

Рекомендации по эксплуатации экструзионного акрилового стекла Novattro

Очистка и технический уход

1

1.1 Допускается транспортировать оргстекло в открытых транспортных средствах, покрытым водонепроницаемым материалом.

1.2 Стекло органическое экструзионное должно храниться в закрытых складах при температуре от 5 до 35 °С при относительной влажности воздуха не выше 65 %.

1.3 При хранении и транспортировке сложенные вместе листы оргстекла лучше переложить листами бумаги, чтобы не допустить механических повреждений.

1.4 Не допускается транспортирование и хранение органического экструзионного стекла с химическими продуктами.

Очистка и технический уход

Для очистки и ухода за изделиями из акрилового стекла нужна только чистая вода. Для удаления сильного загрязнения следует пользоваться теплой водой, в которую добавлено небольшое количество бытового моющего средства мягкого действия.

Избегайте сухого трения поверхности изделия. Перед тем как вытереть изделие насухо с помощью губки, замши или подкладочной ткани для перчаток убедитесь, что все грязные пятна удалены.

Механическая обработка акрилового стекла

Изменение размеров и внутреннее напряжение

Механическая обработка приводит к изменению пластмассовых изделий. Напряжение, которое появляется в материале в местах механической обработки, может вызвать трудности на последующих стадиях работы, таких как, например, склеивание. Это внутреннее напряжение, – такое же, как и в формованных деталях, устраняется путем отжига. При термоформовании в результате действия нагрева происходит усадка материала, которую нужно учитывать, когда заготовка вырезается точно по размеру.

Как и большинство других пластмасс, акриловое стекло имеет высокий коэффициент линейного термического расширения. Его величина составляет 0,07 мм/м.к для акрилового стекла Novattro. Влажность также оказывает влияние на стабильность размеров, но в меньшей степени, чем нагрев.

Поэтому всегда необходимо проверять размеры идентичных деталей при одинаковых температурах окружающей среды и материала.

Защитная пленка

В зависимости от марки и толщины листового материала на его поверхность наносится защитная самоклеющаяся или соэкструзионная пленка. Если по какой-либо причине сохранение пленки невозможно или она отсутствует, следует в качестве вспомогательного средства использовать ткань или фетровые прокладки во избежание непреднамеренного царапания. Обычно защитную пленку на поверхности листового материала следует оставлять до начала эксплуатации готовой продукции. Если пленку необходимо удалить перед термоформованием или склеиванием, то, крепко удерживая лист за один край, **снимайте пленку одним быстрым движением**. Если листовые материалы подвергались воздействию погодных условий, то защитная пленка должна быть **удалена в течение четырех недель**, независимо от ее адгезионных свойств, поскольку в течение этого времени полиэтилен может стать хрупким или адгезия между листовым материалом и полиэтиленом может существенно усилиться. В обоих случаях пленку нельзя будет удалить обычным способом, и есть вероятность повреждения поверхности листа.

Последующая защита поверхности материала

Акриловое стекло Novattro после механической обработки, заготовки, а также готовые изделия и смонтированные детали, которые необходимо вновь защитить от загрязнения, воздействия химических сред перед хранением, можно сохранить следующими способами:

- нанести жидкое покрытие, которое образует пленку, впоследствии легко удаляемую с поверхности изделия;
- нанести защитные пленки;
- использовать подходящие клейкие креповые ленты;
- использовать клейкие полиэтиленовые пленки;
- поместить изделие в полиэтиленовый мешок, который затем закрыть или заварить (использовать тепловую сварку).

1. Обработка резанием

Для обработки акрилового стекла подходит обыкновенное оборудование для обработки дерева и металлов. При этом следует обратить внимание на то, что для получения чистых поверхностей среза оборудование должно быть высокоскоростным и безвибрационным. Все машины, прежде всего шлифовальные станки и циркулярные пилы, должны быть оснащены вытяжной вентиляцией для отвода стружки и газа.

Акриловое стекло легко обрабатывается инструментами из высококачественной быстрорежущей стали или армированными твердыми сплавами, в особых случаях можно использовать алмазный инструмент. Рабочие режущие поверхности инструментов должны быть всегда остро заточены. Уже незначительно изношенные инструменты приводят к нечистым поверхностям среза и могут вызывать повреждения заготовки или самого инструмента вследствие перегрева, обусловленного повышенным трением. Инструменты, которые ранее уже применялись для обработки дерева или металла, для органических стекол могут использоваться только после специальной заточки.

Поскольку пластмассы по сравнению с металлами имеют незначительную теплопроводность и устойчивость формы, применение систем охлаждения особенно важно. При отсутствии охлаждения возникает опасность перегрева, размягчения и деформации материала у поверхности среза. Кроме того, из-за недостаточного отвода тепла возникают напряжения в краевых зонах, что при неблагоприятных условиях ведет к повреждению обработанной детали.

Вода, масла, парафин и воздушная струя подходят в качестве охлаждающих средств. Стандартные смазочно-охлаждающие жидкости для металлов не должны использоваться, т. к. они чаще всего содержат агрессивные по отношению к акриловому стеклу растворители. Рекомендуется использовать 4%-ный раствор в воде.

Разметка отверстий, кромки разреза или контуров должна по возможности производиться на защитной пленке. Если пленка уже удалена, разметка осуществляется специальным карандашом (например, мягким графитовым или восковым) прямо на поверхности листа. Другие средства разметки могут использоваться только при уверенности, что последующая обработка удалит следы этих инструментов. В противном случае листы с сохранившимся надрезом под нагрузкой сломаются.

Пиление и надрезание

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

Циркулярная пила

Производители изделий из пластика обычно используют в работе дисковые отрезные пилы со столами, в то же время часто применяются вертикальные панельные пилы. Кроме того, существуют режущие линии с компьютерным управлением для порезки больших объемов материала. Качество резки заметно улучшится при использовании автоматической подачи.

Основные рекомендации:

- полотно циркулярных пил или круглопильных станков со столом должны лишь слегка выступать за пределы листа.
- никогда не работайте без упора;
- включайте пилу до начала резки, начинайте резку аккуратно;
- проверьте правильность направления диска;
- предотвращайте колебания листа;
- работайте на средней скорости подачи.

Циркулярная пила позволяет 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 трапециевидная 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° 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.

Применение лезвий из твердого сплава, с большим числом зубьев дает значительно более высокий результат, чем использование лезвий из высокопроизводительной быстрорежущей стали. Из опыта известно, что обработка будет еще более чистой, если использовать прямозубое лезвие из твердого сплава, углы каждого или каждого второго зуба которого затачиваются попеременно. Попеременная вогнутая заточка зубьев лезвий из быстрорежущей стали на деле доказала свои преимущества.

4

Таблица 1. Характеристики лезвий из твердого сплава

Характеристики	Значения
Угол наклона затылочной поверхности α	$15^\circ - 20^\circ$
Угол внутренней выточки γ	$0^\circ - 5^\circ$
Скорость резания	3000 м/мин.
Шаг зубьев	0 – 20 мм

Для подачи должна применяться средняя установка. Это значит, что подача устанавливается так, чтобы у краев разреза не происходило отщепление материала. Слишком медленная подача может привести к значительному трению и излишнему нагреву кромок разреза.

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

Для резки акрилового стекла Novattro циркулярные пилы должны быть оборудованы системой охлаждения, которая также может быть установлена и на более поздней стадии оснащения пилы. Система основана на принципе работы водоструйного насоса. С помощью сжатого воздуха эмульсия охлаждающей и смазывающей жидкости распыляется в виде тонкой дисперсии на вращающемся полотне пилы.

