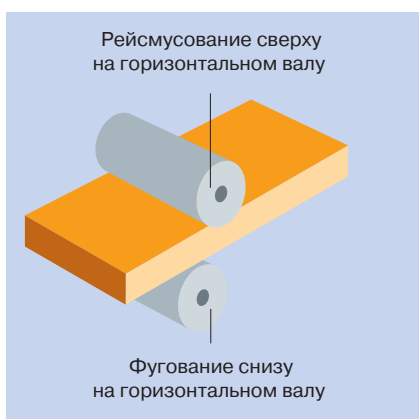
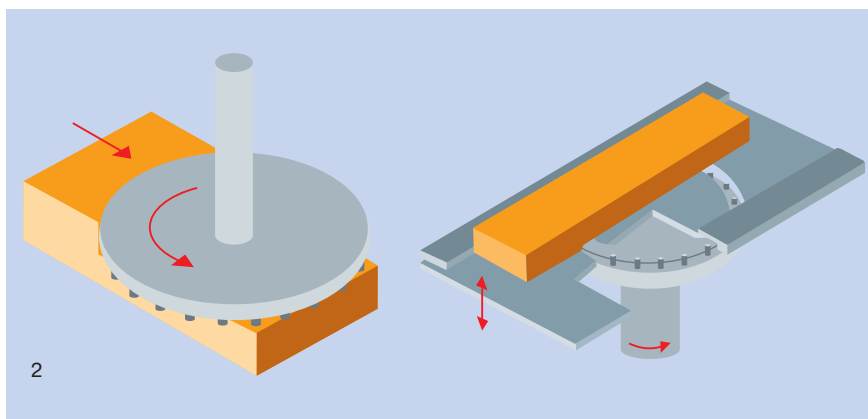
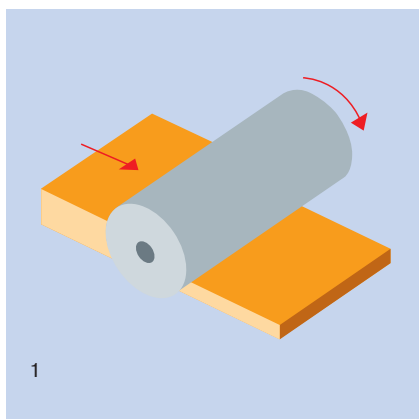


Процесс фрезерования плоских поверхностей – это первый после раскря древесины обрабатывающий процесс изготовления базовых поверхностей для последующей обработки.

Существует два различных способа обработки:

- 1) обычное фрезерование плоских поверхностей с помощью сборных фрез цилиндрической формы с расположенными по периферии ножевыми головками и
 - 2) торцевое фрезерование плоских поверхностей (по принципу Rotoles).
- Обработка поверхностей способом Rotoles проводится торцевыми фрезами поперек направления волокон. Благодаря этому получается поверхность с открытыми порами, которая обладает хорошей способностью к склеиванию. Этот способ в последнее время часто используется при обработке плит из массивной древесины. Но так как обычное фрезерование инструментом с периферийными режущими кромками более распространено, то в дальнейшем мы будем ссылаться только на этот вид фрезерования.



Создание базовой поверхности (фугование)

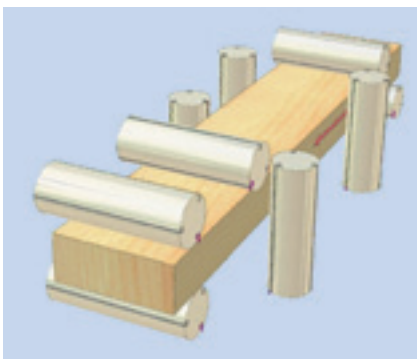
При фрезеровании плоских поверхностей различают между созданием базовой поверхности (фугованием) и обработкой по толщине в размер (рейсмусованием).

При создании базовой поверхности обрабатываемая заготовка выравнивается. При этом не должно возникать большого усилия прижима, чтобы заготовка не деформировалась во время обработки. Для получения абсолютно ровных поверхностей необходимо вручную подать заготовку на инструмент. Речь идет, таким образом, о ручной подаче, несмотря на то, что дальше станок транспортирует заготовку с помощью валиков.

