

# Технология обработки композита (АКП) и оборудование



Алюминиевые композитные панели в настоящий момент уже хорошо известны многим специалистам на строительном и рекламном рынках. Изготовители наружной рекламы и строители по достоинству оценили преимущества АКП – жесткость, технологичность в обработке, прекрасную погодоустойчивость и великолепный внешний вид. Такие панели все чаще применяются для облицовки фасадов зданий, изготовления рекламных конструкций и фактически стали традиционным материалом для наружного оформления АЗС.



- высокие прочностные характеристики позволяют изготавливать крупногабаритные кассеты, а с учетом пластичности материала – радиальные.
- композитные панели имеют малый вес в сравнении с другими материалами, применяемыми для облицовки фасада - 6-8 кг на кв. м.
- устойчивость к воздействию агрессивной внешней среды и УФ-излучению;
- высокая технологичность материала, легкость в обработке;
- термоустойчивость, диапазон применения от минус 50 С до плюс 80 С
- большой выбор цветовой гаммы и возможность применения какого-либо изображения.

Те, кто работает с композитными панелями несколько лет, уже выяснили для себя критерии выбора материалов и установили, что для обработки требуется профессиональный инструмент и определенные навыки работы. Но нередки случаи, когда после, казалось бы, несложной процедуры – фрезеровки паза – композитные панели дают трещину в алюминиевом слое на месте изгиба или преподносят сюрприз в виде выпуклой или вогнутой лицевой поверхности готовой кассеты. Выбор правильного материала и инструмента для фрезерования и выполнение простых рекомендаций позволят даже начинающим избежать ошибок.



*Узнать все подробно об инструменте и оборудовании для обработки АКП, приобрести и обучиться работе на нем можно* в компании «Рабочие Системы», которая также имеет прекрасную производственную базу, на которой предоставляет полный спектр услуг по производству фасадов и изделий из АКП.

## Этапы обработки, инструмент.

Сегодня оборудование для ручной обработки АКП – фрезеры, циркулярные пилы – предлагает множество компаний. Но европейские поставщики алюминиевых композитных материалов рекомендуют только те компании – производителей электроинструментов, которые обеспечивают комплексный подход к использованию их оборудования, снабжают потребителей дополнительными аксессуарами, технической и справочной литературой и обеспечивают постоянную техническую поддержку. Больше всего этим требованиям удовлетворяет немецкий производитель ручного инструмента марки **FESTOOL**, которой прекрасно зарекомендовал себя на рынке вентилируемых фасадов из АКП. Компания предлагает комплексный подход: все от распиловки до фрезеровки прямолинейных и криволинейных V-образных пазов различной формы. При отсутствии инструментов такого уровня монтаж алюминиевых композитных панелей становится, по меньшей мере, затруднительным.

## **Кассета**

При производстве рекламных вывесок или стоек технология изготовления в каждом случае индивидуальна. А вот при облицовке фасадов и создании фризов чаще всего требуется изготовить из композитной панели кассету.

*Технология изготовления изделий из композитных панелей включает следующие операции:*

- раскрой материала под необходимый размер,
- фрезеровка пазов,
- высечка углов и отверстий для подсистемы,

- сгибание бортиков кассет по линии фрезеровки,
- вальцовка и гибка по радиусу (при наличии в проекте радиусных форм),
- заклепочное соединение согнутых уголков- для прочности кассеты,
- монтаж кассет для облицовки фасадов и интерьеров, изготовления рекламных и выставочных конструкций (для последующего крепления кассет к металлическим профилям существует большое количество систем различных производителей) .

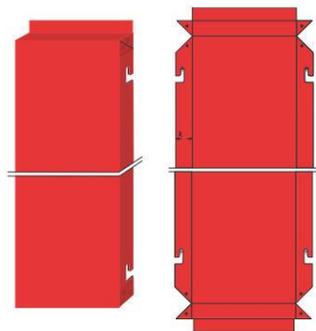


Рис. 1. Распространенный вид кассеты и раскрой заготовки



Рис. 2. Сложная гибка АКП

## 1. Раскрой материала

Для раскроя АКП рекомендуется ручная циркулярная пила, которую нужно передвигать вдоль разрезаемой панели по *шине-направляющей*. Циркулярная пила унифицирована по посадочному месту на шину-направляющую с дисковым фрезером, поэтому для обоих инструментов достаточно иметь одну шину.