Ленточная пила

Данный тип пилы позволяет производить резку по кривой линии. Ленточная пила снабжена лезвиями со слегка разведенными зубьями. 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 ленты лезвия может быть от 3 до 13 мм. Количество зубьев должно быть 3 – 8 на каждый сантиметр длины ленты. Скорость резания может варьироваться от 1000 до 3000 м/мин. Чем ниже скорость резки, тем большее количество зубьев должно быть. Во время резки должны быть приняты меры по устранению вибрации и колебаний листов.

Таблица 2. Характеристики лезвий из твердого сплава

Угол наклона поверхности α	затылочное	30° – 40°
Угол внутренней выточки γ		0° - 8°
Скорость резания		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. При обработке обрезных кромок литевых изделий горизонтальной ленточной пилой наибольший эффект достигается при использовании пилы, ширина полотна которой составляет более 13 мм. При этом необходимо убедиться, что обрабатываемое отформованное изделие надежно закреплено в шаблоне, чтобы исключить возможность раскалывания.

Остроконечная пила

Для дополнительной обработки пластмасс и вырезания выемок и пазов хорошо себя зарекомендовала остроконечная пила. Кромки разреза получаются все же относительно грубыми и нуждаются в дополнительной обработке. Рекомендуется высокая скорость резания и средняя скорость подачи.

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. Стружка, появляющаяся во время распиливания, должна сдуваться с помощью сжатого воздуха. Низкая скорость подачи лобзика и скорость резки ниже 1 500 м/мин предотвращают перегрев материала. Особенно подходящими являются инструменты, которые двигаются не только вверх вниз, но также и в горизонтальном направлении.

Лобзики особенно пригодны для вырезания паза в форме ласточкиного хвоста и вырезания гнезд. Однако получается очень грубая обрезная кромка, которую обязательно нужно сглаживать. Полотна лобзиков или ножовок должны иметь тонкие зубья с небольшим разводом. На упаковке с полотнами для пилы должна быть маркировка (наклейка), указывающая на возможность их использования для обработки твердых пластмасс.

Необходимо соблюдать следующие рекомендации при работе с лобзиками:

- установите регулятор хода маятника в положение «ноль» для разрезания листовых материалов толщиной до 4 мм и в положение «1» или «2» при разрезании более толстых листовых материалов;
- выберите среднюю скорость подачи;
- установите пилу на высокую скорость реза;
- всегда включаете пилу до начала резания;
- плотно прижимайте основание пилы к защитной пленке;

• охлаждайте листовые материалы Novattro толщиной 3 мм и более водой или сжатым воздухом.

Когда делаются пазы, предварительно в углах должны быть просверлены отверстия для устранения влияния надрезов и возможного разламывания (разрушения) обрабатываемой детали.

Ручные пилы

Для ручных поделок и художественных изделий листовые материалы Novattro можно разрезать ручными пилами с тонкими зубьями: ножовками (пилами для вырезания пазов и шипорезными пилами), и выкружными лучковыми пилами. Если инструмент выбран правильно, то можно получить хорошие результаты.

Вырубная штамповка и резка гильотинными ножницами

До обработки вырубной штамповкой или резки гильотинными ножницами листовые материалы Novattro должны быть нагреты до температуры 100–140°C. Режущие инструменты должны иметь температуру 120–130°C. Рекомендуемая толщина листового материала – 4 мм. Стальные штампы позволяют получать торцы прямоугольной формы, если края инструмента имеют угол 20°.

Во время вырубки и порезки нагретого материала необходимо учитывать эффект расширения и сжатия.

Нанесение бороздок и полумка

На листы Novattro толщиной до 3 мм могут быть нанесены бороздки с помощью резца вдоль линейки или изогнутого шаблона с не слишком малым радиусом, а затем по месту бороздок листы могут быть аккуратно сломаны. Этот способ популярен среди сторонников метода «сделай сам», а также среди строителей, если другие инструменты недоступны. В отличие от распилки и фрезерования, поверхности разлома содержат незначительное присущее ему напряжение и потому не нуждаются в отжиге. С кромки нужно снять заусенцы с помощью шабера.

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.

Обычно листовые материалы Novattro можно легко резать CO₂-лазером. Получается гладкая обрезная кромка, качество которой может изменяться в зависимости от вида материала, его толщины и цвета. Необходимо провести предварительное тестирование и настроить лазер соответствующим образом.

CO₂-лазеры обычно имеют мощность 250–1000 Вт. В зависимости от мощности лазера скорость подачи листового материала должна быть отрегулирована в соответствии с толщиной материала, чтобы получить блестящие обрезные кромки: чем тоньше листового материала, тем выше скорость резания. Толстые листовые материалы необходимо резать с низкой скоростью. Если скорость подачи слишком мала, то получаются матовые обрезные кромки. Если скорость подачи слишком большая, то могут образоваться полоски и канавки. Такие дефекты могут быть

также результатом неточной фокусировки лазерного луча. Обрезные кромки толстых листовых материалов могут быть слегка скошенными. Лазерный луч должен быть фокусирован на центр толщины листа. Если он падает выше или ниже этой точки, то обрезные кромки будут иметь V-образную форму или, в случае очень толстых листовых материалов, вогнутую форму. Для получения обрезных кромок, форма которых максимально приближена к прямоугольной, рекомендуется устанавливать следующие фокусные расстояния:

- толщина листа до 6 мм: линзы 2½"
- толщина листа 6–15 мм: линзы 5"
- толщина листа более 15 мм: линзы 10"

Если фокусное расстояние составляет от 5" до 10", то лазерная оптика не будет влиять на внешний вид обрезной кромки, несмотря на то, что она влияет на угловатость (угловые размеры) резки, наряду с фокальным положением и толщиной листового материала.

Для предотвращения оседания испаряющегося газа на линзы, достаточно подавать минимальное количество сжатого воздуха (использовать масляный и водяной сепаратор) к лазерной головке. Кроме того, необходимо удалять образующиеся пары в месте выхода пучка, например, отсасыванием или продуванием воздухом.

Лазерный луч с контролируемой скоростью или мощностью позволит улучшить качество резки, например, в углах, при получении угловых вырезов, острых концов и др.

С помощью лазерного луча, управляемого компьютером, можно вырезать изделия самых сложных форм. Соответствующие системы могут резать трехмерные изделия, полученные термоформованием.

Напряжения, которые возникают в непосредственной близости к обрезным кромкам, устраняются последующим отжигом, чтобы избежать.

Резка с помощью водяной струи/Гидромеханическое резание

Резка пластмассовых листовых материалов водяной струей похожа на резку лазерным лучом. Резка водой не даёт такие высокие скорости и не позволяет получать блестящие обрезные кромки.

Чтобы добиться более хороших результатов, есть два способа:

- резать струёй чистой воды
- резать струёй воды, содержащей абразив.

Срез выглядит как после пескоструйной обработки. Скорость подачи зависит от толщины листового материала, желаемого качества обрезной кромки, и зернистости абразива.

2. Сверление

Для акрилового стекла можно применять спиральное сверло с двойным углом в плане (при вершине) 60° - 90° (в отличие от обычного 120°). Передний угол γ должен затачиваться в пределах от 4° до 0°. Только в этом случае сверло даст необходимый результат, и можно будет избежать выламываний около отверстий при выходе сверла из листа. Задний угол α должен быть величиной минимально 3°. Если диаметр сверла превышает 8 мм, поперечная кромка должна быть заточена таким образом, чтобы уменьшить давление в начале сверления. Во избежание появления всякого рода зазубрин, отверстия для сверления должны быть слегка зенкованы.

