрев, формовка и охлаждение. При нагреве до соответствующей температуры ОС размягчается до пластичного состояния, при этом можно придать материалу самые различные формы при помощи специальных инструментов. После охлаждения материал вновь приобретает первоначальную жесткость, сохраняя приданную ему форму. При несоответствии детали желаемой форме, ее можно вновь нагреть с целью корректировки только в случае, если ОС получено блочным методом (высокомолекулярное) в отличие от экструзионного ОС.

### 2.1. Предварительная, горячая сушка.

При хранении стекло поглощает влагу из окружающей среды. Это может привести к образованию дефектов ОС во время тепловой обработки. Поэтому необходимо предварительно просушить листы, с которых снята маскирующая пленка, в конвекционной сушильной камере при  $T = 80^{\circ}C$  в течение 1-2 часов на каждый мм толщины. Как правило, при большом содержании влаги достаточно 24 часа.

Очень перспективным и высокопроизводительным является нагрев при помощи инфракрасного излучения, при котором используются инфракрасные элементы мощностью от 250 до 450 Вт, находящиеся на расстоянии 150- 250 мм от поверхности стекла. Время и продолжительность нагрева зависят от способа нагрева.

Время нагрева		ЭОС
Сушильная печь	(мин/мм)	2,5 - 3
Панели с ИК - излучением		
-1 панель мощностью 2,2 Вт/см <sup>2</sup>	(сек/мин)	38 - 45
-2 панель мощностью 3,5 Вт/см <sup>2</sup>	(сек/мин)	22 - 27

При обработке деталей с повышенными оптическими характеристиками для нагрева применяется сушильная печь с циркуляцией горячего воздуха. Данный метод позволяет производить регулировку нагрева и поддерживать необходимую температуру нагрева на всей поверхности. Разница температуры превышающая  $5^{\circ}C$  может привести к возникновению значительных напряжений изделия из ЭОС.

В ходе первого нагрева листов экструзионного стекла происходит их усадка, которую необходимо учитывать при определении размеров заготовок. Усадка ЭС достигает от 3 до 6% в зависимости от толщины материала в направлении экструзии и от 1 до 3% - в поперечном направлении, поэтому при нагревании может произойти деформация листа, если он не был закреплен на опоре. Усадка блочного «литого» ОС равномерна и по длине и по ширине заготовки. Нагрев должен производиться равномерно, так как перепад температур по плоскости и толщине листа не должен превышать  $\pm 3^{\circ}C$  может привести к возникновению значительных напряжений. При перегреве листов в горизонтальном положении возможно прилипание материала к металлическим поверхностям. Во избежание этого, плоскости опор должны быть защищены фторопластовым покрытием или тефлоновой сеткой.

Продолжительность и температура нагрева варьируют в зависимости от вида продукции, термических условий и сложности формуемой детали. Для того, чтобы установить зоны, «опасные» для формования, необходимо в лабораторных условиях получить отформованные образцы и наиболее растянутые поверхности, их погрузить в этанол на 10 минут. Если в материале присутствует аномальное внутреннее напряжение, в образцах образуются трещины, образцы могут разрушаться. Для блочного оргстекла характерна максимальная усадка в 2%, одинаково распространяющаяся во все стороны и более широкий температурный интервал переработки.

## 2.2 Температура пластического формообразования

Средние значения температур формообразования для экструзионного стекла в зависимости от нагревательного устройства, типа материала и толщины располагаются между 140° С и 170° С . При выборе температуры всегда нужно находиться в интервале 140-180° С и взвешивать преимущества и недостатки, которые влекут за собой различные температурные диапазоны. Наиболее оптимальными являются следующие температуры формования:

- Экструзионное стекло: 150-160°С
- Литое стекло: 160-175°С

При низких температурах материал обладает относительно высоким формовочным напряжением, что приносит с собой высокую тенденцию к возврату в исходное положение и листы могут лопнуть. При этом почти не ухудшается хорошее качество поверхности полупродукта. При высоких температурах, наоборот, тенденция к возврату незначительна, однако, существует опасность ухудшения поверхности полупродукта.

## 2.3 Условия пластического формообразования

Выбор таких условий термоформования, как скорость формования, степень термоформования (степень вытягивания) и формовочных усилий зависит от наружной формы полупродукта, а также от тех свойств, которыми должно обладать формованное изделие после термоформования.

Скорость формования позволяет судить о том, с какой скоростью можно вытягивать или растягивать материал в высокоэластичном состоянии. При излишне высокой скорости формования существует опасность растрескивания обрабатываемой детали вследствие превышения предела прочности. Кроме того, это может привести к разнотолщинности. С другой стороны, нужно избегать слишком малых скоростей термоформования, чтобы предотвратить охлаждение в процессе работы, излишнее энергопотребление или растрескивание материала.

Скорость формования зависит от материала, от толщины материала и от способа термоформования. Так, экструзионное органическое стекло можно формовать при более высокой скорости, чем блочное органическое стекло.

