

А.Э.ГРУБЕ

ДЕРЕВОРЕЖУЩИЕ ИНСТРУМЕНТЫ



А. Э. ГРУБЕ,

проф., д-р техн. наук,
заслуженный деятель науки
и техники РСФСР

ДЕРЕВОРЕЖУЩИЕ ИНСТРУМЕНТЫ

ИЗДАНИЕ ТРЕТЬЕ,
ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

Допущено Министерством высшего и среднего специального образования РСФСР в качестве учебника для лесотехнических специальностей высших учебных заведений



ИЗДАТЕЛЬСТВО
«ЛЕСНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ»
Москва 1971

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данный учебник органически связан с первым разделом курса «Станки и инструменты», освещающим резание древесины. Поэтому во избежание дублирования общие вопросы, касающиеся процесса и кинематики резания, элементов резца, изложены кратко или совсем не включены. Опыт преподавания в ЛТА имени С. М. Кирова и в ряде других лесотехнических вузов свидетельствует о целесообразности отдельного изучения «Резания древесины» и «Дереворежущих инструментов», как и в машиностроительных вузах. В каждом из этих разделов курса отражается своя специфика, и все положения оптимальной геометрии режущих элементов учитываются при освещении вопросов конструирования инструмента в разделе «Дереворежущие инструменты» без повторного их изложения в общем плане процесса резания.

Сокращение объема часов по указанным разделам курса привело к сокращению и материала третьего издания учебника. В связи с этим в третье издание включены только наиболее широко применяющиеся в лесопилении и деревообработке типовые станочные инструменты.

Автор надеется, что предлагаемый учебник окажется полезным и для аспирантов, научных и инженерно-технических работников в области механической обработки древесины, ставящих перед собой задачу непрерывного совершенствования техники деревообработки.

Раздел первый

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РЕЖУЩЕМ ИНСТРУМЕНТЕ И МАТЕРИАЛЕ ДЛЯ НЕГО

Глава I

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РЕЖУЩЕМ ИНСТРУМЕНТЕ

Роль режущих инструментов в развитии технологии и техники деревообработки

Основные контуры развития техники и технологии деревообработки четко выявляются в следующем принципиальном плане:

1. Рациональное и комплексное использование древесины.
2. Комплексная механизация и автоматизация производственных процессов.
3. Интенсификация процессов механической обработки древесины.
4. Улучшение качества и точности механической обработки заготовок и деталей из древесины.

В решении каждой из указанных проблем режущий инструмент имеет одно из важнейших значений.

Экономный раскрой древесины зависит от толщины пил и их стойкости — жесткости, определяющей точность и качество распила. Новые методы комплексной обработки древесины на агрегатных станках (типа АФП) также во многом зависят от оптимальных конструкций режущих инструментов.

Совмещение операций технологического процесса, например пиления и строгания, осуществляется комбинированными инструментами. Применение таких инструментов целесообразно для экономии древесины и уменьшения трудозатрат на обработку деталей.

Широкое внедрение новых видов древесных материалов и комбинация их с пластиками (ДСП, ламинированными древесными материалами, гнотоклееными слоистыми конструкциями из шпона и пр.) как одно из прогрессивных направлений рационального использования сырья и отходов механической переработки древесины немыслимо без внедрения в производство высокоизносостойких деревообрабатывающих инструментов с пластинками из твердых сплавов.

Внедрение автоматизации станочной обработки деталей из древесины и древесных материалов в большой степени зависит от повышения износостойкости дереворежущих инструментов, ускорения смены и увеличения точности и надежности их работы. Оригинальными и рациональными мероприятиями

в этом отношении являются внедрение быстрodeйствующих конструкций зажимных патронов, применение гидравлических устройств для крепления инструментов, револьверных головок с комплектом режущих инструментов, дистанционного управления настройкой режущих элементов станков на размер обработки и пр.

Интенсификация процессов механической обработки древесины способствует увеличению производительности и уменьшению трудоемкости производства деталей. Решение этой проблемы зависит от оптимальных качеств режущего инструмента, обеспечивающего высокие режимы резания при хорошем качестве и точности обработки.

Особое значение имеет решение проблемы качества обработки древесины. До последнего времени исследование процесса резания древесины заключалось в большинстве случаев в решении силовых зависимостей и в малой степени раскрывало физическую сущность качества обработки и зависимость его от различных факторов. В то же время производительность обработки диктуется качеством ее — чистотой поверхности. В свою очередь чистота обработки зависит в большой степени от оптимальной геометрии инструмента и качества его подготовки к работе.