**FESTOOL**



Панель при раскрое не должна вибрировать или двигаться, для чего ее необходимо прочно прижимать к рабочей поверхности или использовать зажимы (*струбцины*). Наиболее важное требование, которое следует соблюдать, – это перпендикулярность углов и прямолинейность реза. Технология раскроя более проста, чем фрезерование. При скорости вращения 5000 об./мин. обеспечивается максимальная скорость подачи (до 40 см/с). Минимальная глубина погружения дисковой пилы рассчитывается так: толщина материала + толщина шины (например, 5 мм) + запас 2–3 мм. Максимальная глубина пропила стандартно комплектуемой электропилы составляет 55–65 мм, поэтому можно производить раскрой нескольких композитных панелей одновременно. Одно условие желательно выполнять точно – запил должен производиться с лицевой стороны, а выход диска – с тыльной. Это обеспечит ровный лицевой край и частичную завальцовку кромок верхнего слоя алюминия, благодаря чему в дальнейшем не требуется дополнительная обработка края.

## 2. Фрезеровка пазов

1. Для фрезерования листа производитель немецких инструментов FESTOOL предлагает использовать специальный ручной инструмент — **дисковый фрезер PF 1200 E с V-образной фрезой**. На предварительно размеченный лист при помощи шаблона устанавливается шина-направляющая, которая фиксируется струбцинами, и на шину-направляющую устанавливается дисковый фрезер. Необходимо учитывать, что шина-направляющая должна быть длиннее заготовки на 150 мм с каждой стороны. **FESTOOL**



FESTOOL комплектуют свое оборудование двумя типами дисковых фрез для фрезеровки V-образного паза под 90° и 135°. Если при монтаже алюминиевых композитных панелей существует необходимость соединения двух различных листов или концов одного листа под прямым углом, то на фрезер необходимо установить фрезу 135°. Важным моментом в технологии изготовления объемной конструкции является то, что после фрезеровки всех намеченных пазов панель сгибается руками, поскольку не требуется применения особых усилий.

Также наиболее существенная деталь дискового фрезера – копировальный ролик, который контролирует глубину погружения фрезы. Толщина остаточного слоя полимера должна строго поддерживаться в пределах 0,3–0,4 мм по всей длине паза.

В зависимости от толщины материала и толщины алюминиевой прослойки на фрезер необходимо установить соответствующий копировальный ролик, регулирующий глубину фрезерования. Возможно использование соответствующего копировального ролика для наиболее распространенных марок композитных панелей типа : Dibond (с толщинами 2, 3, 4, 6 мм), Alucobond (с толщинами 4,6,8 мм)



Обязательным условием качественно отфрезерованного паза является использование **пылеудаляющего аппарата**, так как при его отсутствии намного повышается риск попадания опилок под копировальный ролик. При накатывании ролика на стружку он автоматически приподнимает фрезу, которая фрезерует материал в этом месте на недостаточную глубину. При попадании больших количеств стружки под копировальный ролик о качественном выполнении работы можно забыть, а все дефекты после сгиба проявятся на внешней стороне.

**FESTOOL**



Использование пилы и фрезера совместно с **многофункциональным столом MFT 3** значительно повышает производительность, точность и удобство работы. Для повышения производительности и качества работ вырезанный лист композита выставляют под упоры, закрепленные на столе.

2. Необходимо отметить, что фрезерование паза можно производить и **пальчиковым (вертикальным) фрезером**, например **FESTOOL OF 1010** с пальцевой фрезой специальной формы.



**FESTOOL**

Эта технология является более дешевой, и ее можно рекомендовать, если речь идет о совсем небольших объемах работ, поскольку значительно снижается производительность и существует опасность изменения глубины фрезерования на длинных участках. Данный фрезер также устанавливается на шину-направляющую, как дисковый фрезер и циркулярная пила. В этом проявляется системный подход концерна FESTOOL к своей продукции в целом и к каждому инструменту в отдельности.

**Пальчиковый фрезер** комплектуется фрезами, позволяющими фрезеровать пазы для сгибания композитного материала под различными углами. Дисковые фрезеры обычно комплектуются дисковой фрезой с углом 90–110°, что позволяет сгибать листовую материал под углом 90°. Необходимо обратить внимание на то, что пятка или нижнее основание зубьев дисковой или пальцевой фрезы должны быть не менее 3 мм. Это определит размер основания паза, от которого зависит многое. Во-первых, размер основания паза задает радиус сгиба. Во-вторых, небольшой зазор, который остается между согнутыми частями (~1 мм), позволяет немного перегнуть лист для того, чтобы преодолеть некоторую упругость композитного материала и получить прямой

угол после такого изгиба (в результате остаточной деформации).