Поэтому используемый при этом инструмент должен иметь следующие характеристики:

- пригодный для ручной подачи с незначительной отдачей
- малозумный
- уменьшенное усилие резания

С этой целью для фуговального станка с ручной подачей был разработан спиралевидный ножевой вал. Следует отметить еще одно преимущество этой системы инструментов – более высокое качество обработанных поверхностей. Для дальнейшего снижения уровня шума была разработана «рифленая» накладка приемного стола



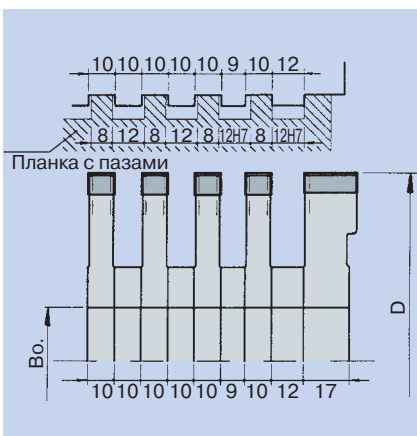
План расположения шпинделей на станке для четырехстороннего фрезерования



Фреза для обработки плоских поверхностей HeliPlan



Фугование с направляющим фальцем.



Металлическая планка с пазами

Четырехстороннее фрезерование плоских поверхностей

Станки для четырехстороннего фрезерования являются станками непрерывной обработки с несколькими (но по меньшей мере с четырьмя) шпинделями для обработки заготовки с четырех сторон.

Создание базовой поверхности/предварительное фрезерование

При обработке базовой поверхности заготовки необходимо учитывать, что будет большой сьем стружки вследствие «сырой» (до обработки) геометрии заготовки и скоростей подачи. Так как подача заготовок в направлении шпинделей проводится работающим у станка руками, то следует предпочесть малощумные фрезы с незначительным усилием резания.

Система инструментов Leitz-HeliPlan с сегментарным, спиралевидным расположением режущих пластинок объединяет все эти требования и обладает дополнительными преимуществами в сравнении с инструментами с режущими кромками, расположенными на параллельных осях:

- Используются для обработки всех пород древесины (твердые, мягкие, ценные, клееные).
- Значительное уменьшение вырывов на обработанной поверхности даже проблемной древесины и в местах скопления сучков позволяет уменьшить необходимость шлифования и припуски на шлифование.
- Практически незаметные следы в зоне перекрытия соответственно спрофилированных режущих кромок позволяет в отдельных случаях использовать систему HeliPlan для окончательной обработки.
- Она идеальна для обработки клееной древесины. При зазубринах на режущей кромке можно заменить только пластину с дефектом, а не весь резец.

Решающее значение для изготовления ровных и точных по размеру заготовок имеет проход заготовок через станок. Так, для горизонтального направления брусков нижний шпindel профилирует фальц, который затем с помощью встроенной в станок линейки направляет заготовку прямолинейно по отношению к правому шпинделю.

На этом шпинделе происходит фугование второй базовой пласти заготовки, при этом срезается сформированный ранее фальц и заготовка фугуется под прямым углом к опорной поверхности.

В качестве альтернативы для обработки особо коротких заготовок можно использовать для их направления планку с пазами.

При этом на первом горизонтальном валу производится профилирование пазов. Эти пазы позволяют затем направлять заготовку по металлической планке. Профильные пазы на металлической планке различаются в зависимости от фирмы-производителя и от требуемого профиля поверхности и поэтому необходимо использовать индивидуально подобранные комплекты инструментов. Направление заготовки по металлической планке идет до последнего шпинделя, который срезает затем сами пазы.

Окончательное (чистовое) фрезерование плоских поверхностей

В то время как предварительное фрезерование служит для придания «грубой формы» или для создания базовых поверхностей для последующей обработки, то при чистовом фрезеровании уделяется большое внимание качеству поверхности. Различные концепции станков, имеющих более 4 шпинделей, позволяют оптимально обрабатывать заготовки благодаря делению на предварительные и чистовые обрабатывающие процессы. Таким образом можно использовать оптимизированные для определенной цели инструменты, что положительно сказывается на качестве продукта и на сокращении дополнительных расходов.