Таблица 3. Рекомендуемые параметры сверления

Характеристики	АКРИЛОВОЕ СТЕКЛО
Задний угол α	3° – 8°
Передний угол γ	0° – 4°
Угол заточки	12° – 16°
Скорость	10 – 60 м/мин.
Подача	0,1 – 0,5 мм/об.

Чтобы получить гладкую поверхность края отверстия, необходима оптимальная комбинация скорости резания и подачи. В этом случае образуется равномерная сплошная стружка. При слишком высокой скорости вращения и/или слишком быстрой подаче образуется нерегулярная стружка, и отверстие не будет чистым. При низкой скорости вращения и/или медленной подаче наступает перегрев, влекущий за собой разрушение материала и плавление стружки.

Охлаждение при сверлении особенно важно. При толщине материала от 5 мм необходимо пользоваться сверлильной или совместимой с акриловым стеклом смазочно-охлаждающей эмульсией. При сверлении глубоких отверстий рекомендуется использовать исключительно эмульсию для сверления.

Тонкие листовые материалы должны быть закреплены на подложке для сверления, чтобы предотвратить образование сколов на нижней части отверстия. Сверло должно вводиться медленно и осторожно. После входа в материал скорость подачи может быть постепенно увеличена и незадолго до пробивания нижнего края снова уменьшена.

Когда необходимо просверлить толстый материал, высверлить глубокое отверстие или несквозное отверстие вручную, инструмент следует несколько раз вынимать, чтобы избежать перегрева материала. Отверстия в обрабатываемых деталях изогнутой формы или длинных деталях лучше всего высверливать на токарном станке.

Специальные сверла и зенкерный инструмент

Для работы с обрабатываемыми или встроенными деталями с помощью ручной дрели можно применить специальное сверло. Такие инструменты разработаны, чтобы не допустить вибрации или раскалывания материала. Обычно используют специальные сверла или сверла-зенкеры:

- **Ступенчатое сверло**

Это врезное сверло гарантирует чистое и гладкое цилиндрическое отверстие. Каждой последующей сверлильной ступенью отверстие расширяется.

- **Коническое сверло**

Высверленные отверстия имеют коническую форму. На выходе из отверстия не образуются сколы. Имеет три режущие кромки.

- **Зенкерный инструмент**

Имеет одну грань. Особенно подходит для зачистки имеющихся отверстий, обеспечивая качественный отвод стружки с помощью наклонного отверстия. При этом отсутствуют следы вибрации.

- **Фрезерное сверло**

Им можно получить простые глубокие продольные отверстия.

- **Комбинированное сверло-зенкер**

Этот многофункциональный зенкерный инструмент рекомендуется для зачистки, расточки и цилиндрического зенкования.

При применении любых специальных сверл следует обращать внимание на безупречное качество их острия. Во всех случаях (кроме фрезерного сверла) используются более низкие скорости вращения, чем при использовании спиральных сверл. В случае применения фрезерного сверла, напротив, скорости вращения часто превышают 10 000 об./мин.

Вырезание круглого отверстия

Отверстия больших диаметров в листовых материалах Novattro могут быть получены с использованием следующих инструментов:

- резчик отверстия
- коронка
- фрезерная машина или аналогичная машина с вращающимся зажимным устройством в виде стола

Для вырезания отверстий скорость резания должна устанавливаться по обстоятельствам. Используются промышленные инструменты для металла. При обработке режущим инструментом или коронкой рекомендуется пользоваться водяным охлаждением.

Резчик отверстий, используемый для обработки, должен иметь передний угол реза 0° . Как и при сверлении, тонкие листовые материалы следует закреплять на твердой подложке для вырезания отверстий, чтобы избежать сколов нижней кромки. Для отверстий диаметром до 60 мм используйте **коронку**, обладающую тем преимуществом по сравнению с резчиком отверстий, что она совместима с ручной дрелью. Центральное сверло обычно используется для предварительного просверливания центра отверстия с целью стабилизации.

Фреза должна вращаться с высокой скоростью (10 000 об/мин и более). В плоском материале отверстия большого диаметра можно получить фрезерованием, используя машины с вращающимися рабочими столами. Листовой материал или прикрепляется к столу механически, или присасывается к нему вакуумом. В обоих случаях он должен быть прочно закреплен, чтобы избежать дрожания или вибрирования материала.

Нарезание резьбы

Для всех видов пластиков при нарезании резьбы существует опасность разлома вследствие наличия надреза. Поэтому этот способ закрепления должен выбираться только в случае, когда другой альтернативы нет.

Для нарезки внутренней и внешней резьбы для всех материалов подойдут метчик и плашка. Из-за чувствительности материалов к надрезу, резьбы не должны быть с острыми краями. Для акрилового стекла должны применяться совместимые с материалом эмульсии и масло для смазки и охлаждения режущего инструмента. При последующем привинчивании следует обращать внимание на то, чтобы винты не имели масляной пленки.

Отверстия должны быть незначительно больше, чем для стали. Диаметр отверстия, в котором будет нарезаться резьба, должен быть примерно на 0,1 мм больше диаметра отверстия, которое обычно делается в изделии из стали. Чтобы свести износ резьбы к минимуму во время ремонтных работ или для повышения стабильности детали оборудования, следует укрепить внутреннюю резьбу, используя вставки из металла, которые можно вставить разными способами.

Фрезерование

С помощью фрезерного оборудования можно обработать края распила, сделать закругления, создать криволинейные контуры и снять кромку с формованной детали. Кроме того,

фрезерованием можно удалить фланцы. При фрезеровании в противоположность пилению нет опасности выламывания нижнего края разреза, что уменьшает затраты на дополнительную обработку.

Для акрилового стекла можно применять стандартные фрезерные станки по возможности с наиболее высокой скоростью резания (таблица 4). В качестве инструментов обычно применяются многолезвийные цилиндрические фрезы и крупнозубые двухлезвийные или даже врезные концевые фрезы, качественно удаляющие стружку.

Таблица 4. Рекомендуемые параметры фрезерования

Характеристики	АКРИЛОВОЕ СТЕКЛО
Задний угол α	2° - 10°
Передний угол γ	0° - 5°
Скорость	1000 – 2000 м/мин.
Подача	до 0,5 мм/об

В обычном случае при фрезеровании акриловое стекло не нужно охлаждать. При применении многолезвийного инструмента большого диаметра охлаждение полезно, а при применении цилиндрических фрез – необходимо. Можно применять совместимые с акриловым стеклом эмульсии или масла для смазки и охлаждения режущего инструмента.

Во многих производственных методиках края листов должны быть закруглены или скошены, например, для склейки полимеризационным клеем. Часто это можно сделать эффективнее с помощью фрезы, чем с помощью дисковой пилы. После склеивания или формования часто необходимо довести размер образовавшихся наплывов и кромки до нужной ширины или устранить их. И снова наиболее подходящим инструментом являются фрезы в сочетании с промежуточными роликами (например, подшипниками), вдоль которых можно направлять заготовку.

Фрезерование инструментами с алмазным покрытием рекомендуется применять в случае, когда требуется получить полированную глянцевую поверхность.

Фрезерование по шаблону

Для закругления углов и вырезания кругов, букв и различных контуров используют верхние фрезеровщики или обратные фрезеровщики. В случае верхнего фрезеровщика шаблон помещают под заготовку, фиксирующие устройства (ограничитель, отверстие для вакуума и др.) также располагаются под заготовкой. Шаблон либо перемещается вдоль стержня, либо монтируется на штифте.