Степень термоформования позволяет судить о формоизменении, происходящем при термоформовании полупродукта. При обычном способе формовки такое изменение влечет за собой увеличение площади поверхности при соответствующем уменьшении толщины материала. Степень термоформования определяется как соотношение средних значений толщины материала до и после формования или исходя из увеличения площади поверхности.

При термоформовании следует учитывать, что степень термоформования у всего готового изделия должна оставаться по возможности одинаковой, и таким образом должна быть обеспечена равномерная толщина.

ормовочные усилия зависят от:

- степени термоформования,

- температуры формования,
- формуемого материала (экструзионное или блочное органическое стекло).

Для изготовления технологической оснастки (матриц, пуансонов), обычно используют древесину, гипс, стеклопластики, стали, алюминий и др. материалы. С целью наиболее эффективного уменьшения напряжений, возникающих в процессе формования, рекомендуется проводить нагрев матриц, крепежных рамок, пуансонов при температуре 70-80 °С.

Нагретый лист во избежание поверхностных повреждений и сохранения оптических свойств деталей помещается на форму и удерживается на ее поверхности с помощью замши, байки. Процесс формования заканчивают медленным охлаждением отформованной детали.

## 2.4 Способы пластического формообразования

Существует несколько способов пластического формообразования. Выбор соответствующего способа зависит от:

- формы и размера обрабатываемой детали,
- нужного распределения по толщине стенок,
- числа деталей,
- типа применяемого материала,
- требований к конечному продукту относительно внешнего вида, выдерживания заданных размеров, чёткости контуров и т.д.
- от имеющихся в распоряжении установок штампов и вспомогательных средств.

### 2.4.1 Свободное втягивание

С целью получения деталей сферической и яйцеобразной форм применяют метод горячей штамповки с растягиванием, помещая лист - заготовку в вакуум – камеру и закрепляя края листа на рамке с помощью диска. В этом случае не возникает соприкосновения или трения с выгнутой частью, благодаря чему можно получить довольно сложные формы.

### 2.4.2. Свободное вдувание и втягивание в форму

Конструкцией технологической оснастки предусмотрен зажим нагретой заготовки между двумя дисками, один из которых герметично соединен с пневмо - или вакуум-камерой, а второй является формообразующим. Отформованная деталь остывает под давлением (разрежением) до 40-50 °С. При таком формовании обычно происходит вытяжка материала, сопровождаемая уменьшением толщины в вершине купола изделия, однако это не ухудшает физико – механических свойств материала, что подтверждено практикой.

### 2.4.3. Вдувание под давлением в вогнутую форму

При работе под давлением необходимо выбирать очень прочные формы (металл, твердая древесина и др.). При пневмоформовании избыточное давление создается между стеклом и прижимным диском формовочной оснастки. Вентиляционные каналы обеспечивают отток воздуха, регулируя давление формования. Таким образом, получают детали сложной конфигурации, рельефной формы (например, буквы).

### 2.4.4. Втягивание с помощью пуансона

Пуансон, имеющий форму внутренней поверхности детали, опускается на разогретый лист и деформирует его при небольшом давлении. Возможно также изготовление изделий путем натяжения нагретого листа стекла на пуансон. Нагретая заготовка зажимается по всему контуру в рамки, соответствующие форме пуансона, после чего оно натягивается на пуансон до полного его

облегания. Рекомендуется для равномерного растягивания применять контактные смазки формы (парафин, смазки на силиконовой основе).

#### 2.4.5. Сгибание

Процесс заключается в местном нагреве листа толщиной до 6 мм по оси изгиба при помощи одного или нескольких прямолинейных нагревательных элементов.

Например: нагревательный элемент может состоять из никелевой/хромовой нити, удерживаемой в натянутом состоянии при помощи пружины или противовеса при низком напряжении (24 или 48 вольт).

Во избежание возникновения напряжения в зоне сгибания необходимо соблюдать ряд мер предосторожности:

- производить интенсивный нагрев исключительно в зоне сгибания;
- использовать исключительно соответствующие станины для нагрева: наилучший вариант предоставляют станины с регулируемым разводом, позволяющие контролировать ширину зоны нагрева
- зона вне участка нагрева должна быть доведена до температуры порядка 70 ° С во избежание возникновения напряжений, связанных с разницей температур
- чем толще стекло, тем больше должна быть нагреваемая зона. В случае сгибания под прямым углом, ширина указанной зоны должна превышать толщину материала примерно в 5 раз
- довести материал до температуры порядка 130-150 ° С, при которой сгибание можно производить при наименьшей нагрузке. В большинстве случаев при сгибании материала толщиной до 5 мм достаточно одного прибора с нагревающейся нитью и двух водных рубашек. При увеличении толщины материала необходимо использовать 2 прибора, симметрично расположенных с обеих сторон листа
- производить сгибание, избегая интенсивного нагрева материала в частности, используя шаблоны из древесины
- произвести естественное охлаждение материала в форме.