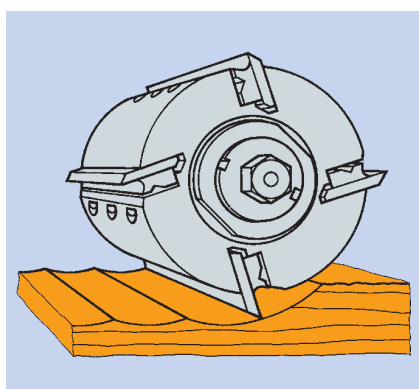
Фрезерная головка CentroStar для обработки плоских поверхностей



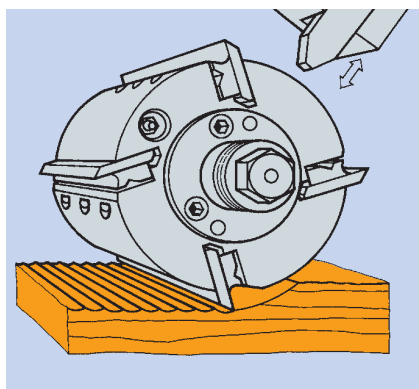
Поверхность заготовки. Окончательная (чистовая) обработка без предварительной обработки.



Поверхность заготовки. С окончательной (чистовой) обработкой и с предварительной обработкой.



План расположения шпинделей на станке для четырехстороннего фрезерования



План расположения шпинделей на станке для четырехстороннего фрезерования

Во время предварительной обработки необходимо следить, чтобы поверхность заготовки не обрабатывалась больше, чем этого требует следующий затем процесс чистовой обработки. Задача инструментов для чистовой обработки – обеспечить при незначительном съеме стружки (0,5-0,8 мм) качественную, соответствующую требованиям поверхность. Это может быть поверхность, готовая к склеиванию или к покраске, и этого можно добиться с помощью соответственно подобранных инструментальных систем: Наряду с системой Leitz-VariPlan для этих целей подходит также инструментальная система CentroStar, так как здесь в конструкцию ножей интегрированы стружколомы.

Также возможно для этого использовать гидравлические фрезерные головки. Высоко-точная фиксация инструментов с центрированием в комбинации с джойнтированием режущих кромок (прифуговыванием) на четырехстороннем станке позволяет получить поверхность почти без следов ножей.

Ситуация при традиционно закрепленном инструменте:

«Большое» радиальное биение вследствие:

- допуски по диаметру инструмента
- зазор между посадочным отверстием инструмента и шпинделем станка.
- радиальное биение шпинделя двигателя.
- формирование поверхности только одним ножом.
- наличие видимых следов режущей кромки на заготовке.

Ситуация при гидравлической фиксации джойнтированного инструмента:

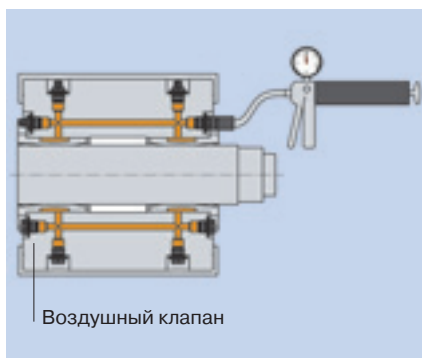
Незначительное радиальное биение вследствие:

- зазор между посадочным отверстием инструмента и шпинделем станка компенсируется гидравлическим зажимом.
- минимальное остаточное радиальное биение исключается благодаря джойнтированию (прифуговыванию режущих кромок на рабочей частоте вращения).
- все ножи равномерно касаются поверхности.
- равномерные однородные следы режущих кромок на поверхности заготовки.
- Более высокая подача при таком же количестве зубьев на инструменте по сравнению с традиционной техникой фиксации.

К станкам и установкам предъявляются разнообразные требования:

Так наряду с оптимальным качеством обработки и возможной производственной мощностью требуется также максимум гибкости. Затем требуется высокий уровень комфорта для работающих с инструментом во время его эксплуатации и установки. Учитывая необходимость гибкости, удобства установки инструмента и экономичности в отношении фиксации инструмента в пределах станка была разработана альтернатива к традиционной шпиндельной технике:

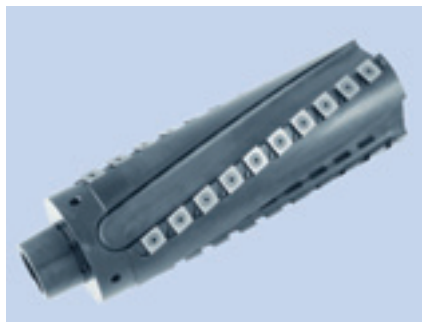
Если раньше инструмент фиксировался на гладком шпинделе с помощью шпиндельной гайки или гидравлического зажима, то теперь соединение инструмента со станком происходит с помощью полого конусного хвостовика HSK.