Гравирование

Промышленные или художественные гравировальные работы выполняются с помощью гравировальных фрез, верхними или обратными фрезами с однокромочными фрезами, которые управляются электронным образом или направляются вручную вдоль шаблона.

Для художественных гравировальных работ используются фрезеровальные или абразивные инструменты с электрическим или пневматическим приводом, а также высокоскоростные электрические алмазные гравировщики.

3. Токарная обработка

Акриловое стекло можно обрабатывать на токарном станке подобно твердому дереву. Применяются также обыкновенные металлообрабатывающие токарные станки. Скорости обработки также должны быть высоки. Как ориентировочное значение действует следующее: скорость резания в десять раз выше, чем для стали. Для безупречного результата заточка резца имеет решающее значение. Особое внимание должно быть уделено переднему углу γ (таблица 5). Подобно тому, как при соблюдении условий сверления образуется непрерывная стружка, в процессе токарной обработки это также является определяющим фактором качества осуществляемого процесса. На это оказывают влияние скорость подачи, обработки и заточка инструмента.

Таблица 5. Рекомендуемые параметры токарной обработки

Характеристики	АКРИЛОВОЕ СТЕКЛО
Задний угол α	5° - 10°
Передний угол γ	0° - (-4)°
Угол установки (угол режущей инструмента в плане)	15° - 45°
Скорость	200 – 300 м/мин.
Подача	0,1 – 0,5 мм/об.
Глубина резания	до 6 мм

Резцы должны быть с радиусом вершины не менее 0,5 мм. При еще больших радиусах вершины, т. е. при круглозаточенных резцах, одновременно с этим высокой скорости обработки, незначительной подаче и минимальной глубине резки обработанная начисто поверхность может без промежуточного шлифования сразу подвергаться полировке. Для охлаждения в данном случае также может применяться совместимая с акриловым стеклом эмульсия.

Токарные резцы с поверхностью из твердого сплава хорошо подходят для грубой черновой обработки, глубина резания не должна превышать 6 мм. Для последующей чистовой обработки обычно используются инструменты из быстрорежущей стали. Тем не менее, качество поверхности обрабатываемого изделия зависит не только от инструмента, но и от скорости резки и скорости подачи.

Высокоглянцевые поверхности высокого качества получаются при использовании хорошо отполированных алмазных инструментов на высокоточных токарных станках без вибрации. Скорость резки при этом может быть выше, чем при использовании других токарных инструментов. Для точных работ охлаждение не рекомендуется, поскольку это может привести к появлению оптических дефектов.

4. Опиливание, удаление заусенцев, строгание

Материалы Novattro можно обрабатывать всеми традиционными типами напильников и негрубыми рашпилями. Выбор инструмента зависит от вида работы, которую необходимо выполнить, например, грубая или тонкая обработка.

Для удаления заусенцев с распиленных изделий, изделий, обработанных фрезерованием или на токарном станке, обычно используют треугольные и обычные шаберы, особенно, если нужно работать с тонким материалом.

Изделия из акрилового стекла Novattro можно также обрабатывать на продольно-строгальном станке, который используется для обработки дерева.

5. Шлифование

С помощью шлифования и последующей полировки можно из шершавых и матовых кромок разреза получить высокоглянцевую прозрачную поверхность.

Шлифование может осуществляться как вручную стандартной шлифовальной бумагой, так и машинным способом. Для машинного способа подходят вращающийся тарельчатый шлифовальный круг, качающийся шлифовальный или ленточно-шлифовальный станки. Сильного и длительного надавливания при шлифовании следует избегать, т. к. возникающее от трения тепло вызывает напряжения и повреждения поверхности. По этой же причине шлифование всегда должно осуществляться влажным способом.

В зависимости от глубины следов обработки или царапин на поверхности детали выбирается степень грануляции шлифовального средства. Чем глубже след обработки, тем грубее грануляция. Шлифование всегда должно осуществляться в несколько этапов со все более тонкой грануляцией.

12

Рекомендуется способ в три ступени:

- Грубо – грануляция 60
- Средне – грануляция 220
- Тонко – грануляция 400 – 600

При этом следует следить за тем, чтобы на каждой стадии были полностью удалены остатки предыдущей шлифовки. Когда на завершающем этапе будут устранены все следы предшествующих, можно приступить к полированию.

Шлифовать изделия можно вручную, используя наждачную бумагу или шлифовальные блоки. В обоих случаях абразивный материал следует водить по поверхности изделия, совершая круговые движения.

Влажная обработка с помощью мелкой стальной ваты рекомендуется для шлифовки деталей вращения или неровных поверхностей. Образование при **шлифовании** (до полирования) грубой поверхности или **матирование** изделия при пескоструйной обработке приводит к тому, что на поверхности легче собирается грязь, а также остаются отпечатки пальцев.

6. Полирование

Полирование – последняя стадия обработки для получения высокоглянцевой прозрачной поверхности. Кромки разреза отполировать легко, но полирования больших поверхностей следует избегать, т. к. идеально выполнить эту операцию очень трудно, и чаще всего следы окончательной обработки остаются заметными. Обычно для полирования применяются мази и пасты. После обработки следы полировальных средств необходимо тщательно удалить, споласкивая водой.

Машинное полирование осуществляется тремя методами:

- с помощью ленты, тканевого круга или сукна (первый способ)
- пламенем (второй способ)
- алмазосодержащими средствами (третий способ)

Первый способ

Поскольку войлок, тканевый круг и замша являются очень мягкими материалами, полируемые поверхности должны быть заранее обработаны начисто. В противном случае после полирования поверхность хоть и станет блестящей, все же оставшиеся царапины и внешние повреждения останутся заметными. При обработке краев подготовка к полированию производится циклей. Следует избегать обусловленного трением перегрева поверхности, провоцирующего термические повреждения.

Края и детали малого размера полируются преимущественно с помощью войлочных лент. Их легко закреплять и перемещать. Заготовка должна быть в постоянном вращении, чтобы неровности войлочных лент или тканевого круга не приводили к браку. Оптимальная скорость движения войлочной ленты – около 20 м/сек.

Тканевые круги наилучшим образом подходят для полирования больших криволинейных поверхностей. Подобные круги представляют собой пакеты материала (фланели, например), в которых слои ткани расположены как можно менее плотно, чтобы создать возможность отвода тепла трения с помощью вентиляции. Скорость перемещения по наружному диаметру полировального круга должна быть между 20 и 40 м/сек. Если достигнутый машинной обработкой глянец недостаточен, можно дополнительно дополировать поверхность вручную мягкой, не оставляющей ворса тканью или ватой с применением полировальной эмульсии.

Второй способ

При полировании акрилового стекла пламенем сварочной горелки, например, несмотря на то, что чистовая обработка не осуществляется, края тем не менее должны быть освобождены от остатков предыдущих обработок и прилипшей стружки. Поскольку следы предшествующих фрезерования или пиления после огневой обработки еще видны, этот экономически выгодный способ годится только в тех случаях, когда к полируемой поверхности не предъявляются высокие требования. Полирование пламенем толстых деталей может вызвать высокие поверхностные напряжения. Неаккуратная работа может привести к попаданию пламени на поверхность заготовки за кромкой разреза и к связанным с этим термически обусловленным напряжениям в материале. При дальнейшей обработке или при последующем применении они могут вызвать образование трещин, если материал окажется в контакте с растворителями или чистящими средствами.

Существуют полуавтоматические огневые полировщики, работающие на смеси ацетилена и кислорода, предназначенные для прямой кромки плоских листов различной длины. Получаемые этим методом результаты лучше, чем при работе со смесью ацетилен – сжатый воздух.