Кроме рекомендуемых методов изготовления изделий из экструзионного стекла возможно получение их комбинированными методами (например, выдувание – втягивание - прессование).

#### 2.5. Меры предосторожности при работе с экструзионным стеклом.

Во избежание возникновения значительных остаточных напряжений в зоне формования стекла необходимо соблюдать меры предосторожности:

- производить интенсивный нагрев только в зоне сгибания
- использовать оборудование для нагрева с регулируемой и контролируемой зоной нагрева. Зона вне участка сгибания стекла должна быть нагрета до температуры 70 ° С
- нанести V – образную канавку при получении острых углов при сгибании материалов большой толщины
- чем толще стекло, тем больше должна быть нагреваемая зона
- материал должен иметь температуру, при которой сгибание может производиться при наименьшей нагрузке (120-140 ° С)
- Произвести естественное охлаждение материала в его форме.
- Перед контактом с растворителями или использованием в условиях повышенной нагрузки необходимо провести термическую обработку для уменьшения остаточных напряжений

(горячую сушку или отжиг).

## 2.6. Охлаждение

Меры предосторожности при охлаждении:

- для наилучшего сохранения образовавшейся, полученной формы и во избежание деформации изделия необходимо оставить его на матрице до его охлаждения до температуры 70 ° С.
- охлаждение должно быть как можно более продолжительным и однородным во избежание возникновения внутреннего напряжения
- отформованные детали должны быть подвергнуты термическому кондиционированию с целью снижения напряжений перед их взаимодействием с растворителями, краской, липкой лентой
- следует избегать перегрева и переохлаждения изделия и формы, большой скорости растяжения, повышения давления воздуха, соприкосновения формируемого материала с формой перед формованием при высокой температуре.

## 2.7. Отжиг

При локальном нагревании могут возникнуть внутренние напряжения, которые при последующем применении приводят к образованию так называемых трещин вследствие этих напряжений. Поэтому такие внутренние напряжения существенным образом снимаются в результате термообработки при 60-80°C. Время отжига в зависимости от толщины стенок (от 2 до 6 часов при толщинах от 2 до 20 мм). После отжига произвести естественное охлаждение изделий в термошкафу во избежание возникновения напряжений.

## 2.8 Стыкование

При стыковании две или несколько обрабатываемых деталей соединяют друг с другом. Такие полупродукты, как пластины, блоки, стержни и трубы могут состыковываться разнообразными способами. При этом различают два типа соединений:

- неразъёмные соединения
- разъёмные соединения

К неразъёмным способам соединения относятся склеивание, сварка и клёпка, а разъёмные способы соединения - это клеммовое крепление и резьбовое соединение. То, какой способ соединения следует применять в каждом конкретном случае, зависит от соответствующего характера предъявляемых требований.

## 3. Склеивание

Склеивание - это чаще всего применяемый способ стыкования. Вследствие физических и химических свойств органического стекла при склеивании друг с другом, изделий из этого материала или при склеивании с другими материалами получают соединения, которые частично показывают очень высокие параметры прочности. Вместе с тем такие соединения представляются очень привлекательными в оптическом отношении, так как благодаря возможности бесшовного, визуально не различимого склеивания получают конструктивные детали, которые проявляют себя как цельные.

Качество склеивания зависит главным образом от опыта исполнителя. А поэтому в случае с о способами склеивания каждый раз должны проводиться предварительные испытания.

### 3.1 Клеящие системы

Для склеивания органического стекла с самыми различными материалами были разработаны специальные клеи. Они подразделяются на две группы, которые отличаются разными механизмами реакции:

- схватывающиеся по химическому типу (двухкомпонентные отверждающиеся клеи): полимеризуемые и полиприсоединяемые клеи;
- схватывающиеся по физическому типу: клеи в виде раствора, клеящие лаки, ленты с клеевым слоем

Клеи, схватывающиеся по химическому типу, в корне отличаются от клеев, схватывающихся по физическому типу. Затвердевание клея происходит в результате химической реакции отверждения разных компонентов клея. Реакция отверждения запускается смешиванием компонентов, притоком тепла или контактированием с вводимыми в смесь инициаторами и отвердителями или влажным воздухом. Поскольку в клее отсутствует растворитель, то прочность клеевого соединения держится только на силах адгезии между клеем и органическим стеклом. Двухкомпонентный отверждающийся клей превосходным образом подходит для склеивания поверхностей по причине того, что он заполняет стык.

### 3.1.1 Полимеризуемый клей

Полимеризуемый клей получают на базе полиметилметакрилата и метилметакрилата в одно- или многокомпонентном исполнении. В случае применения этого клея клеевые швы следует формировать, выдерживая такие размеры, чтобы, несмотря на усадку в процессе реакции отверждения клеевая щель всегда была заполнена достаточным количеством клея. Полимеризуемый клей отличается высокой прочностью (до 60-70 % от прочности исходного материала) и атмосферостойкостью.