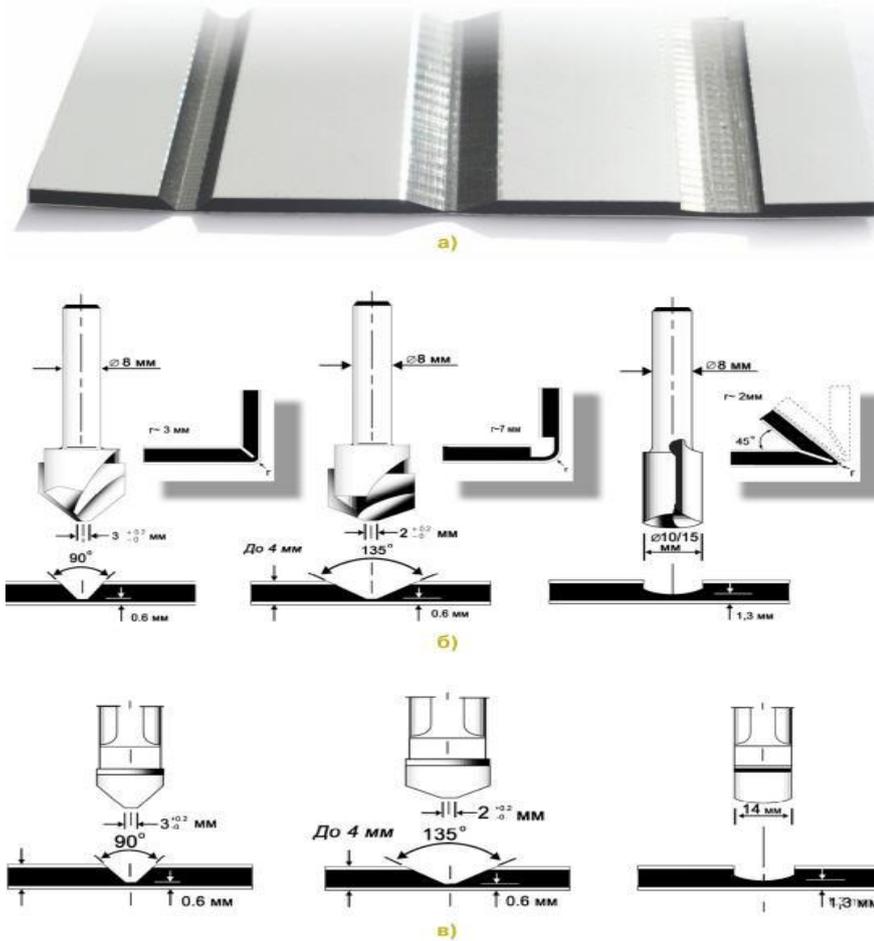


Рис. 4. Фрезеровка пазов: а) виды пазов; б) профиль паза пальчиковых фрез; в) профиль паза дисковых фрез

Помимо стандартной фрезы может быть установлен режущий инструмент с углом  $135^\circ$ , что дает возможность изгибать деталь не только под прямым, но и под острым углом  $45^\circ$ . Возможен еще один вариант фрезы с прямоугольным профилем, когда нужно делать загиб панели с плавным закруглением.

Требования к профилю паза, остающегося после пальчиковых фрез, такие же, как и для дисковых. Отличается только толщина остаточного слоя полимера. Контроль глубины погружения фрезы в композитную панель реализован в инструментах по-разному.

Ручной фрезер с пальчиковой фрезой имеет револьверный механизм, с помощью которого регулируется глубина погружения. В нем предусмотрены три регулировочных штифта (ограничителя погружения) для стандартных толщин фрезеруемых материалов 3, 4 и 6 мм (установлены на заводе). Ограничитель защищает обрабатываемую деталь от повреждения при заходе и сходе фрезера с поверхности композитной панели. После тестового прохода фрезера измеряется точное значение оставшегося слоя алюминия вместе с полимером и при необходимости глубина погружения регулируется.