Таким образом, режущий инструмент является тем революционизирующим фактором, который приводит к созданию новых конструкций станков и рациональных методов обработки.

Научные проблемы и практические задачи совершенствования конструкций дереворежущих инструментов и методов их подготовки к работе

Трансформация древесных материалов, а также конструкций изделий из древесины порождает новые виды обработки, новые конструкции инструментов, новые повышенные требования к их стойкости и режущим свойствам. Все это соответственно ставит практические задачи, разрешение которых зависит от полноценного решения научных проблем.

На ближайший период развития науки о режущих инструментах можно наметить следующие основные проблемные вопросы:

1. Исследование физической сущности износа — затупления режущих инструментов и выбор оптимальных, более износостойких материалов для их изготовления, методов облагораживания, а также совершенствование геометрических параметров и выбор оптимальных режимов резания.

2. Исследование условий, обеспечивающих жесткость — устойчивость в работе рамных, дисковых и ленточных пил. Эта проблема многогранная. Она связана с динамикой процесса резания, размерными параметрами зубьев и полотна пил, с тепло-

выми явлениями, возникающими в пилах, и влияющими на их напряженное состояние. Большое значение в решении этой проблемы имеют и методы обработки полотен пил, их установка и закрепление.

Современные методы компенсации температурных напряжений посредством охлаждения или выравнивания температур в полотнах пил должны широко внедряться в практику деревообработки.

3. Исследование оптимальных линейных и угловых параметров режущих элементов инструментов, обеспечивающих высокую производительность, хорошее качество и точность обработки при различных условиях работы.

Несмотря на большое количество экспериментальных данных, устанавливающих оптимальные значения угловых и размерных параметров, все еще нет теории профилирования режущих элементов на базе динамики процесса резания и теоретических основ формирования поверхности обработки. Теоретические основы резания древесины не вооружают конструкторов-инструментальщиков необходимыми аналитическими данными.

4. Исследование норм точности изготовления, подготовки и установки инструмента, обеспечивающих его высокие эксплуатационные качества.

Внедрение в деревообработку системы допусков и посадок предъявляет к конструкции инструмента и точности его размеров повышенные требования. В свете этого большое значение приобретает правильный расчет допусков на инструмент с учетом специфики древесины и методов обработки деталей. В практику инструментального дела должны широко внедряться современные методы и приборы для контроля точности размеров, состояния и качества подготовки инструмента.

Для улучшения качества и точности подготовки и установки режущих инструментов необходимо разработать дифференцированные показатели качества распиловки в зависимости от состояния инструментального хозяйства и станков.

Проверяя точность подготовки инструментов и показатели чистоты и точности обработки, легко классифицировать культуру труда инструментальщиков как неудовлетворительную, посредственную, хорошую и отличную с соответствующими выводами и мероприятиями по улучшению постановки дела.

Наряду с перечисленными проблемами существует ряд практических задач по совершенствованию конструкций режущих инструментов и методов их подготовки. К таким задачам относятся создание регулируемых мерных инструментов (фрез с пластинками из твердых сплавов и пр.), дисковых пил с механическим креплением режущих элементов из твердого сплава, комбинированных режущих инструментов для совмещения технологических операций.

Основные требования, предъявляемые к оптимальной конструкции дереворезущего инструмента

Проектирование дереворезущего инструмента представляет собой сложную задачу. Удовлетворительное решение вопросов конструирования инструмента в значительной степени определяет его эксплуатационные качества. К таким вопросам относятся: выбор типа инструмента; выбор материала; определение габаритных размеров; назначение угловых параметров; профилирование фасонных режущих кромок; расчет прочности; расчет размещения стружки во впадине зубьев; учет способов заточки с сохранением постоянного значения угловых параметров и профиля режущей кромки; выбор технологии изготовления инструмента; расчет допусков на основные размеры; выбор технологии восстановления и ремонта.

Оптимальная конструкция дереворезущего инструмента должна обеспечивать:

- высокую производительность;
- высокое качество поверхности обработки древесины;
- точность обработки деталей;
- износостойкость инструмента;
- безопасность в работе;
- длительный срок службы;
- простоту и точность подготовки к работе;
- легкость и точность установки инструмента в станок;
- простоту и точность изготовления;
- предотвращение брака термической обработки (трещин и пр.).

Удовлетворение указанных требований в основном зависит от правильного выбора материала инструмента, правильной термической его обработки, от угловых и линейных параметров и конструктивных форм инструмента.

При проектировании инструмента должны быть учтены и экономические соображения: стоимость его изготовления и срок службы (долговечность). Рациональная конструкция инструмента должна способствовать станочной обработке его частей с минимальным применением слесарных ручных работ, так как последние не обеспечивают необходимой точности изготовления инструмента и к тому же удорожают его стоимость.