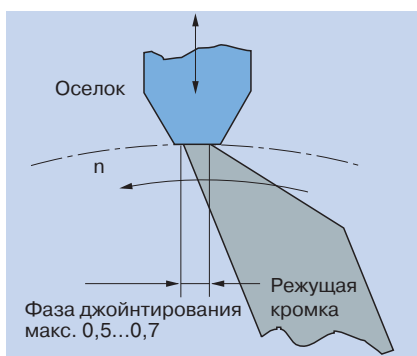
Гидравлическая зажимная техника



Полый конусный хвостовик зажимной системы HSK (Leitz-PowerLock)



Фреза HeliPlan исполнение PowerLock



Джойнтирование фрезерного ножа

Польза заключается в:

- сокращении простоев станка вследствие сокращения времени на его переоснастку.
- значительно уменьшенному радиальному биению и качеству балансировки, которая позволяет работать на более высокой частоте вращения и более высокой скорости резания.
- улучшенном качестве продукции благодаря увеличению скорости резания.
- увеличению производительности вследствие повышения скорости подачи.

Инструментальная программа Leitz-PowerLock предлагает для всех обрабатываемых процессов и разнообразных требований это надежное и экономичное решение.

Фрезерование плоских поверхностей относится к «основным обрабатываемым процессам» и является в большинстве случаев фундаментом для дальнейшей успешной обработки заготовок. Точность размеров обрабатываемых элементов и качество поверхности заготовки являются основным мерилем затрат. Так немецкая поговорка «Хорошо отфрезеровал – наполовину отшлифовал» становится еще более актуальной, так как, только согласовав параметры заготовка ↔ станок ↔ требование к продукту, можно принять экономически оптимальное решение по выбору инструмента.

Высокопроизводительное фрезерование плоских поверхностей

Высокопроизводительное фрезерование плоских поверхностей со скоростью подачи от 80 м/мин до 600 м/мин используется при изготовлении панелей из массивной древесины (шпунтованный погонаж) и для изготовления деревянных изделий строительного назначения. Для того, чтобы можно было производить обработку на таких высоких скоростях подачи и без ущерба для качества, к станкам и инструментам предъявляются очень высокие требования по сбалансировке и точности обработки.

Характерная особенность гидравлического фрезерования – так называемое джойнтирование, при котором все режущие кромки инструмента, установленного на станок, прифугиваются (джойнтируются) на рабочей частоте вращения. Таким образом исключаются различия диаметра цилиндрической поверхности, обусловленные допусками при изготовлении, и каждая режущая кромка инструмента входит через одинаковые расстояния в обрабатываемую заготовку, это так называемый шаг резания. При заданном качестве обработки f_z , которое определяется длиной кинематической волны, скорость подачи v_f определяется по формуле

$$v_f = f_z \times z \times n$$

где z - количество зубьев, n – рабочая частота вращения инструмента.

Количество же зубьев в свою очередь зависит от шага зубьев и от диаметра инструмента. Поэтому для многих зубьев требуется небольшой шаг и большой диаметр инструмента. Шаг зубьев зависит от необходимой площади для фиксации ножа, от толщины ножа и от необходимого остаточного сечения корпуса инструмента между режущими.



Вид сбоку гидравлической фрезы для шлифования плоских поверхностей RotaPlan



Вид сбоку гидравлической фрезы для шлифования плоских поверхностей TurboPlan

Рабочие характеристики различных систем гидравлических сборных фрез для шлифования плоских поверхностей.

Рабочая частота вращения инструмента ограничивается центробежной силой, воздействующей на фиксацию ножа. Так как центробежные силы возрастают квадратично по отношению к частоте вращения, но линейно по отношению к диаметру, то при постоянном шаге зубьев можно получить больший выигрыш в скорость подачи с увеличением диаметра, а не с увеличением частоты вращения. У станков максимальный диаметр инструмента зависит от места привязки и от расположения джойнтера. Распространенные гидравлические фрезерные станки предназначены, например, для инструмента диаметром 250 мм и максимальной скорости подачи 200 м/мин.