### 3.1.2 Полиприсоединяемый клей

Полиприсоединяемый клей получают на основе уретановых мономеров. Это клей основан на двухкомпонентной рецептуре. Он не содержит растворителя, обладает высокой прозрачностью и легко смешивается. Кроме того, он пригоден для склеивания с другими материалами. Как и полимеризуемый клей, он показывает хорошую прочность склеивания при высокой атмосферостойкости.

Клеи, схватывающиеся по физическому типу, в химическом отношении считаются уже готовыми к применению, так как не требуется их смешивать. Затвердевание клея происходит по физическому типу вследствие испарения растворителя. Прочность плоскости соединения в этом случае составляет 25-35% от прочности исходного материала.

### 3.1.3 Клеи в виде раствора

Клей в виде раствора состоит большей частью из растворителей, которые размягчают склеиваемые поверхности. Время затвердевания соответствует времени испарения растворителя, которое редко происходит полностью.

### 3.1.4 Клеящие лаки

Клеящие лаки можно назвать концентрированными растворами клеев в растворителях, которые образуются при добавлении полимеров (измельченный материал). Поскольку испарение растворителя происходит медленнее, чем в случае с обычными клеями в виде растворов, то обработку можно производить в течение более длительного времени. Клеящие лаки следовало бы применять только в тех случаях, когда не требуется высокой атмосферостойкости и стойкости к химически агрессивным средам.

### 3.2 Клеящая способность

Блочное и экструзионное органическое стекло имеют различия в клеящей способности. Поэтому при выборе клея учитываются свойства соответствующего материала.

Для склеивания блочного (высокомолекулярного) органического стекла применяют главным образом полимеризуемые клеи, так как в результате такого сочетания можно получить высокопрочные (вплоть до 75% собственной прочности органического стекла) и полностью отвечающие повышенным требованиям к оптическим характеристикам соединения, которые пригодны для применения даже на открытом воздухе. Чистые растворители размягчают части из литого органического стекла только в слабой степени, вследствие их высокой молекулярной массы, а поэтому применяться могут лишь условно. Для этой цели больше подходят клеящие лаки, в случае с которыми растворитель испаряется медленнее, чем в случае с чистыми растворителями. Таким образом, он дольше находится в клеевом шве и увеличивает время набухания полимера. Вследствие их изготовления при почти полном отсутствии внутренних напряжений соединяемые детали из органического стекла лишь незначительно склонны к образованию трещин в результате внутренних напряжений. А поэтому обычно не требуется производить отжиг соединяемых деталей перед склеиванием, за исключением случая применения для склеивания труб.

Хороших результатов при склеивании экструзионного (низкомолекулярного) органического стекла можно достичь с помощью полимеризуемых клеев и клеев в виде растворов. При применении полимеризуемых клеев, детали, тем не менее, должны быть свободны от внутренних напряжений, чтобы исключить обусловленное ими растрескивание. В некоторых случаях перед склеиванием необходимо производить отжиг при температурах 60-80 С с тем, чтобы уменьшить внутренние напряжения соединяемой детали, вызванные предшествующими этапами обработки, например, распиловкой, фрезерованием, полированием или глубокой вытяжкой.

Наряду со свойствами клеев, которые определяются главным образом молекулярным весом, в случае с блочным и экструзионным стеклом нужно учитывать ещё и другие воздействия:

- Не воспламеняющиеся материалы могут продлевать отверждение полимеризуемых клеев при одновременном уменьшении конечной прочности.
- В случае с окрашенным органическим стеклом существует опасность того, что краситель "полиняет" под действием клея.
- Соединяемые части с высокой концентрацией пигмента, при одинаковых условиях достигают меньшей прочности склеивания.
- Детали, характеризующиеся повышенной ударной вязкостью, могут стать ломкими в области стыка.
- Изделия, полученные способом вытяжки или термоформования, обладают меньшей прочностью склеивания в направлении, перпендикулярном к плоскости вытягивания.

При любых типах органического стекла перед процессом склеивания рекомендуется придавать шероховатость склеиваемым поверхностям, для того, чтобы улучшить прочность склеивания. Это в особенности относится к деталям, используемым в аппаратах и ёмкостях, на которые воздействуют механические нагрузки.

### 3.3 Последовательность осуществления процесса склеивания

Обычно процесс склеивания складывается из следующих рабочих операций:

- **Предварительная обработка соединяемых частей**  
Поверхностям пластин рекомендуется придать шероховатость с помощью водостойкой шлифовальной бумаги (размер частиц 320 - 400). После этого необходимо очистить и

обезжирить соединяемые детали, соблюдая при этом указания изготовителя клея. В большинстве случаев перед склеиванием требуется отжиг соединяемых деталей с целью уменьшения внутренних напряжений материала, обусловленных обработкой срезанием, а значит, предотвращения образования трещин. В случае с полиприсоединяемыми клеями отжига, как правило, не требуется. При необходимости для защиты поверхностей от повреждения растворителем или нанесения царапин их можно обклеить соответствующей плёнкой.