Сложные инструменты целесообразно конструировать составными или со вставными режущими элементами. Последний вариант целесообразно (в экономическом отношении) осуществлять в случае применения вставных резцов из быстрорежущей стали или твердых сплавов.

Эффективным мероприятием является нормализация режущего инструмента, обращающегося в данном производстве. Это первоочередная задача в деле рационализации инструментального хозяйства.

При проектировании инструмента должны быть предусмотрены мероприятия, способствующие уменьшению производственного шума.

Особое внимание конструктор должен обращать на безопасность работы инструмента. Крепление вставных режущих элементов должно быть надежным. В корпусе и вставных резцах следует предусматривать предохранительные приспособления, исключающие вылет резцов при работе.

Классификация инструмента

Инструмент, применяющийся в деревообрабатывающих производствах, можно разделить на следующие группы по его назначению:

1. Станочный инструмент для механической обработки древесины.

2. Ручной инструмент для ручной обработки древесины.

3. Вспомогательный инструмент для закрепления режущего инструмента в станок (исключая элементы станка).

4. Рабочий инструмент для подготовки режущего инструмента к работе.

5. Контрольно-измерительный инструмент для контроля операций по подготовке режущего инструмента к работе и для измерения его геометрических параметров.

Станочный дереворежущий инструмент может быть нормальным и специальным. Нормальный станочный инструмент, широко применяющийся в деревообработке, подлежит классификации в первую очередь. Специальный инструмент, нужный для обработки единичных или мелкосерийных деталей, имеет ограниченное использование и поэтому в учебнике не рассматривается.

Классификация дереворежущего нормального инструмента является первым этапом нормализации и стандартизации инструмента, а также правильной организации инструментального хозяйства деревообрабатывающих производств.

Прежде чем устанавливать принципы классификации дереворежущего инструмента, следует определить основные факторы, влияющие на его конструкцию. К ним относятся: вид и разновидность работы, тип станка, режим работы и пр. Основным из этих факторов является вид работы, так как он определяет технологический процесс изготовления детали.

Вариации конструктивных форм инструмента, его размерные данные, зависящие от приведенных факторов, могут служить признаками классификации (рис. 1). Конструктивные признаки многочисленны и разнообразны, поэтому классификация дереворежущего инструмента является сложной задачей. Так, ряд типов инструмента имеет конструктивные варианты для одних и тех же условий работ (фрезы). Ряд типов инстру-

мента применяется на различных станках для разных работ. Ряд типов инструмента, работающих в совершенно различных условиях, имеет внешнее конструктивное сходство (ножи).

В результате такого переплетения факторов, определяющих конструкцию дереворежущего инструмента, классификация его условна. При решении этой задачи следует учитывать целевое назначение и основные требования, предъявляемые к классификации. В качестве основных требований могут быть выдвинуты следующие. Классификация должна: быть не громоздкой;

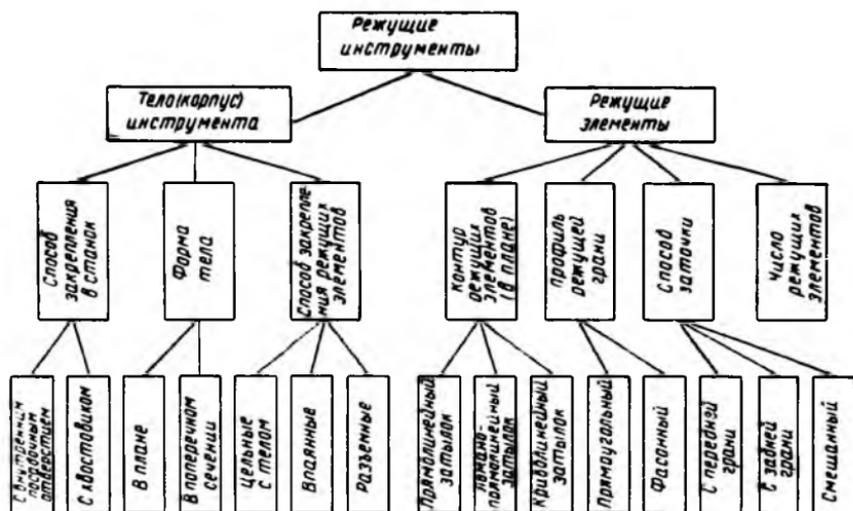


Рис. 1. Признаки, определяющие конструкцию дереворежущего инструмента

объединять инструмент в группы по общим технологическим признакам и видам; отражать общую производственную и конструктивную характеристику различных типов инструмента; предусматривать рациональную систему индексации инструмента.