У стандартных гидравлических фрез с плоскими ножевыми пластинами, известными также под названием „RotaPlan“, при данном диаметре и переднем угле в 25° может быть максимальное количество зубьев $z = 16$ и максимальная частота вращения $n = 5.300 \text{ мин}^{-1}$. При требуемой длине кинематической волны $f_z = 1,5 \text{ мм}$ получаем скорость подачи $v_f = 130 \text{ м/мин}$. Таким образом, станок для чистового фрезерования плоских поверхностей может работать со скоростью подачи 200 м/мин, используются же только 65% возможностей. Увеличение скорости производственного процесса возможно только с потерей в уровне качества. При скорости подачи 200 м/мин длина кинематической волны увеличится до 2,4 мм, что совершенно не подходит для видимых поверхностей.

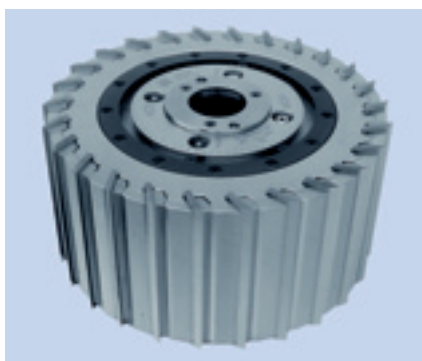
Новое поколение инструментов „TurboPlan“ используется как раз для устранения этого недостатка. Оригинальный, компактный зажим для ножей, с синхронно действующим замком, позволяет иметь при постоянном диаметре большее количество зубьев и большую рабочую частоту вращения. В перерасчете на приведенный выше пример, мы получаем при сохранении качества обработки увеличение скорости подачи и производительности более чем на 50%, что отражено в таблице ниже. Максимально возможная производственная скорость станка в 200 м/мин используется полностью и без ущерба для качества.

Инструментальная система „TurboPlan“ предназначена, конечно же, и для высокопроизводительных фрезерных установок со скоростью подачи от 350...600 м/мин. При работе инструментом $d = 300 \text{ мм}$, $z = 26 \text{ мм}$, $n_{\text{max}} = 6.000 \text{ мин}^{-1}$, например, при $v_f = 350 \text{ м/мин}$ длина кинематической волны составляет $f_z = 2,25 \text{ м}$.

Исходные условия: $D = 250 \text{ мм} / f_z = 1,5 \text{ мм}$	Гидравлическая фреза для обработки плоских поверхностей „RotaPlan“	„TurboPlan“
Максимальное количество зубьев	16	20
Рабочая частота вращения n_{max}	5.300 мин^{-1}	6.700 мин^{-1}
Скорость подачи v_f	130 м/мин	200 м/мин
Повышение производительности	–	+ 54%

Большое увеличение производительности инструментальной системы „TurboPlan“ является результатом упорной работы над инструментом и характеризуется следующими отличительными чертами:

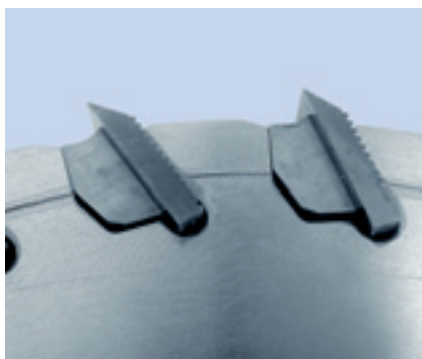
- Синхронно действующий на все ножи гидростатический зажим.
 - > Компактная конструкция корпуса, так как отсутствуют крепежные винты.
 - > Отсутствует ослабление корпуса вследствие отсутствия отверстий для винтов.
 - > Увеличение максимального количества зубьев без уменьшения переднего угла.
 - > Отсутствует перекося корпуса при фиксации ножей.
 - > Заметно сократилось время, необходимое для монтажа и демонтажа ножей.
- Фиксация ножей в замок.
 - > Более высокие скорости резания и рабочие частоты вращения.
 - > Гидравлический зажим раздельный для фиксации корпуса фрезы на шпинделе и для фиксации ножей.
 - > Переустановка ножей для заточки не вносит дополнительных погрешностей для обработки.
- Балансировка с помощью регулируемых балансировочных сегментов.
 - > Отсутствует дальнейшее ослабление корпуса из-за балансировочных отверстий.



Инструмент TurboPlan



Регулируемые балансировочные элементы TurboPlan



Замковая фиксация ножей TurboPlan

Но с увеличением только скорости производственного процесса без принятия мер по увеличению стойкости режущего материала уменьшится интервал замены инструмента, так как ресурс между необходимыми переточками будет исчерпан быстрее. Повышение производительности будет сомнительным вследствие частых «заездов в бокс» с соответствующими затратами человеческих ресурсов на сервис.