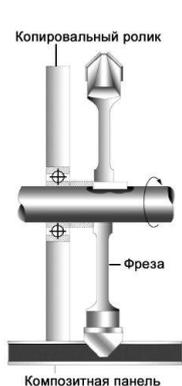


Рис. 5. Фрезерование АКП

Несомненное преимущество дисковых фрезеров – более высокая производительность. Следует отметить, что износостойкость пальчиковых фрез значительно ниже дисковых, а настройка вертикального фрезера на необходимую глубину V-образного паза трудоемка. Точность фрезеровки во многом зависит от профессиональных навыков персонала.

Однако в работе с композитными материалами возникают ситуации, в которых нельзя обойтись без вертикального фрезера, например при фрезеровании:

- криволинейных участков;
- без «засечек»;

- от «точки»;
- мелких деталей.

Стоит еще раз напомнить об обязательном условии применения системы пылеудаления, при отсутствии которой глубина фрезерования по длине V-образного паза может быть настолько различной, что последующий загиб материала вызовет затруднения или производственный брак – растрескивание алюминия.

### 3. Вырубка углов и отверстий

Для изготовления кассет и других изделий из АКП, в которых необходимо удалять уголки, образовывать отверстия, проушины, глазки, подвески и другие элементы для крепления, применяется высечка. При этом способе используется процесс вырубки материала при помощи острого заточенного штампа. Материал алюминиевой композитной панели достаточно мягкий для такой технологии обработки и не вызывает особых проблем. При высечке используют удар, а не плавное выдавливание. Чем точнее штамп входит в матрицу, тем лучше и качественней будет высечка.

Основные требования, которые следует : угол при вершине треугольника, который высекается, должен точно совпадать с центральной осью выфрезерованного паза. Проушины для крепления должны иметь одинаковый уровень относительно верхнего края кассет. Для повышения производительности при большом объеме работ используют упорные элементы, под которые устанавливаются листы при высечке, а также применяют не ручные, а автоматические прессы с пневмо- или гидроприводом. Для вырубки углов и отверстий под подсистемы удобны в использовании **пневматические ручные вырубные прессы OEMME** производства Италии.

#### Пневматический ручной вырубной пресс 90гр.



- Глубина вырубки регулируется от 25 до 35мм;
- Максимальная толщина обрабатываемого материала – 6 мм;
- Дополнительные упоры для боковой вырубки;
- Габариты: 300x210x180мм, вес 4кг
- Высокая мобильность благодаря небольшому весу и подвесу на



корпусе

- Высокое качество кромок паза и долгий срок службы благодаря особопрочным твердосплавным ножам
- Высокая производительность - вырубка заготовки одним нажатием на клавишу , что занимает несколько секунд.

#### Пневматический ручной вырубной пресс для L/T проушин



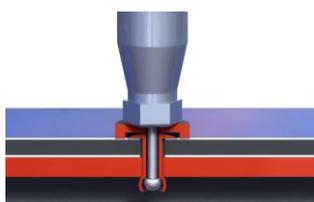
- Размеры T-проушины 39x9мм;
- Размеры L-проушины 45x10мм;
- Максимальная толщина обрабатываемого материала – 6 мм;
- Габариты: 290x110x175мм, вес 4кг.



### 4. Формирование кассеты

Сформировать кассету, согнув её по предварительно отфрезерованным v-образным пазам вручную, не используя никаких дополнительных приспособлений.

#### Заклепочное соединение



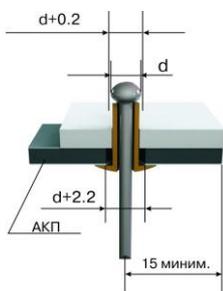
Самое удобное и быстрое соединение частей композитных панелей между собой или крепление к другим



материалам и к металлической конструкции - заклепочное соединение, которое производится с помощью вытяжных пустотелых заклепок. Односторонние вытяжные заклёпки сделаны из двух частей: трубчатого алюминиевого корпуса и предварительно заведённого в него стального стержня с отрывной головкой с определённым пределом разрушения. Заклепку устанавливают в предварительно просверленное отверстие. (Вырубить или просверлить отверстия под заклепки в кассете и силовом элементе можно при помощи шуруповёрта **FESTOOL** с угловой насадкой CXS Li 1.3 Set).