Основное разделение дереворежущего станочного инструмента на группы осуществляется по видам (характеру) обработки древесины резанием.

Пилы. Пила представляет собой многолезцовый инструмент в виде полотна, ленты, диска, цилиндра с режущими лезвиями на рабочей части. Пилы применяются для раскроя древесины.

Фрезерные инструменты. Фрезы представляют собой однолезцовый или многолезцовый инструмент в виде тела, снабженного режущими элементами (зубьями с режущими лезвиями); при вращении зубья вступают в работу последовательно один за другим во время подачи материала перпендикулярно оси вращения фрезы, поступательного движения фрезы или

вращения детали. Фрезерный инструмент применяется для фасонной или плоскостной обработки деталей, для выполнения прямоугольных или фасонных пазов, шипов и фасонных деталей.

Сверла и зенкеры. Сверла представляют собой инструмент в виде стержня с цилиндрическим или винтообразным телом, снабженного по торцу режущими элементами, которые в процессе вращения углубляются в древесину при одновременном перемещении сверла или древесины вдоль оси сверла. Разновидностью сверла является зенкер, представляющий собой режущий инструмент в виде фасонного тела, на торцевой и (в некоторых типах) боковой частях которого расположены режущие элементы (лезвия); при вращении и перемещении вдоль оси они производят резание. Зенкеры применяются для частичной фасонной обработки уже высверленных отверстий или для создания фасонных углублений — гнезд в древесине.

Гнездообразующие (долбежные) инструменты. Гнездообразующие инструменты применяются для образования продольных гнезд. Их конструкции различаются по форме и кинематике резания: фрезерная цепь, комбинированное полое квадратное долото со сверлом, качающаяся стамеска с долбяками и пр.

Токарные резцы. Токарный резец представляет собой инструмент в виде стержня или пластинки с фасонным или прямолинейным лезвием, обрабатывающим древесину при ее вращении (или вращении резца) и поступательном перемещении резца к оси вращения древесины и вдоль последней.

Шлифовальный (абразивный) инструмент. Шлифовальный многолезвийный инструмент имеет абразивные зерна, укрепленные на основе (бумаге, полотне) и между собой цементирующей связкой. Шлифовальные шкурки применяются для чистой обработки поверхности детали.

Дальнейшее деление инструмента происходит по принципу уточнения формы его тела и режущих элементов или способа крепления. При этом дробление на виды и разновидности обуславливается сочетанием отличительных признаков корпуса (тела) и режущих элементов. Ввиду того что сочетание этих признаков разнообразно, разделение на виды и разновидности имеет разные варианты. Так, для различных типов инструмента признаками подразделения являются:

вид — контур режущих элементов либо способ заточки;
разновидность — форма режущих элементов.

Приведенные принципы классификации далее используются при рассмотрении групп инструментов.

Основные части режущего инструмента

Любой из дереворежущих инструментов состоит из двух основных частей: режущей части и тела. Каждая из этих частей имеет свои функции и характеризуется размерными параметрами.

Режущая часть в виде режущих лезвий (зубьев) или их совокупности при многолезвийном (многозубом) инструменте является основной его частью. У некоторых таких инструментов (концевых пазовых фрез, насадных пазовых фрез, сверл, гнездообразующих инструментов и пр.) режущая часть является и калибрующей, размер которой определяет размер выполняемой операции: например, диаметр сверла — диаметр отверстия. Такие режущие инструменты называются мерными.

При конструировании режущих элементов необходимо предусматривать соответствующие угловые значения режущих частей в соответствии с условиями резания и положением режущих кромок в пространстве. Помимо этого, следует учитывать наилучшие условия схода стружки, ее размещение во впадине зуба и пр. Линейные параметры надо выбирать с учетом соответствующей прочности и жесткости режущего элемента соответственно усилиям резания при данных условиях обработки.

Тело (корпус) режущего инструмента является соединительной частью. Ее назначение заключается в передаче усилий, развиваемых органами резания станка, к режущей части.

У пил разного типа телом инструмента является полотно, лента или диск. У сверл соединительной частью служит хвостовая часть цилиндрической или конусной формы, которая вставляется в патрон или гнездо рабочего шпинделя станка; у насадной фрезы, дисковой пилы — отверстие, которым инструмент насаживается на конец шпинделя станка и закрепляется затяжной гайкой между шайбами.