Вследствие этого на инструментах „TurboPlan“ используются только режущие кромки HS (из высоколегированной быстрорежущей стали) в исполнении Marathon (со специальным покрытием), у которых по сравнению со стандартными режущими кромками HS стойкость повышается в 3-5 раз. Основываясь на выше приведенном примере, мы получаем не только повышение производительности на 50%, но дополнительно еще и увеличение ресурса инструмента в 2 раза. Благодаря синхронному действию крепежного устройства и замкового позиционирования ножей сокращается приблизительно на 30% время, необходимое для регулировки и фиксации ножей перед заточкой.

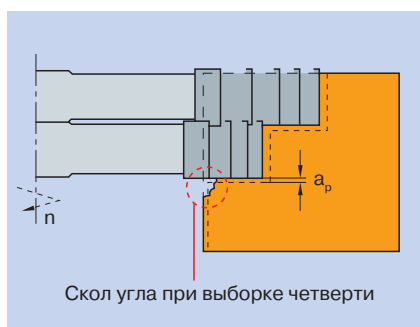
Предварительное и окончательное (чистовое) профилирование

Для получения продукта хорошего качества и для одновременного уменьшения брака или качества “В” необходимо разделить процесс обработки на отдельные шаги.

Можно повлиять на результат фрезерования с помощью предварительного и окончательного фрезерования, приведенного в соответствие с профилем. При этом необходимо помнить, что дефекты обработки, возникающие во время предварительного фрезерования, при определенных условиях могут быть видны на конечном продукте, и при выяснении причины дефекта можно пойти по ложному следу. Поэтому установленные критерии качества к конечному продукту должны быть идентичны критериям качества при предварительном фрезеровании. Эффект опережающих трещин ведет при обработке сухой древесины и на высокой скорости подачи к повышенному образованию трещин и сколов поверхности, что отрицательно сказывается на внешнем виде и качестве конечной продукции и ведет, соответственно, к увеличению выбраковывания и необходимости доработки заготовок.

Особенно критично необходимо оценивать качество фрезерования при предварительном фрезеровании очень близком к окончательному контуру. Оно во многих случаях дает совершенно противоположный результат, чем должно.

Новые разработки компании Лейтц показали, что благодаря предварительному фрезерованию по косой можно значительно уменьшить эффект опережающих трещин и возникающие при этом проблемы с качеством при профилировании в контур.



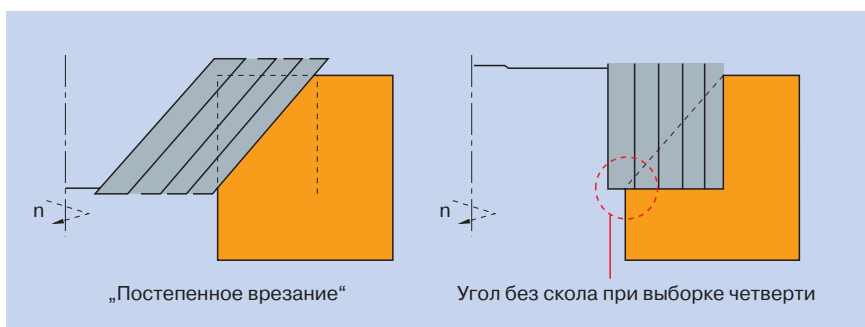
Повреждение готовой кромки вследствие предварительного фрезерования близко-го к окончательному контуру



Предварительное V-образное профилирование панели из массивной древесины



Цельная фреза HL (из высоколегированной стали) для фрезерования гребня на регулируемой гидравлической втулке



Система косо-го предварительного фрезерования

К тому же преимущество такого фрезерования заключается в том, что систему не надо приспособлять к одному профилю, ее можно использовать для универсального предварительного фрезерования. При изготовлении панелей из массивной древесины можно с помощью V-образного предварительного профилирования по кривой спрофилировать гребень с обеих сторон. Вследствие рационального разделения профилей на подлежащие предварительному и окончательному фрезерованию можно изготавливать различные варианты профилей частично даже без замены инструмента. Одновременно увеличивается стойкость инструмента и улучшается качество фрезерования.