Установочным инструментом вытягивают сердечник. При этом задняя часть заклепки расширяется, формируя замыкающую головку заклёпки. После образования замыкающей головки заклепки -сопротивление вытягиванию сердечника резко возрастает и стальной сердечник разрывается по тонкому месту. Заклепки с плоской головкой имеют лучший вид на лицевой поверхности, чем болты или шурупы, могут иметь окраску под цвет панели и их довольно просто и быстро устанавливают. Заклепочный пистолет или клещи для заклепок должны отрывать металлический стержень после деформационного расширения задней части заклепки и образования прочного заклепочного соединения. Вытяжные заклепки обеспечивают более высокую производительность и удобство, возможность работы только с одной стороны и значительно меньшую вероятность повреждения лицевой стороны панели. Заклепочные соединения подходят для частей, которые могут подвергаться ударным и вибрационным нагрузкам.

Для внешнего использования на территориях с высокой влажностью должны использоваться алюминиевые закладные заклепки со стальным нержавеющей стержнем для предотвращения коррозии. Для предотвращения деформации панели во время соединения заклепка должна вставляться в отверстие с помощью накладного приспособления, которое не дает заклепке быть чрезмерно зажатой. Между шляпкой заклепки и поверхностью панели остается небольшой зазор 0,1-0,3 мм. Это предотвращает вдавливание панели в местах установки заклепок. Кроме того, зазор позволяет панели при изменении температуры смещаться относительно места заклепочного крепления.



**Рекомендации:** Перед процессом заклепывания удалите защитную пленку с мест крепления. Если этого не сделать, то при снятии защитной пленки после монтажа на кассетах будут оставаться куски оторванной пленки, прижатой шляпками заклепок. Минимальное расстояние от центра заклепки до края панели должно быть не меньше 15 мм. Диаметр шляпки заклепки должен быть минимум на 2 мм больше отверстия в композитной панели.



Аккумуляторные заклепочники **AccuBird** немецкого производителя **Gesipa** идеальны для выполнения большого объема работ, если отсутствует энергоснабжение, например, монтаж алюминиевых композитных панелей непосредственно на фасаде здания. Данный инструмент имеет высокую производительность (около 10 заклепок в мин.), ударопрочный корпус, электронную систему управления и контроль, защищающий заклепочник от перегрева и перегрузок. Установка заклепки производится одним нажатием руки на клавишу.

### Наиболее частые проблемы с фрезеровкой и гибкой.

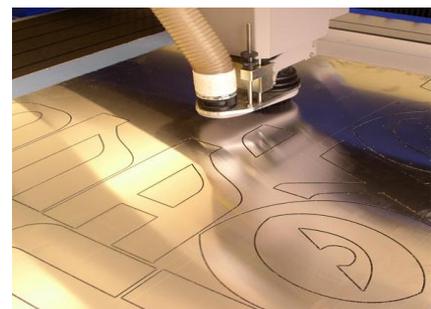
Проблема	Причины
<b>Кассеты имеют разные габаритные размеры</b>	Нарушается параллельность фрезеровки относительно сторон и перпендикулярность сторон. Еще хуже, когда не выдерживаются расстояния линии фрезеровки от края листа. При различии габаритов возможны видимые ступеньки одной кассеты относительно других на лицевой поверхности облицовки фасада