Параметры тела должны обеспечивать инструментам достаточную прочность и жесткость для устойчивости режущих элементов при воздействии на них усилий резания, сил инерции, натяжения и пр. Для ряда инструментов (пил, сверл и пр.) параметры тела определяют рабочую величину стачивания — число возможных переточек, т. е. срок службы инструмента.

Угловые параметры режущих элементов

Из теории резания древесины известно, что угловые параметры режущего инструмента влияют на стружкообразование и, следовательно, на усилие резания и качество обработки древесины. В связи с этим при проектировании режущих инструментов необходимо выбирать угловые параметры режущих элементов в соответствии с условиями обработки древесины (породой древесины, ее физико-механическим состоянием, режимами резания, требованиями к чистоте поверхности обработки и пр.).

При определении угловых параметров необходимо учитывать параметры основных движений инструмента и материала (контурные статические углы и углы движения), а также положение

режущего элемента в пространстве (пространственные углы — углы боковых режущих элементов).

Контурные статические углы рассматриваются в основной плоскости инструмента (плоскости чертежа). Границы статических угловых значений определяются касательной к линии вершин зубьев (или направлением вектора главного движения резания) и нормалью к ней.

На рис. 2 контурные статические углы резца (без движения) определяются значениями заднего угла α и угла наклона γ .

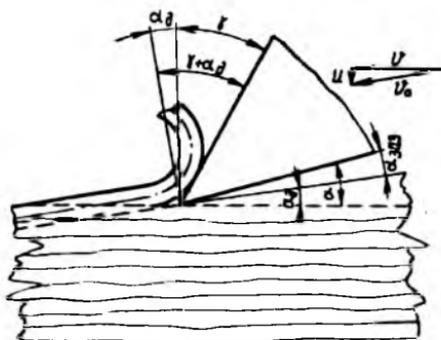


Рис. 2. Углы резания резца с учетом направления траектории его относительного движения

Данные угловые значения предусматриваются на рабочем чертеже инструмента.

Если соотношение скоростей подачи резания имеет соизмеримые значения, например для концевых пазовых фрез, сверл, необходимо учитывать контурные углы движения. В этом случае траектория относительного движения резца в обрабатываемом материале располагается к горизонтали под наклоном $\rightarrow \alpha_d \rightarrow$ (см. рис. 2):

$$\alpha_d = \arctg \frac{u}{v} \quad (1)$$

Данный угол условимся называть задним углом движения. В результате наклона траектории относительного движения резца ранее рассмотренные задние углы α уменьшаются на величину α_d . Фактические задние углы резания, которые условимся называть углами зазора $\alpha_{зая}$, будут соответствовать следующему выражению: $\alpha_{зая} = \alpha - \alpha_d$.

Соответственно изменяются углы наклона и резания.

Для инструментов, работающих с малыми скоростями резания (сверл, концевых фрез и проч.), задние углы движения при форсированной подаче достигают 2—8°. С такими величинами приходится считаться и предусматривать для уменьшения трения задней грани о поверхность обработки достаточные значения контурных задних углов.

Усилие резания зависит от значений составляющих: нормальной усилий, действующих на древесину со стороны рабочих граней режущей части инструмента, и сил трения, возникающих при перемещении резца от взаимодействия древесины и снимаемой стружки с рабочими гранями резца. В зависимости от расположения лезвия инструмента по отношению к направлению его движения и от сочетания этих движений нормальные силы резания и силы трения могут быть расположены в различных плоскостях (рис. 3).

Давление деформированного объема срезаемой древесины и поверхности обработки на переднюю и задние грани резца направлено нормально к их контактным площадкам, т. е. лежит в плоскости N , нормальной к лезвию.

Направления сил трения как функций нормальных давлений на контактные площадки передней и задней граней определяются направлением относительного движения резца и направ-