Распылитель и его наконечник должны быть подстроены к выполнению этой операции при проведении предварительных испытаний.

Для ручной полировки пламенем изогнутых кромок обработанного изделия или внутри высверленного отверстия можно использовать, например, настольное устройство, в котором пламя образуется при горении смеси водорода и кислорода.

Третий способ полирования

Алмазное полирование подходит для осуществления серийных работ. При использовании этого метода нет необходимости в предшествующей чистовой обработке. Резание и полирование осуществляются в ходе одной операции. Для данного способа используются высококачественные прецизионные инструменты и оборудование. Это могут быть фрезерные ножевые головки с минимум двумя алмазами в режущем инструменте либо оснащенные алмазным режущим элементом резцы. Следует обращать внимание на качественное удаление стружки. Оборудование должно работать без вибраций во избежание появления дефектов на поверхности детали. При полировании алмазом возникают острые края, которые целесообразно снять циклей.

7. Склеивание

Склеивание - это наиболее часто 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 получаются конструктивные детали, которые проявляют себя как цельные.

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.

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.

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.

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.

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.

Клеящая способность

Хороших результатов при склеивании акрилового стекла Novattro 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.

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.

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 внахлёстку 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 предназначен 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.

Технологии склеивания

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

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/см². 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.

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.

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.

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.

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.

17

8. 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 Novattro.

Тщательный подбор температуры нагревания, давления и времени нагревания представляется необходимым для того, чтобы достичь оптимальных условий сварки. 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

После процесса сварки акрилового стекла требуется отжиг.

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

Способы сварки

Сварка заключается в соединении двух соприкасающихся частей и создании вместе соединения значительного размягчения. Сварка акрилового стекла Novattro может осуществляться многочисленными методами (тепловая газовая сварка, метод индукции, излучение, ультразвуковая сварка, частотная, с применением нагревающих элементов, вибрации, трения).

Рекомендации по термоформованию акрилового стекла

Процесс термоформования осуществляется в три этапа: нагрев, формование, охлаждение. При нагреве до определенной температуры (130 – 160° С) материал размягчается и становится резиноподобным. Температура необходимого нагрева зависит от типа акрилового стекла. Затем с помощью соответствующих приспособлений листовому материалу может быть придана различная форма, а после охлаждения он снова приобретает первоначальную жесткость, сохранив при этом заданную при обработке новую форму.

Защитную полиэтиленовую пленку перед нагревом и термоформованием необходимо удалить, в противном случае ее удаление после нагрева/формования будет существенно затруднено. Еще одной опасностью является то, что разрывы и отслоение защитной пленки могут быть воспроизведены на поверхности сформованной детали.

Предварительная горячая сушка экструзионного акрилового стекла.

Экструзионное акриловое стекло во всех случаях без исключения необходимо подвергать горячей сушке для удаления влаги. Это обусловлено свойством материала впитывать влагу из окружающей среды. Сушка осуществляется в конвекционной камере (с принудительной циркуляцией воздуха) при температуре 75 – 80 °С. Продолжительность процесса составляет 1 – 2 часа на миллиметр толщины листа.

Этап 1: Нагревание

Нагрев в конвекционной камере

Это единственно приемлемый способ нагрева деталей, которые должны обладать высочайшими оптическими качествами или имеют толщину более 5 мм. При работе с экструзионными листами акрилового стекла следует избегать их длительной выдержки при высокой температуре.

Нагрев с помощью инфракрасного излучения

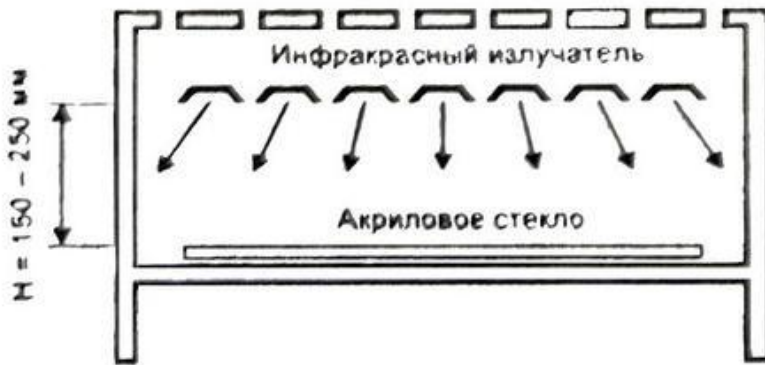
Такой способ нагрева имеет следующие преимущества:

- низкое термическое сопротивление и, благодаря этому, быстрое достижение рабочих параметров;
- высокая производительность при нагреве (в среднем 1 мин. на 1 мм толщины) листов толщиной до 5 мм;
- программируемое управление процессом с помощью подвижной пластины;
- умеренные затраты на монтаж нагревательных установок для небольших и средних по размеру поверхностей.

Недостатки способа:

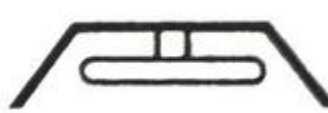
- трудно контролировать температуру;
- нагрев только одного листа (в случае простого, не секционного оборудования);
- листы толщиной 5 мм и более необходимо нагревать в два этапа с переворачиванием листа (или использовать нагрев одновременно с двух сторон)

Инфракрасная нагревательная печь



Керамический излучатель

Инфракрасный излучатель



Продолжительность нагрева

Продолжительность и температура нагрева различаются в зависимости от типа используемого акрилового стекла (литого GS или экструзионного EX) и способа нагрева.

Ориентировочные условия нагрева листов

	GS(литое)	EX(экструзионное)
Температура нагрева		
Минимальная температура (°C)	130	140
Максимальная температура (°C)	200	190
Рекомендуемая температура (°C)	165-190	160-175
Продолжительность нагрева		
Конвекционная печь (мин./мм)	3-4	2,5-3
Одностороннее инфракрасное облучение (сек./мм) при интенсивности 2,2 Вт/см ²	42-52	38-45
Двустороннее инфракрасное облучение (сек./мм) при интенсивности 3,5 Вт/см ²	24-32	22-27

Различия в поведении при нагреве

При первом нагреве листов из акрилового стекла происходит их усадка, которую необходимо учитывать при выборе размера заготовки, особенно если изготавливаемая деталь должна иметь точные размеры. Усадка экструзионного стекла в зависимости от толщины листа может составлять 6 % в направлении экструзии и 1 % в перпендикулярном направлении.

Экструзионное акриловое стекло требует крайне равномерного нагрева. Разница температуры в разных точках более 5° может вызвать порождение значительных внутренних напряжений. В том случае, когда лист не закреплен, на этой стадии нагрева различия в усадке в продольном и поперечном направлениях приводят к возникновению деформаций.