Профилирование окончательного контура производится блоком инструментов, состоящим из одной или двух фрез, которые монтируются на гидравлических втулках и должны быть очень точно настроены по радиальному биению. Для получения очень хорошего качества обработки, фрезы нельзя после заточки и регулировки по радиальному биению демонтировать с гидравлической втулки. Если при использовании блока парных фрез необходимо провести корректировку положения паза и гребня, то ее необходимо провести непосредственно перед процессом заточки. Инструменты должны быть в таком виде, чтобы возможно было провести переточку в собранном состоянии.

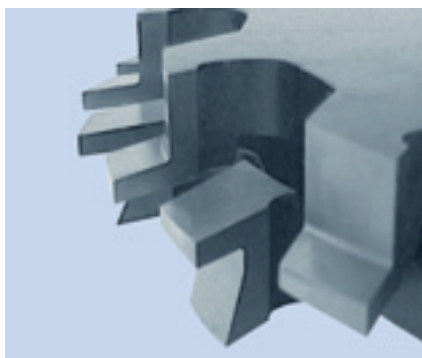
У обычных гидравлических втулок настройка положения проводится посредством промежуточных колец, но здесь возникает опасность скопления пыли на кольцах, которая может привести к увеличению торцевого биения инструментов. Во избежание этого Leitz разработала новые гидравлические втулки, которые позволяют производить настройку положения и регулировку инструментов без демонтажа с зажимной втулки и на станке. С помощью высокоточной шкалы блок инструментов можно бесступенчато регулировать.

У блока парных регулируемых фрез для фрезерования паза и гребня обе фрезы монтируются вместе на гидравлической втулке. Если передние поверхности находятся при этом на одном уровне, то их можно затачивать одновременно за один проход, не снимая их с гидравлической втулки. На фрезе для фрезерования гребня при этом каждая часть фрезы участвует всеми зубьями в процессе резания.

В блоке фрез для выборки паза это совсем по-другому. Так как зубья для выборки паза перекрывают друг друга, то каждый второй зуб получается срезанным и поэтому в обработке попеременно участвует только половина зубьев с верхней или нижней части фрезы. То, что при выборке паза при исполнении зуб на зуб только каждый второй зуб работает над пазом, является значительным недостатком, например, на фрезе Z 8/8 только 4/4. В результате уменьшенное количество зубьев ведет к увеличению сколов на профиле паза.



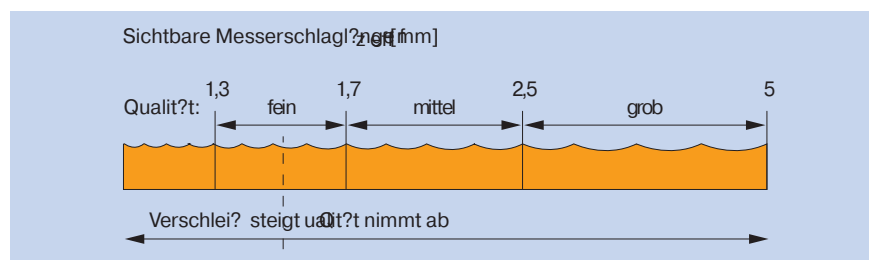
Фреза для выборки паза:
зуб над впадиной



Зубья фрезы для выборки паза:
зуб над впадиной

Значительно лучший результат получается в результате использования фрез для выборки паза «зуб над впадиной». В этом исполнении обе части фрезы собраны таким образом, что каждый зуб одной части фрезы находится над впадиной зуба другой части фрезы. Тем самым все зубья участвуют в процессе резания, а также улучшается качество конечного продукта. Недостаток данного исполнения инструмента заключается в том, что на цилиндрической поверхности инструмента необходимо всегда размещать двойное количество зубьев, что можно получить только вследствие сокращения длины зубьев и, соответственно, уменьшения зоны переточки. Следующий недостаток этого исполнения инструмента – повышение затрат на заточку, так как инструменты затачиваются за два прохода. Чтобы компенсировать это, необходимо исполнить инструменты таким образом, чтобы части фрезы при заточке устанавливались в позицию «зуб над зубом», а при фрезеровании снова приводились в рабочее состояние «зуб над впадиной». Преимущества этого исполнения искупают все недостатки. Но в первую очередь необходимо все-таки исходить из конкретных производственно-технических возможностей.

На двух последних шпинделях станка проводится, как правило, финишная обработка, так называемое чистовое фрезерование, горизонтальных поверхностей. Рекомендуемая толщина стружки - 0,5-0,7 мм.