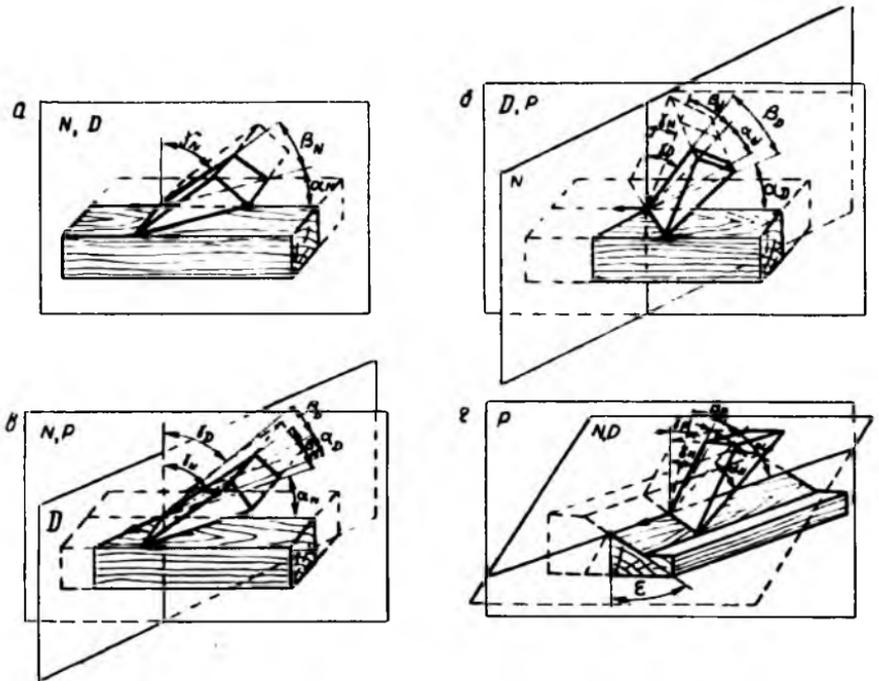


Рис. 3. Варианты продольного резания древесины элементарными резцами

лением схода стружки по передней грани резца. Исследования автора показали, что перемещение стружки по передней грани резца (сход стружки) осуществляется в плоскости вектора скорости относительного движения резца, условно названной плоскостью движения D . Следовательно, векторы сил трения лежат в плоскости движения, в ряде случаев расположенной под углом к нормальной плоскости N .

На рис. 3 приведены четыре типичных случая открытого резания древесины элементарным резцом. Для первого, простейшего случая (рис. 3, *a*), когда направление движения резца нормально к лезвию последнего, нормальная плоскость N и плоскость движения D совпадают. Для второго случая (рис. 3, *б*),

когда лезвие расположено под углом к направлению его движения, нормальные силы резания рассматриваются в плоскости N , а силы трения в плоскости движения D . Для третьего случая (рис. 3, θ), когда резец движется вдоль и поперек образца древесины (вектор относительной скорости расположен под углом к лезвию, меньшим 90°), нормальные силы и силы трения также действуют в различных плоскостях N и D . Четвертый случай резания (рис. 3, ε) аналогичен первому, так как вектор скорости резания составляет с лезвием прямой угол; однако этот случай отличается от первого тем, что основная секущая площадь P , определяющая значения контурных углов резца, не совпадает с нормальной к лезвию резца плоскостью N из-за наклонного расположения лезвия.

Плоскость P определяет значения контурных углов резца, обычно отраженные в рабочих чертежах инструмента. В зависимости от типа инструмента основной секущей плоскостью P является либо плоскость инструмента (пилы, насадной фрезы, сверла), либо плоскость, нормальная к ней или к оси инструмента (ножа, концевой фрезы). Для правильного анализа всех факторов, сопутствующих резанию древесины тем или иным режущим инструментом, необходимо рассматривать угловые параметры сложных режущих инструментов в различных плоскостях (P , N , D), придавая им оптимальные значения, обеспечивающие нормальный процесс резания.

При последующем рассмотрении типичных конструкций режущего инструмента это обстоятельство найдет свое отражение. Условно примем следующее наименование углов режущих элементов. Углы резца в плоскости движения D отражают процесс резания в кинематическом отношении, поэтому их можно назвать кинематическими углами резания. Углы резца в плоскости N , нормальной к режущей кромке, определяют напразные нормальных давлений, вследствие чего их можно условно назвать динамическими углами резания. Углы резца в основной секущей плоскости P определяют контур режущих элементов в плане или в поперечном сечении при вычерчивании рабочего чертежа инструмента, поэтому условно назовем их контурными.

В случае расположения участков режущей кромки под углами $\varepsilon=90^\circ$ к основной плоскости P , совпадающей с плоскостью движения D , как это представлено на рис. 3, значения углов резания в плоскости N , нормальной к ним, будут отличаться от значений контурных углов этих участков кромки.