<p><b>Растрескивание листа алюминия по линии сгиба</b></p>	<p>Это наиболее частая проблема, которая возникает, когда толщина остаточного слоя полимера отличается от 0,3-0,4 мм. Причины:</p> <p>а) отклонение глубины погружения фрезера в композитную панель, а также при попадании стружки или опилок под копирующий ролик;</p> <p>б) гибка производится на морозе. Некоторые производители АКП рекомендуют гнуть кассеты при температуре не ниже +10 °С;</p> <p>в) очень жесткий алюминий в композитных панелях;</p> <p>г) разболтанный фрезер. При переменном приложении силы нажима то на одну, то на другую сторону ручек фрезера режущий инструмент отклоняется от центральной оси. Простая проверка фрезера марки Bosch GOF 1300, отработавшего 5 лет, показала отклонение основания фрезы относительно оси на <math>\pm 0,15</math> мм. Это может дать изгиб панели не по прямой линии</p>
<p><b>Дугообразный угол гибки (эффект сабли)</b></p>	<p>Получается при сгибе бортиков кассет, если:</p> <p>а) фрезеровка выполнена не по прямой линии;</p> <p>б) из-за неточного фрезерования остаточная толщина полимера оказалась различной - это дает разный радиус закругления;</p> <p>в) гибка бортика производится неодновременно, например сначала края, а затем середина. Гибка в этом случае осуществляется не по прямой линии. Для того чтобы этого избежать, используется специальный зажим для бортика по всей длине или гибка производится на гибочном столе;</p> <p>г) листы начали сгибаться сразу после фрезеровки, не дав им остыть. Температура стенок вдоль паза может сильно варьироваться, что дает разный радиус вдоль линии гибки;</p> <p>д) исходная панель слегка согнута;</p> <p>е) фрезер разболтан</p>
<p><b>Кассета выпуклая (неправильная высечка углов)</b></p>	<p>Если угол не равен 90° или вершина треугольника (точка соединения катетов при угле 90°) не совпадает с центральной линией паза после фрезеровки, то при загибе бортиков и заклепывании уголков на кассете возникает дефект выпуклой или вогнутой лицевой поверхности кассеты. Такой же эффект возможен, когда катеты высечаемого уголка имеют разные углы относительно линии фрезерованного паза, т. е. не равные 45°. В этом случае отверстия для заклепок на уголках кассеты после сгибания не совпадают с отверстиями подставляемой с задней стороны пластины или куска уголкового профиля из алюминия. Тогда кассету немного изгибают, чтобы отверстия совпали, и производят заклепку. Естественно, такая кассета будет напряженно-выпуклая</p>
<p><b>Неровная лицевая поверхность кассеты</b></p>	<p>Чаще всего такой дефект возникает, когда работают с АКП, имеющими жесткий покровной лист алюминия. Для того чтобы при изгибе получить угол бортика 90°, его немного перегибают, а затем, увидев, что перегнули слишком сильно, разгибают в обратную сторону. Угадать трудно. При этом получают на лицевой поверхности у краев кассеты вогнутую часть. Недогиб приводит к выпуклости. Для предотвращения такого рода дефекта используют гибочный станок, на котором заранее отработан угол загиба для каждой марки панели</p>

Во избежание большинства описанных проблем ряд компаний прибегают к услугам по раскрою и фрезеровке с использованием станков с ЧПУ или специальных обрабатывающих центров. Это несколько удорожает работу, но значительно экономит окончательную цену, помогает избежать брака. Обработку композитных панелей и изготовление кассет должен производить в условиях цеха специально подготовленный персонал.

## ВЫБИРАЕМ ОБОРУДОВАНИЕ

### Обрабатывающие центры **Текна**.



Самая качественная и точная обработка композитных панелей выполняется на станках с ЧПУ. В качестве примера можно привести **Обрабатывающий центр ТЕКНА ТК 419/4**, который позволяет обрабатывать АКП фактически с молниеносной скоростью. Вы получаете готовую кассету!!! уже через три минуты. Ни один станок не может похвастаться такой производительностью. ТЕКНА ТК 419/4 обеспечивает точность контурной порезки

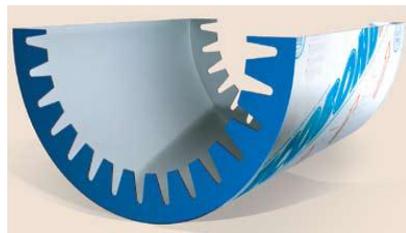
не ниже 50 мкм на рабочем поле 2 × 4,000 м. Фрезерная обработка производится специальными фрезами, позволяющими осуществлять фигурную резку (буквы, криволинейные формы) Точный раскрой и фрезеровка по формам, созданными дизайнерами дают возможность делать сложные изгибы и состыковывать детали между собой. Например, при изготовлении объемных букв больших размеров без этой технологии компьютерной обработки и опыта резки бывает трудно обойтись. Необходимость гравировки на поверхности композитных панелей заказывается для табличек, обрамленных в рамку, или небольшую вывеску в виде короба, а также указателей. Выгравированные на покрашенном металле надписи отлично смотрятся, так как гравировальная фреза после прохода оставляет почти гляцевый след на гранях металла. Буквы могут быть только в виде контурных линий, либо прорезанные до темного пластика – сердцевины композитной панели. Резка по контуру и фрезеровка панелей выполняются за один цикл обработки. Это обеспечивает высокую совместимость пазов с осями для гибки кассет и высечными углами, а также одинаковый уровень проушин для крепления кассет.