Зависимость между поверхностью и длиной кинематической волны $f_{z\text{eff}}$.

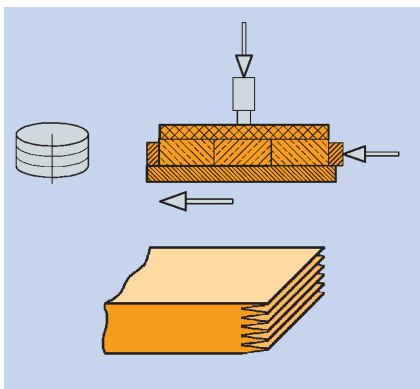
Древесину в ее многообразии форм можно по-разному использовать как для производства несущих, так и для не несущих строительных деталей. Так как древесина является прочным материалом и имеет красивый внешний вид, то благодаря сращиванию открываются новые пути получения разнообразных форм и свойств древесины. Производство клееного бруса было бы невозможно, если бы не было сращивания, которое открывает индивидуальные возможности оформления помещений. Благодаря производству и использованию клееной древесины обработчик получает возможность облагородить короткие детали и обрезки, которые до последнего времени чаще всего подвергались «термической утилизации», и направить их как высокопрочное сырье на долгосрочное использование. Помимо внешнего вида были значительно улучшены по сравнению с «односложной» массивной древесиной также такие технические характеристики как прочность на коробление, на разрыв и на изгиб. При этом в деревообработке необходимы главным образом такие характеристики как минимальное растрескивание, прочность на кручение, а также улучшенные статические свойства.



В строительстве различают, прежде всего, несущие и не несущие элементы. Профили шипов определяют в основном внутренние нормы отдельной страны. В ЕС существуют единые нормы, за пределами же Европы могут использоваться другие профили шипов, которые, например, различаются по длине, шагу зубьев, а также по системе мер (например, дюймовые). Но в результате многолетнего европейского опыта производства клееной древесины профили шипов, распространенные в Европе, часто применяются также за пределами Европы. Для сращивания древесины используются различные машины и установки, которые различаются по технологическому процессу. В основном все установки делят на установки для сращивания коротких и длинных элементов.

Установки для сращивания коротких элементов:

Для этих целей используются установки с непрерывным процессом работы и установки для пакетной обработки. При горизонтальном сращивании заготовки лежат плашмя на принимающем столе станка или на транспортере и профилируются с торцевой стороны. Этот способ производства не нашел широкого применения в деревообработке.

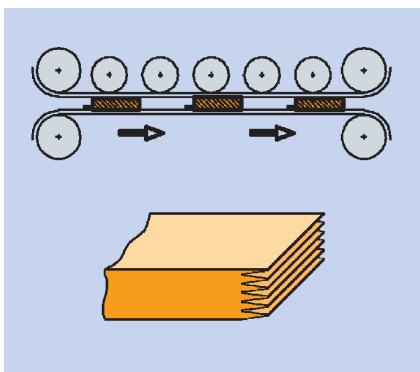


Горизонтальное сращивание на установке для обработки пакетов

Установки для сращивания длинных элементов:

Эти установки бывают самых разных видов. При пакетной обработке в зависимости от ширины стола станка несколько заготовок ставятся на ребро, закрепляются и на торцах фрезеруются шипы. В данном случае говорят о вертикальном сращивании. Эти станки используются в основном в производстве клееной древесины при продольном сращивании. При сращивании по ширине технологический процесс немного отличается. Рабочий шпиндель расположен горизонтально и заготовка фрезеруется по ширине. Подобные установки в целях рационализации сконструированы, как правило, как двусторонние станки.

Следующее принципиальное отличие этих установок – наличие или отсутствие торцовочной пилы. На станках, которые имеют эту пилу, шипы торцуются на необходимую длину. Инструменты рассчитаны, соответственно, на больший профиль шипов. В результате постоянного затупления инструмента зазор в стыке шипа становится со временем все больше, но его можно откорректировать торцовочной пилой по необходимым размерам зазора в вершине шипа, не затачивая при этом инструменты. Но это возможно сделать только до определенной степени затупления инструмента. На станках без торцовочного агрегата шипы профилируются на заданную длину с помощью инструментов для фрезерования мини-шипов.



Горизонтальное сращивание на установке с непрерывным процессом работы