Из рис. 4, a видно, что для участка режущей кромки 3—4, фасонного резца в точке A , значения углов α_N и γ_N будут меньше, чем значения контурных углов α_D и γ_D в плоскости DD . Для участка режущей кромки 2—3 в точке B , если $\angle \varepsilon=0$, они будут равны 0, так как $\angle \beta_N=90^\circ$. Передний и задний углы для режущих кромок, расположенных к основной плоскости PP под

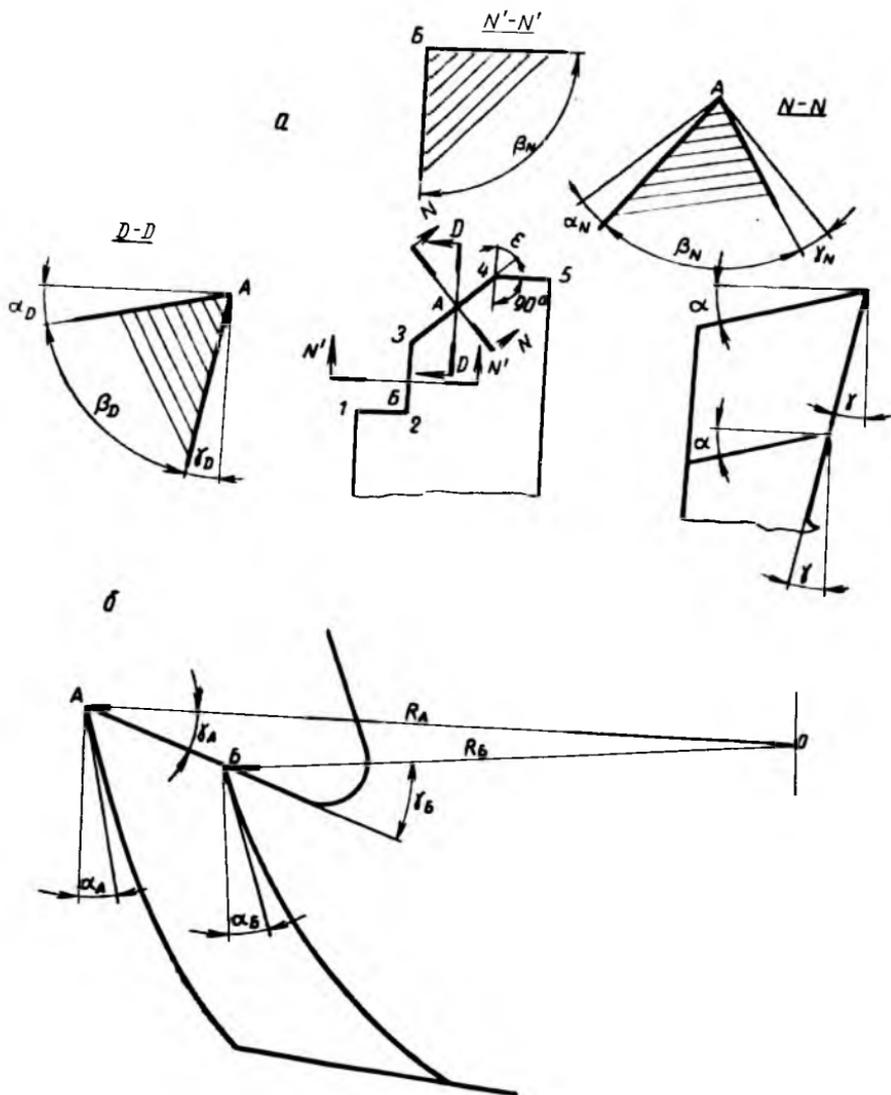


Рис. 4. Режущие элементы:

α — угловые значения в различных секущих плоскостях (NN или DD); β — зависимости угловых значений от радиуса резания для инструментов с вращательным движением резания

углом наклона ϵ , будут равны следующим выражениям:

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \operatorname{tg} \alpha \sin \epsilon; \quad (2)$$

$$\sin \gamma_N = \sin \gamma \sin \epsilon. \quad (3)$$

По этим формулам следует, что для боковых кромок, расположенных к основной плоскости инструмента под $\angle \epsilon = 0$, $\sin \epsilon = 0$, а также $\angle \alpha_N$ и $\angle \gamma_N$ соответственно равны нулю.

Для режущих кромок, расположенных под $\angle \epsilon = 90^\circ$, $\sin 90^\circ = 1$ и, следовательно, контурные углы совпадают с углами в нормальной плоскости, так как плоскость DD совпадает с плоскостью NN .

Для участков режущей кромки, расположенных под углом к основной кромке, меньшим 90° ($\angle \epsilon < 90^\circ$), углы в нормальной плоскости к ним будут меньше контурных углов резания, так как $\sin \epsilon$ при $\angle \epsilon < 90^\circ$ меньше единицы. Когда значения $\angle \gamma_N$ приближаются к нулю, для улучшения условий резания боковой режущей кромки переднюю поверхность зуба (резца) затачивают под углом косо́й заточки ϕ , а для устранения трения задней поверхности резца о поверхность обрабатываемой древесины заднюю поверхность посредством специальной обточки образуют под углом τ — углом косо́й боковой обточки.