- **Подготовка клея при двух- или многокомпонентных клеящих системах**

- **Нанесение клея**

Необходимо проследить за равномерным смачиванием склеиваемых поверхностей и постоянной толщиной слоя. Способ нанесения зависит от вязкости клея.

- **Достижение по времени состояния, при котором клей приобретёт способность соединять**

- **Состыковка и фиксирование деталей**

При склеивании детали нельзя накладывать друг на друга с перекосом, между соединяемой частью и клеем не должно быть заключено воздуха. Нанесённый клей не должен смазываться при соединении частей. После произведённого состыкования возможны лишь условные корректировки. Можно порекомендовать фиксирование соединяемых деталей с помощью соответствующих приспособлений для склеивания, чтобы предотвратить скольжение при затвердевании клея, чтобы можно было точно отрегулировать длину при стыковании внахлестку и при необходимости устанавливать вставки для прижимания и склеивания. Следует учесть, что растворы клея требуют применения большего давления при соединении, так как усадка при сцеплении больше, чем в случае с двухкомпонентными клеями.

- **Отверждение и охлаждение**

- **Удаление фиксации**

- **Окончательная обработка**

Отжиг после склеивания предназначается для лучшего отверждения клеевого шва и вследствие этого приводит к лучшей прочности склеивания и хорошему, без наличия трещин внешнему виду, сохраняющемуся в течение длительного времени. В случае с полиприсоединяемыми клеями окончательного отжига не требуется.

### 3.4 Конструктивное оформление

В зависимости от нагрузки клеевые соединения могут иногда не оправдывать себя. При принятии соответствующих мер и достаточной соразмерности поверхностей склеивания может быть перенесено воздействие очень высоких нагрузок. Следует по возможности избегать возникновения напряжений расслаивания и растяжения. Их можно обойти с помощью несложных конструктивных мероприятий. К последним относятся, в частности, скашивание стыков и использование элементов жёсткости в диапазоне переноса сил между отдельными соединяемыми деталями.

### 3.5 Технологии склеивания

Вследствие различных механизмов реакции используемая технология склеивания зависит от соответствующего типа клея.

#### 3.5.1 Клеи в виде раствора

Края склеиваемых деталей должны быть как можно более короткими, узкими и плоскими. На

предшествующем рабочем этапе склеиваемые кромки необходимо обрезать или отфрезеровать, не оставляя следов резки и строжки. Поверхности можно подвергнуть дополнительной обработке способом тонкого шлифования, с помощью цикли или, применив многократное намазывание клеем. Благодаря этому впоследствии уменьшается образование пузырьков. После смачивания поверхностей склеивания вслед за фиксированием и по истечению времени набухания, равного приблизительно 30 секунд, к склеиваемым поверхностям прикладывается давление, составляющее по меньшей мере 100 г/см<sup>2</sup>. Для смачивания поверхностей клеем имеются в распоряжении два метода:

- **Погружной метод**

Этот метод получил самое широкое распространение. Одна из соединяемых деталей погружается поверхностью склеивания в клей. Время погружения следует избирать таким образом, чтобы началось размягчение поверхности склеивания. Во избежание непреднамеренного размягчения других кромок их следует предварительно обклеить. Для этого можно применять нерастворимую ленту из полиэстера или целлюлозы с клеевым слоем. В качестве сосуда для погружения подходят плоские чаши или простые плоские стеклянные диски, которые предварительно смачиваются клеем.

- **Капиллярный метод**

Перед смачиванием соединяемые детали состыковываются при выдерживании нужного положения. На втором этапе клей наносится с помощью тонкой канюли на все края склеиваемых поверхностей. Вследствие капиллярного эффекта клей автоматически всасывается в клеевой шов. Этот метод делает возможным стыкование деталей большего размера, чем в случае с погружным способом. Распорные проволоки диаметром 0,3 мм могут стать вспомогательными средствами при осуществлении этого метода для того, чтобы клей легче протекал в клеевой шов.

### 3.5.2 Клеящие лаки

Клеящий лак наносится с помощью тубика, шприца или канюли, возможно также применение погружного метода. Применение капиллярного метода не представляется возможным в этом случае. Нанесённое количество клея должно соизмеряться таким образом, чтобы после соединения деталей с обеих сторон клеевого шва выступал небольшой избыток клея. Последующее состыкование и приложение давления для прижимания осуществляется таким же образом, как это уже было описано в случае с погружным методом. Клеи в виде раствора и клеящие лаки в меньшей степени пригодны для поверхностного склеивания.