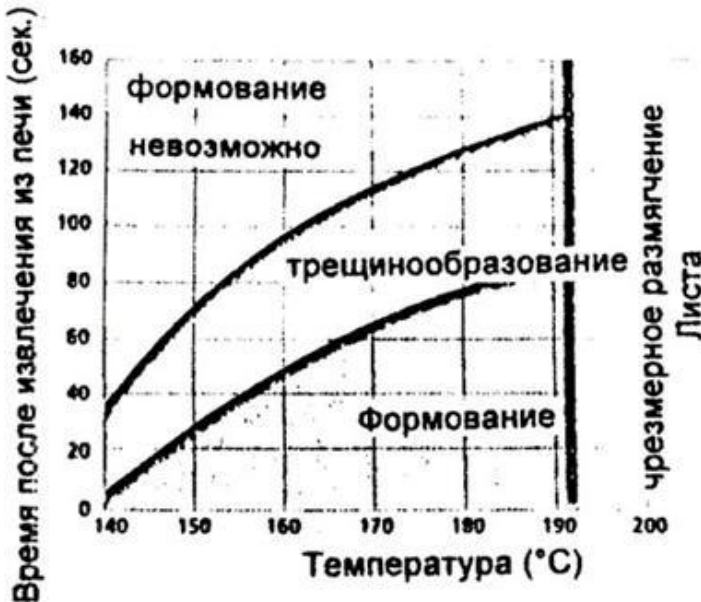
В нагревательной печи горизонтального расположения экструзионное стекло легко приклеивается к металлическим поверхностям, поэтому опорные поверхности следует защищать тефлоновыми или силиконовыми покрытиями, которые наносятся на специализированных предприятиях.

Произведенные методом экструзии листы склонны к провисанию, вытяжке в осевом направлении, а в некоторых случаях – к разрушению. Поэтому листы EX не рекомендуется нагревать в печах вертикального расположения.

Этап 2: Формование

Продолжительность формования

Продолжительность формования различна и зависит от природы материала, условий нагрева и сложности формуемой детали. Решающее значение для высокого качества готового изделия имеет промежуток времени между извлечением горячего листа из нагревательной печи и окончанием процесса формования. На приведенных ниже диаграммах указана максимальная продолжительность формования акриловых листов в зависимости от температуры. На этих



диаграммах указаны также зоны, в которых формование материала опасно или вообще невозможно. При формовании в этих условиях в материале, в местах максимальных напряжений, возникающих в результате неподходящих условий нагрева, образуются микротрещины. Для доказательства этого в лабораторных условиях образцы, вырезанные из подвергшихся наибольшему растяжению зон, погружают на 15 мин. в 95%-ный этанол. В том случае, если в материале имеются аномальные внутренние напряжения, образцы разрушаются.

Зоны формования экструзионного стекла толщиной 3 мм

К экструзионному стеклу достаточно приложить небольшое усилие для достижения значительной деформации. Поэтому его

целесообразно применять для изготовления изделий сложной формы, с острыми кромками или большим уклоном.

Формовочные инструменты

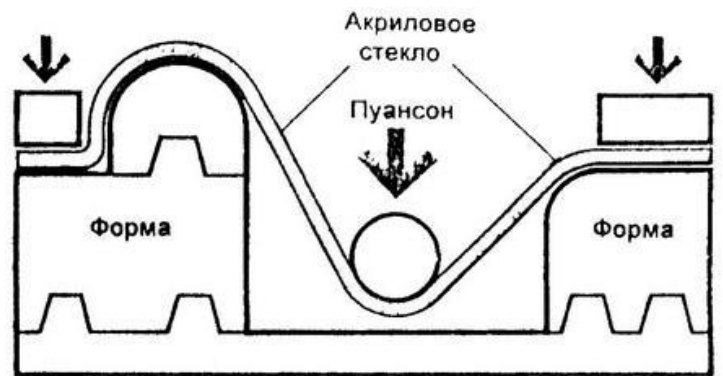
Используемые при термоформовании матрицы и фасонные пуансоны (если таковые необходимы для проведения процесса) могут быть изготовлены из самых разных материалов – дерева, гипса, алюминия, стали, полиэфирных, эпоксидных (армированных или наполненных) и многокомпонентных синтетических смол с алюминиевой или кварцевой добавками.

Для предупреждения возникновения внутренних напряжений в процессе термоформования рекомендуется матрицы и крепежные рамы нагревать примерно до 60 °С (при обработке стекла EX).

Простое формование поверхностей растяжения

Листы акрилового стекла в зависимости от степени их вытяжки следует вырезать с учетом ожидаемой усадки (для EX - до 6 % в осевом направлении, 1 % - в поперечном). Нагретый лист просто укладывается на форму и для предотвращения образования царапин удерживается на ней с помощью полос замши или искусственной кожи.

Охлаждение следует осуществлять постепенно, защищая материал от воздействия сквозняков и потоков воздуха другого происхождения.

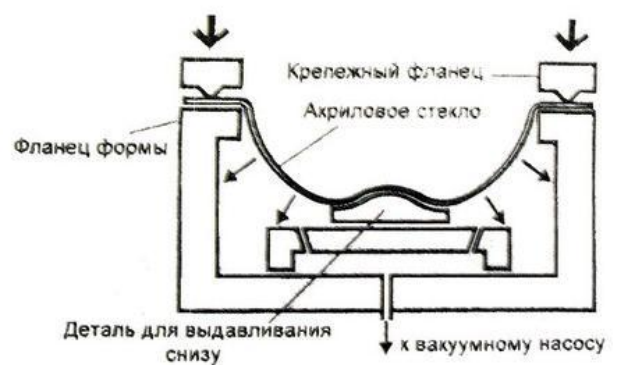
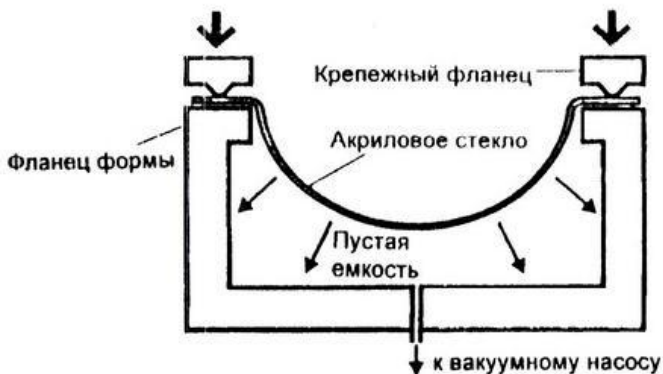


Термоформование поверхностей без растяжения

В случае изделий, по форме близких к сферическим (шаровые своды, детали овальной формы), можно использовать устройства, представляющие собой раму или диск с отверстием, которые закрепляются на вакуумируемой емкости. При этом выпуклая деталь никогда не контактирует со стенками вакуумформы, благодаря чему исключается опасность возникновения на поверхности изделия отпечатков формы. В комбинации с другими методами этот способ, как будет описано ниже, позволяет изготавливать детали со сложными контурами.

Схематическое изображение свободного втягивания

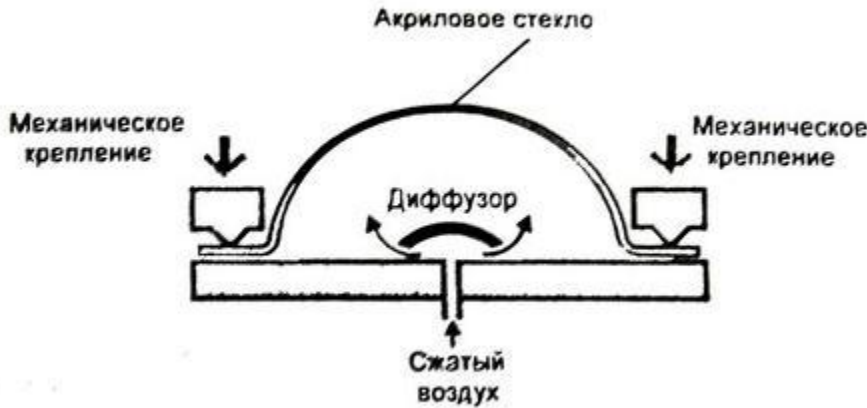
Свободное втягивание в емкость с выдавливанием снизу



Свободное раздувание

Для осуществления этого процесса используется чрезвычайно простое устройство, которое состоит из пластины с выпускным отверстием для подвода сжатого воздуха, защищенным диффузором, который препятствует непосредственному попаданию холодного воздуха на нагретый лист акрилового стекла. С помощью рамы или специальных зажимов формируемый лист прижимается к плите, благодаря чему обеспечивается воздухонепроницаемость устройства.