### Вертикальные пилы голландской компании **Elcon**



Раскрой по размерам, фрезеровка пазов композитных панелей может производиться на вертикальном форматно-раскrojном станке **Elcon**. Фирма Elcon является основоположником принципа вертикальной пилы, который в 1948 году разработал и запатентовал основатель фирмы Дитмар Мейер. Компания занимается исключительно производством вертикальных пил, и все инновации и оригинальные решения в этой области принадлежат фирме Elcon. Они по праву считаются лучшими в своем классе. Станки Elcon ценятся во всем мире за высокую точность раскrojа, фрезеровки и пазования композитных материалов, погрешность составляет всего 0.1 мм на 1 м реза. Пильный агрегат перемещается по направляющим, что устраняет непараллельность линий реза и обеспечивает минимальное отклонение от перпендикулярности углов. Несоблюдение этих параметров может стать серьезной проблемой при производстве кассет и при их монтаже. С помощью вертикальной панельной пилы можно производить вертикальный и горизонтальный раскрой длинных листов при быстром повороте пильной головы. Этим обеспечивается большая производительность, так как обрабатываемую панель не нужно переворачивать. Смена дисковой пилы на дисковую фрезу производится за считанные минуты. При этом станок становится универсальным и подходящим для высокопроизводительной обработки большого количества панелей. Станок оснащен системой пылеудаления, что обеспечивает чистые условия производства и уменьшение брака. Серия станков Elcon имеет несколько модификаций, отличающихся разными размерами рабочего стола, набором рабочих инструментов и аксессуаров, а также степенью автоматизации, например, порезка под углом, отличающимся от 90°. Можно положиться на высокое качество обработки материала и производительность благодаря неоспоримым техническим преимуществам оборудования Elcon.

### Вальцовочные станки **Kuttruff**



Для получения радиусных форм изделий из АКП необходимо вальцовочное оборудование. Вы можете придать листу полукруглую форму и облицевать колонны или архитектурные формы с различным радиусом.

Важно, что качественный материал при вальцевании не расслаивается. Компания **Kuttruff** является официальным поставщиком **вальцовочного оборудования** для компании Alcan, которая производит композитный материал Alucobond. Сотрудничество этих компаний длится уже без малого 35 лет. Все станки, которые были произведены за это время, работают во многих уголках мира. Станки компании Kuttruff отличаются большой надежностью и длительным временем работы. До сих пор на предприятии Alcan работает первый станок, который был произведен в 1970 году.

Этим способом производится изгибание плоской панели в цилиндрическую форму с различными радиусами изгиба. Радиус в зоне изгиба определяется диаметром используемых валков и расстоянием между ними. Принцип работы вальцовочного станка заключается в следующем. На два приводных вала диаметром 150-250 мм, длиной 2000-6000 мм, отдаленных друг от друга на расстояние 150-200 мм, расположенных в одной плоскости, кладется панель, предназначенная для прокатывания. Третий вал, имеющий те же параметры, и ось, параллельную двум другим валам, дополнительно имеет набор вальцовочных и дистанционных колец из твёрдого пластика. Перемещаясь в вертикальной плоскости, верхний вал прижимает участок панели, расположенный между двумя нижними валами, после чего валам передается крутящий момент. Последовательно производится вращение в одну и другую сторону несколько раз для того, чтобы постепенно увеличивать деформацию панели и чтобы профиль изгиба более точно воспроизводил цилиндрическую форму поверхности. На лицевую сторону панели, контактирующую с валом, устанавливают мягкую полимерную или резиновую прокладку для устранения случайного повреждения слоя окраски при вальцовке. На вальцовочном станке изготавливаются колонны или полуколонны. Для образования загнутого борта при вальцовке на прижимной вал надеваются кольца (манжеты), между которыми устанавливается паз, в который входит согнутый бортик композитной панели. Ширина паза, куда входит бортик панели, должен быть примерно на 20% больше толщины панели. Размер борта, определяемый конструктивными требованиями, задает минимальный радиус загиба, показанный в таблице с пояснениями на рисунке.

Размер борта t (мм)	Мин. радиус загиба r (мм)
15	200
20	300
25	400
30	600
35	1000
40	3000

**ООО ПК «РАБОЧИЕ СИСТЕМЫ»**

Тел/факс: (495) 228 16 19

E-mail: [dta@vertpila.ru](mailto:dta@vertpila.ru) ,

Сайт по оборудованию: [www.vertpila.ru](http://www.vertpila.ru)