### 3.5.3 Полимеризуемые клеи

В отличие от клеев в виде раствора и клеящих лаков при склеивании с помощью полимеризуемых клеев клей следует наносить таким образом, чтобы поверх клеевого шва образовалось утолщение, так как при отверждении происходит усадка, т.е. объём клея уменьшается. Клеевой шов формируется таким образом, чтобы на как можно меньшем уровне сохранить разрушение вследствие коррозионных воздействий и воздействий окружающей среды. Клеевой зазор следует избирать при размерах между 0,2 мм и 0,5 мм. Фиксация зависит от соответствующего способа склеивания:

- **склеивание при соединении встык**

Фиксирование на плоской пластине;

- **склеивание под углом**

Фиксирование с помощью крепёжных устройств. Нужно обязательно предотвращать угловое смещение в процессе отверждения. Кроме того, оправдывают себя угловые швы или

V-образные швы, так как при этом соединяемые детали могут лежать непосредственно одна на другой;

- **склеивание по всей поверхности**  
выдерживание соответствующего расстояния между соединяемыми деталями с помощью распорных проволок или блоков;
- **склеивание при наличии полых пространств**  
допустимы различные расположения

Во время отверждения не следует подвергать соединяемые детали воздействию нагрузок. Загрязнения других изделий клеем можно избежать с помощью оклеивания полиэфирной лентой или самоклеющейся алюминиевой лентой.

### 3.5.4 Полиприсоединяемые клеи

Склеивание соединяемых деталей полиприсоединяемыми средствами происходит аналогично склеиванию с помощью полимеризуемых клеев. Однако, в связи с тем, что полиприсоединяемые клеи не содержат растворителей, требуется очень тщательная очистка склеиваемых поверхностей перед процессом склеивания.

### 3.5.5 Клеящие ленты

Клеящие ленты представляют собой быстровыполнимую и частично экономически выгодную альтернативу при склеивании органического стекла. В основном, их следовало бы применять на закрытых или не просматриваемых участках. При склеивании по всей поверхности расстояние между отдельными полосами клеящих лент не должно быть больше 300 мм. Условием достаточной прочности склеивания является сухая, очищенная от пыли и обезжиренная склеиваемая поверхность.

## 3.6 Рекомендации по технике безопасности при обращении с клеями

Клеи и содержащиеся в них растворители относятся к так называемым "опасным рабочим веществам". При их применении имеется существенная опасность для здоровья, опасность возникновения пожара и взрыва. Поэтому необходимо принимать меры, которые обеспечивают защиту человека, предприятия и окружающей среды. При применении клеев всегда следует соблюдать действующие предписания по охране труда и технике безопасности, предписания по работе с опасными веществами и, в особенности, издаваемые изготовителем специального клея памятки с предупредительными рекомендациями по технике безопасности.

**Большинство клеев огнеопасны. Возникающие пары в сочетании с воздухом могут образовывать взрывоопасные смеси**

#### Защитные мероприятия:

- Избегать открытых источников тепла (огонь, электронагревательные приборы) и искрения (искрение при коммутации, электростатический разряд).
- Не курить, не есть и не пить на рабочих местах.

Частое попадание на кожу и постоянное вдыхание паров растворителей возможно могут иметь следствием появление аллергических реакций и нанесение ущерба здоровью.

#### Защитные мероприятия:

- Работы с клеем следует проводить в хорошо проветренных, очищенных от пыли помещениях, где нет сквозняка.
- Поскольку собственный вес паров растворителей тяжелее, чем воздух, то вблизи с полом

необходимо установить аспирационные приспособления. В тех случаях, когда намереваются произвести большой объём работ по склеиванию, то дополнительно следовало бы осуществлять аспирацию непосредственно на рабочем месте.

Растворители уничтожают защитный сальный слой кожи.

#### **Защитные мероприятия:**

- Следует избегать попадания на кожу клеев, а также паров и газов.
- Загрязнённые участки кожи промыть водой с мылом (ни в коем случае не применять для этой цели растворители).
- Кожу следует обрабатывать соответствующим образом по завершению каждой рабочей операции.
- Применение одноразовых полотенец.

Отвердители, содержащиеся в клеях, при попадании в глаза могут приводить к разъеданию. Попавший в глаза клей отверждается под действием слёзной жидкости. При этом образуетеся теплота, которая поражает роговицу глаза.

#### **Защитные меры:**

- В процессе склеивания ни в коем случае нельзя пальцами касаться глаз.
- При переработке больших количеств клея рекомендуется ношение защитных очков.

#### **Первая помощь:**

В случае попадания брызг клея в глаза их следует немедленно промыть проточной водой в течение 10-15 минут. После этого необходимо срочно обратиться к специальному врачу.

## **4. Сварка**

Сварка соединяемых поверхностей из полимерных материалов производится в термопластическом состоянии материала, так что и сваривать можно только такие полимерные материалы, которые переводятся в это состояние достаточно высокой вязкости. К ним относятся в большинстве случаев аморфные и частично кристаллические термопласты, поскольку они имеют достаточно высокие значения молекулярной массы. Для этого в особенности подходит экструзионное органическое стекло. Блочное органическое стекло можно сваривать лишь условно при использовании вспомогательных материалов, так как при нагревании с трудом можно достичь удовлетворяющего термопластического состояния. Даже дополнительное повышение температуры не способствует достижению требуемого размягчения, а приводит к деструкции полимера и, соответственно, к образованию пузырей вследствие выделения газообразного метилметакрилата.