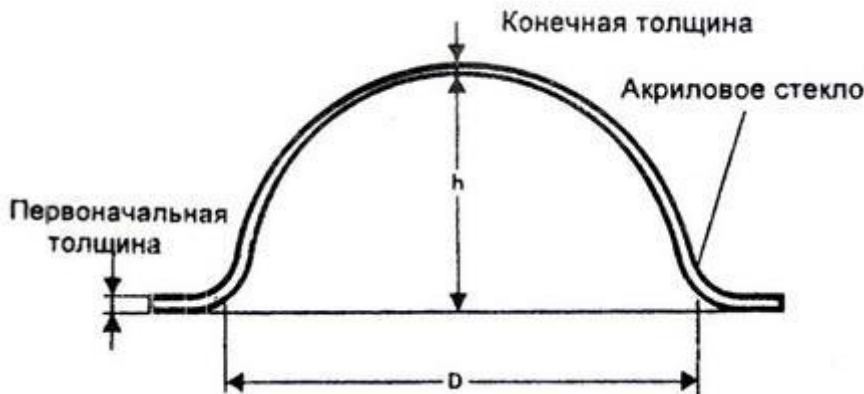
Устройство с диффузором для свободного раздувания



Определение толщины в зонах растяжения

На приведенном ниже рисунке показано схематическое изображение разреза. Вследствие растягивания материала толщина изготовленного купола в его вершине меньше толщины исходного листа.

Уменьшение толщины купола в его вершине после свободного раздувания



Толщина купола в его вершине тем меньше, чем больше растягивается лист исходного материала. Нижеприведенные кривые характеризуют взаимосвязь между уменьшением толщины и растяжением листов акрилового стекла. Уменьшение толщины

отложено на оси ординат в виде отношения «толщина готового изделия/толщина исходного материала». Степень деформации – на оси абсцисс в виде отношения «высота/диаметр». Приведенные кривые справедливы для куполов с прямоугольным основанием.

Растяжение акрилового стекла в процессе свободного втягивания или раздувания, характеризующееся зависимостью степени уменьшения толщины от степени деформации



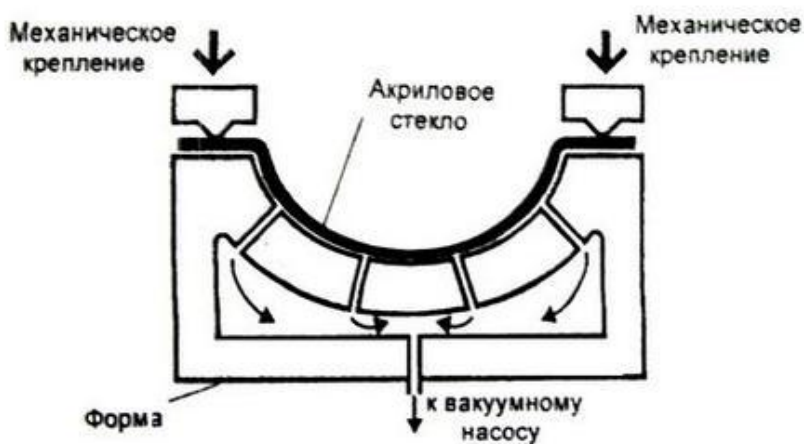
Пример

Купол высотой $h = 50$ см и диаметром $d = 125$ см изготавливается из акрилового стекла толщиной 4 мм.

Отношение $h/d = 50/125 = 0,40$. Из графика находят отношение «толщина готового изделия/толщина исходного материала», равное для экструзионного стекла 0,42. Отсюда толщина купола в его вершине равна $4 \times 0,42 = 1,7$ мм (для EX)

Втягивание в форму

Для изготовления деталей этим способом используют вогнутые полые формы, внешняя сторона которых соответствует форме изготавливаемой детали. После нагрева лист плотно закрепляют по краям этой формы с помощью соответствующей рамы и фланца. В форме создается вакуум, и в результате лист принимает ее форму.



Формование под давлением в полую форму

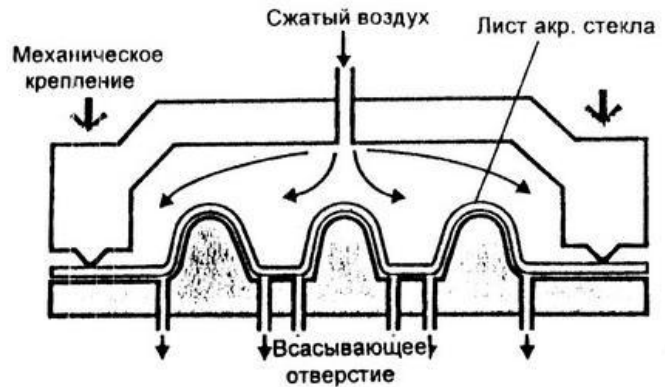
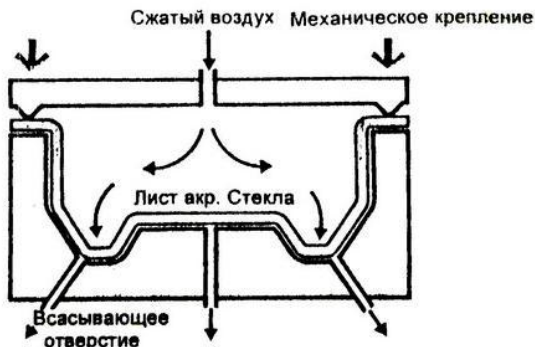
Этот метод несколько более сложный по сравнению с втягиванием, потому что в нем используется более высокое давление. В связи с этим следует применять формы из особо прочных материалов – металла, высокоплавких или эпоксидных смол.

Имеющиеся в нижних точках таких форм выпускные отверстия используются для отвода воздуха. Для обеспечения герметичности и для предупреждения сдвига лист акрилового стекла должен быть сильно прижат к форме. Легкая смазка формы, например, парафином или высококачественным маслом, позволяет добиться равномерного распределения листа в результате растяжения и облегчает извлечение готового изделия из формы. Опасность появления различного рода поверхностных дефектов на изделии гораздо больше со стороны листа, контактирующей с формой, чем с другой его стороны, контактирующей со сжатым воздухом. В зависимости от конкретных условий и требуемого внешнего вида изделия формование под давлением осуществляется в негативную или позитивную, полую или монолитную формы.

Выбор того или другого из указанных типов форм зависит от качества и внешнего вида деталей, которые хотят получить. Для формования простых изделий предпочтительно применять полую форму, а для формования букв или выпуклых элементов вывесок – монолитную форму.