Тщательный подбор температуры нагревания, давления и времени нагревания представляется необходимым для того, чтобы достичь оптимальных условий сварки полимерных материалов. При слишком длительном воздействии температуры сварки возникает опасность термического повреждения. Следует учитывать также коробление полимерного материала при охлаждении, которое носит более значительный характер, чем у металлов. При охлаждении не следует прибегать к мерам по устранению коробления во избежание возникновения внутренних напряжений, остающихся после сварки, это значит, что недопустимо принудительное охлаждение водой или сквозняком. Правила осуществления сварки без возникновения внутренних напряжений состоят в следующем:

- равномерное нагревание зоны сварки
- нагревание достаточно большого объема материала.

- медленнее и равномерное охлаждение

В частности, в случае с акриловым стеклом после процесса сварки требуется отжиг

#### 4.1 Последовательность осуществления процесса при сварке

Процесс сварки обычно можно подразделить на следующие этапы работы:

- подготовка свариваемых поверхностей
- нагревание зоны сварки
- приложение давления, необходимого для осуществления сварки
- охлаждение сварного шва
- окончательная обработка сварного шва

#### 4.2 Способы сварки

Сварка заключается в соединении двух соприкасающихся частей и создании вместе соединения значительного размягчения. На этом основании сварка возможна исключительно с ЭОС и может осуществляться многочисленными методами (тепловая газовая сварка, метод индукции, излучение, ультразвуковая сварка, частотная, с применением нагревающих элементов, вибрации, трения). Для блочного ОС применяется метод, заключающийся в осуществлении притока сварочного материала и его расплавления.. В этом случае возникают значительные напряжения, которые необходимо отжечь.

#### 5. Окрашивание и метталлизация.

При необходимости, оргстекло подвергается метталлизации в вакууме, кроме того, блочное оргстекло подвергается поверхностному окрашиванию. Для окрашивания может применяться окраска распылением по поверхностям, прошедшим формовку. Трафаретная печать применяется для абсолютно плоских поверхностей.

Подробнее остановимся на окрашивании стекла.

При изготовлении различных табличек часто возникает необходимость закрасить какой либо участок, сделать узор на стекле, используя заранее разработанный шаблон.

С этой целью большинство производителей рекламной продукции используют автомобильные эмали в аэрозольной упаковке.

Порядок окрашивания:

Предварительно необходимо обязательно опробовать краситель на обрезке стекла с целью исключения химического воздействия, если не произошло каких либо изменений со стеклом (вздутие, растворение, трещины,), то считают, что краску можно использовать. Не рекомендуется использовать красители в состав которых входят активные растворители для оргстекла. Окрашивание формованных изделий происходит после снятия напряжений в изделиях (отжига).

1. Процесс проводят в чистом помещении. Наличие пыли отрицательно скажется на качестве окраски: даст матовую поверхность, не покрашенные точки
2. Поверхность стекла тщательно протирают специальным антистатиком для органического стекла. Сушат. На поверхности не должно оставаться ворсинок, пылинок.
3. При окрашивании баллончик с краской держат на расстоянии 20-25см над поверхностью стекла

и равномерно распыляют краску.

4. Необходимо первому слою дать высохнуть и затем, при необходимости, напылить еще раз. Отсутствие пыли во время всего процесса окрашивания и сушки очень важно.

Таблички, окрашенные по такой методике, качественными красителями сохраняют свои эстетические свойства до 3-х лет.

## 6. Химическая стойкость.

Оргстекло обладает хорошей водостойкостью, хорошей устойчивостью по отношению к щелочам и водным растворам неорганических солей, но некоторые разбавленные кислоты (цианистоводородные и фтористоводородные кислоты), а также концентрированные серная, азотная и хромовые кислоты воздействуют на оргстекло.

Растворители для оргстекла делятся на три категории:

- высокоактивные растворители - хлорированные углеводороды (дихлорэтан, хлороформ);
- менее активные растворители - ароматические соединения, альдегиды, кетоны и сложнее эфиры (ацетаты);
- малоактивные растворители - спирты;

Химическая стойкость оргстекла, приводимая в таблицах обычно учитывает стойкость материалов, блочного и экструзионного ОС при взаимодействии с различными средами при комнатной температуре в течение различного времени до одного года и более. Результат считается удовлетворительным, если испытываемые образцы - (неокрашенные пластины) - не проявляют явных изменений, таких как вздутие, растворение, трещины, расслаивание, охрупчение. **Возможное появление незначительной окраски не является основанием для рассмотрения продукции как поврежденной.**