Формование листов в полой форме
формы

Формование элементов с использованием монолитной
формы

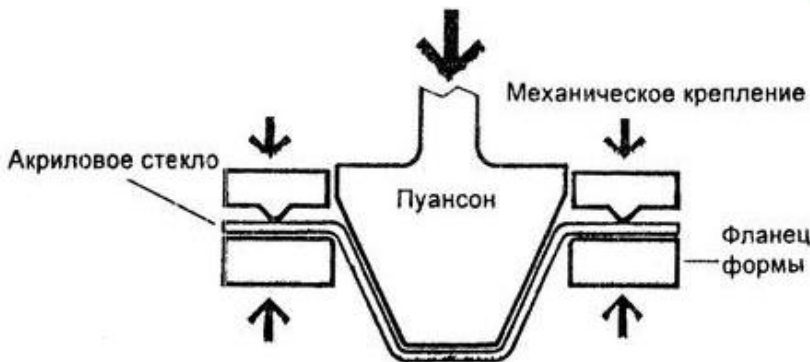


Формование с использованием механических приспособлений

Формование листовых материалов фасонным пуансоном

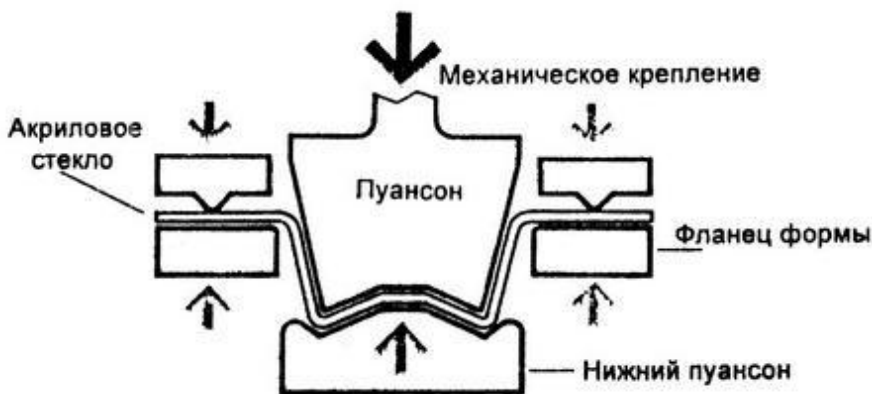
В этом методе фасонный пуансон, имеющий форму внутренней части изготавливаемого изделия, опускается на нагретый лист акрилового стекла, прикладывается небольшое давление и таким образом осуществляется формование.

Формование методом простой глубокой вытяжки



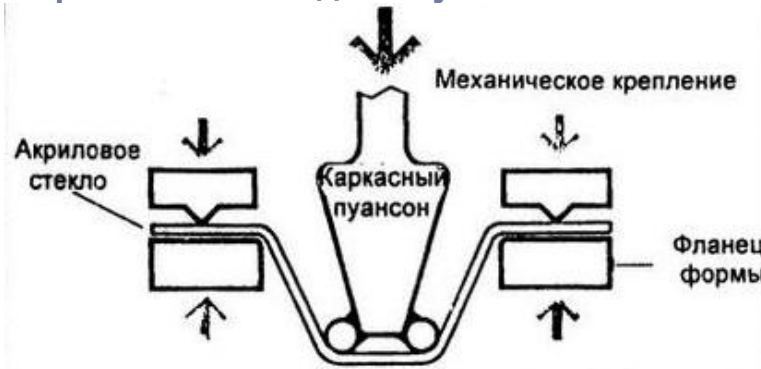
При необходимости для увеличения рельефности часть негативной формы может использоваться в качестве нижнего пуансона.

Формование методом глубокой вытяжки с использованием комбинации верхнего и нижнего пуансонов



Фасонный пуансон необязательно должен быть цельным и массивным. Для формования контуров изделия он может быть и полым. Формование остальной поверхности происходит за счет возникающего при охлаждении напряжения.

Формование методом глубокой вытяжки с помощью каркасного пуансона



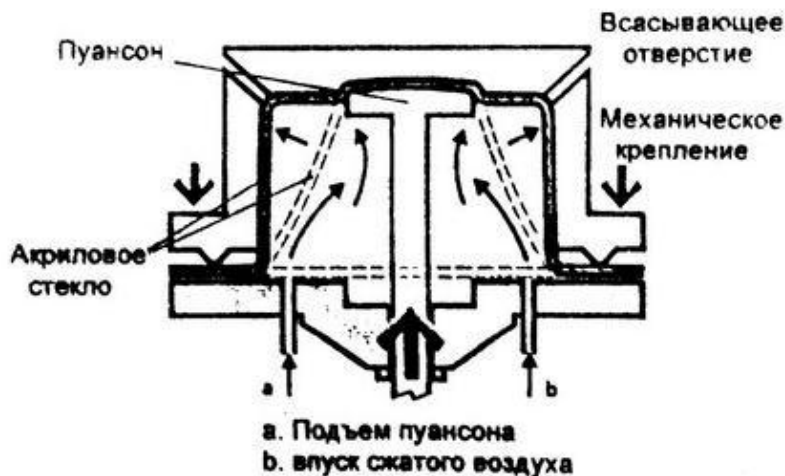
Формование с использованием полых и монолитных форм

Недостаток этого способа заключается в том, что на изготовленных этим методом изделиях следы могут оставаться на обеих сторонах готового изделия. В связи с этим метод применяется крайне редко.

Комбинированные методы формования

Вакуумное формование с предварительной вытяжкой пуансоном

В некоторых случаях, когда степень вытяжки материала должна быть значительной, применяется метод, описанный выше, в обратном направлении действий, т. е. вакуумное формование с предварительной глубокой вытяжкой пуансоном. В начале процесса эластичный лист вытягивается пуансоном, имеющим приблизительную форму будущего изделия, до дна формы. Затем осуществляется окончательное формование с помощью вакуума. Изделие принимает контуры негативной вакуумной формы, прижимаясь к ее стенкам. Этот метод имеет важное преимущество. До отвода воздуха материал уже в некоторой степени вытянут, что обеспечивает равномерность стенок изделия и исключает разрывы в момент вакуумформования.



Этап 3: Охлаждение

Сформованная деталь должна охлаждаться до стабильности формы в зафиксированном состоянии, охлаждение до комнатной температуры должно осуществляться равномерно, чтобы напряжения охлаждения были минимальными и деталь не деформировалась.

Продолжительность охлаждения в печи (в часах) равна толщине материала (в мм), деленной на 4. Скорость охлаждения не должна превышать 15 °С в час. Температура материала при излечении из печи не должна превышать 60 °С.

Отжиг – процесс нагревания и последующего медленного охлаждения пластмассовых изделий.

Пластмассы выдерживают значительные напряжения на растяжение, если на них одновременно не действует агрессивная среда.

В результате местного или полного нагревания и формования возникают внутренние напряжения, приводящие позднее к трещинообразованию и потере прочности. Растягивающее напряжение может возникать по следующим причинам:

- машинная обработка: пиление, фрезеровка, токарная обработка или шлифование;
- термоформование, особенно с образованием изогнутых контуров ;
- неравномерный нагрев;
- усадка клея;
- деформация в процессе соединения деталей (зажимание, сверление, винтовое соединение);
- усадка после локального перегрева, вызванного обработкой неправильно заточенным инструментом или полированием ;
- сопротивление термическому расширению;
- внутренние напряжения в изделиях из, особенно в трубах, обусловленные технологией производства;
- внешняя нагрузка.

В присутствии агрессивной среды, например, растворителей и разбавителей, используемых при склеивании, печати и окрашивании, мономерных испарений во время резки лазером или полирования пламенем, пластификаторов ПВХ, изоляционных материалов, герметики, пленок, агрессивных чистящих веществ, может произойти **растрескивание изделия. Следовательно, необходимо избегать одновременного присутствия растягивающего напряжения и агрессивной среды.**

Эти внутренние напряжения существенно сокращаются посредством тепловой обработки при 60 – 80 °С. Время отжига в зависимости от толщины стенок детали составляет 1 – 3 часа.