### Реакция на химические вещества

Вещество	%	БОС	ЭС	Вещество	%	БОС	ЭС
<b>Кислоты</b>							
Соляная кислота	10	нв	нв	Серная кислота	90	яв	яв
Соляная кислота	конц	нв		Уксусная кислота	10	нв	орг
Хромовая кислота	10	нв		Уксусная кислота	100	яв	яв
Хромовая кислота	разб	яв	яв	Бутановая кислота	конц	яв	яв
Фтористоводородная кислота	яв	яв		Лимонная кислота	разб	нв	нв
Азотная кислота	10	нв		Муравьиная кислота	10	нв	нв
Концентрированная Азотная кислота		яв		Концентрированная муравьиная кислота	90	яв	яв
Фосфорная кислота	10	нв		Молочная кислота	20	нв	нв
Фосфорная кислота	95	яв	яв	Щавельная кислота	разб.	нв	нв
Серная кислота	10	нв	нв	Ацетилпропионовая кислота		яв	яв
<b>Спирты</b>							
Метиловый спирт	10	нв	нв	Этиловый спирт	30	орг	яв
Метиловый спирт	50	орг	орг	Этиловый безводный спирт		яв	яв
Метиловый спирт		яв	яв	Этиловый спирт (непродолжительное)	10	нв	нв

				взаимодействие)			
Амиловый спирт		яв	яв	Пропиловый спирт	10	орг	орг
Бензиловый спирт		яв	яв				
Бутиловый спирт		яв	яв	Пропиловый спирт	50	яв	яв
<b>Основания</b>							
Карбонат натрия	конц	нв	нв	Едкий натр	10	нв	огр
Гидроокись калия	10	нв	орг	Едкий натр	50	яв	яв
Гидроокись калия	50	яв	яв				
<b>Газы</b>							
Ацетилен		нв	нв	Бытовой газ		нв	нв
Сернистый газ		нв	нв	Водород		нв	нв
Сернистый антигрид		яв	яв	Кислород		нв	нв
Бутан		нв	нв	Озон		нв	нв
Углекислый газ		нв	нв	Пропан		нв	нв
<b>Масла и жиры</b>							
Кокосовое масло		нв		Олеат натрия		нв	нв
Тормозное масло		яв	яв	Парафин		нв	нв
Минеральные масла		нв	нв	Бутилстеарат		нв	орг
Ланолин		нв	нв				
<b>Продукты питания</b>							
Оливковое масло		нв	нв	Вино		нв	нв
Фруктовый сок		нв	нв	Уксус		нв	нв
Молоко		нв	нв				
<b>Дезинфицирующие и чистящие средства</b>							
Нашатырный спирт конц.		яв		Перекись водорода	90	яв	
Перекись водорода	40	нв		Формалин	40	нв	
Настойка йода		яв					
<b>Фенолы</b>							
фенол			яв				
крезол			яв				
п-крезол			яв				
<b>Растворители и другие вещества</b>							
Этилацетат			яв	Глицерин			нв
Бутилацетат			яв	Газойль			ов
Ацетон			яв	Ртуть			нв
Бензальдегид			яв	Метилэтиленкетон			яв
Уксусный ангидрид			ов	Перхлорэтилен			яв
Бензол			яв	Октилфтален			ов

Хлороформ		яв	Дибутилфталат		ОВ
Хлористый этил		яв	Нонилфталат		ОВ
Метиленхлорид		яв	Сероуглерод		ОВ
Циклогексан		яв	Топливо высшего качества (октановое число 100)		ОВ
Дихлорэтан		яв	толуол		ЯВ
Диэтиленгликоль		нв	трихлорэтан		ЯВ
Гексан		нв	трихлорэтилен		ЯВ
Этилацетат		яв	трикрезилфосфат		ЯВ
Бутилацетат		яв	уайт-спирт		НВ
Ацетон		яв	ксилол		ЯВ
Бензальдегид		яв	Бензол		ЯВ
Уксусный ангидрид		ОВ	Хлороформ		ЯВ
Хлористый этил		яв	Диэтиленгликоль		НВ
Метиленхлорид		яв	Гексан		НВ
Циклогексан		яв	Этиленгликоль		НВ
Дихлорэтан		яв			
<b>Растворы минеральных солей</b>					
Бихромат калия	10	нв	Морская вода		НВ
Бихромат натрия	10	нв	Гипохлорит кальция		НВ
Бисульфат натрия	10	нв	Йодид калия		НВ
Хлорид аммония		нв	Метафосфат натрия		НВ
Хлорид кальция		нв	Нитрат аммония		НВ
Хлорид калия		нв	Перманганат калия	10	НВ
Хлорид натрия		нв	Сульфат меди		ЯВ
Треххлористое железо	10	нв	Сульфат железа		НВ
Хлорная ртуть	10	яв			

НВ - не взаимодействует

ЯВ - явное взаимодействие

ОВ - ограниченное соединение