В результате специальной косо́й боковой обточки задней поверхности под углом τ создают соответствующий задний угол бокового зазора $\alpha_{\text{заз}}$.

При проектировании режущих инструментов (путем анализа значений углов в различных плоскостях) определяют основные значения контурных углов и проводят те или иные мероприятия (косо́ую заточку передней грани, боковую обточку задней поверхности и пр.) для нормальной работы всех участков режущей части инструмента. Если не обеспечить для участка режущей части инструмента, имеющего $\angle \alpha_N = 0$, соответствующего заднего угла ($\angle \alpha_{\text{заз}}$), поверхность инструмента от сильного трения будет нагреваться, что приведет к поджогам древесины, температурным напряжениям и т. д.

В случае конструирования инструмента, основное движение резания которого осуществляется вокруг оси (вращательное движение фрезы, сверла и пр.), необходимо учитывать, что контурные углы резания отдельных участков режущей кромки имеют различное значение в зависимости от радиуса резания.

На рис. 4, б видно, что углы γ и α увеличиваются с уменьшением радиуса резания, так как направления нормалей к окружностям этих точек (A и B) не параллельны, как это представлено на рис. 4, а, а сходятся к одной точке O как к центру, так как являются радиусами их. Это обстоятельство надо учитывать при выборе оптимальных значений угловых параметров режущих инструментов (фрез, сверл и пр.), о чем изложено далее при рассмотрении основных положений конструирования инструментов.

Рабочий чертеж инструмента и технические условия на его приемку

Большое количество нормализованного дереворежущего инструмента изготавливается в централизованном порядке на инструментальных заводах. Пилы всех видов изготавливаются на Горьковском металлургическом заводе (ГМЗ), фрезы насадные и концевые, а также сверлильный инструмент — на Свердловском (СИЗ) и Томском (ТИЗ) инструментальных заводах, дереворежущий инструмент с пластинками из твердых сплавов — на Каменец-Подольском инструментальном заводе. Однако еще много типов дереворежущих инструментов приходится изготавливать собственными силами фирм или деревообрабатывающих предприятий. В связи с этим большое значение имеет правильное проектирование дереворежущего инструмента — составление рабочего чертежа на инструмент и технических условий на его приемку. На многие нормальные инструменты имеются ГОСТ (на пилы, ножи, типовые насадные и концевые фрезы) и утвержденные нормали (на фрезы, сверлильные инструменты, фрезы с пластинками из твердых сплавов и пр.). Часто на деревообрабатывающих предприятиях приходится проектировать и изготавливать режущие инструменты с учетом специфики данного производства.

При изучении курса «Дереворежущие инструменты», особенно специальности «Машины и оборудование деревообрабатывающих производств» (0519), студентами выполняется курсовой проект по дереворежущим инструментам. В содержание проекта входят следующие задания:

- 1) разработка рабочих чертежей на характерные конструкции дереворежущих инструментов (два-три типа);
- 2) графическое профилирование фасонных фрезерных инструментов;
- 3) расчет инструмента на прочность или жесткость;
- 4) расчет допусков на точность изготовления и установки инструмента;
- 5) составление технических условий на приемку инструмента.

Ниже приведены некоторые методические указания к составлению рабочих чертежей и технических условий на инструмент.

Рабочий чертеж должен иметь достаточное количество проекций и разрезов, чтобы дать наглядное представление о конструкции инструмента. На рабочем чертеже должны быть указаны все размеры инструмента в строгом соответствии с ГОСТ. Для многозубного инструмента, например пилы, вычерчивают на общем виде инструмента два-три зуба, остальные не вычерчивают. Дополнительно в этих случаях дается чертеж отдельного зуба в большем масштабе с отдельными видами боковых проекций или разрезов, характеризующих угловые параметры боковых режущих кромок.

При проектировании режущего инструмента нельзя упускать так называемые мелкие вопросы, так как они могут определить качество работы инструмента или его прочность. В частности, галтели, фаски, радиусы закругления переходов зачастую влияют на прочность инструмента, так как при термической его обработке в местах резких переходов и острых внутренних углов концентрируются напряжения, могущие привести к разрыву.

При проектировании инструмента должны быть учтены соответствующие ОСТ и ГОСТ: на нормальные диаметры (ОСТ 6270), на размеры цилиндрических хвостовиков (ОСТ НКМ 4044), на размеры закруглений (ОСТ 4137), на резьбу, сбеги и проточки для резьбы (ОСТ НКТМ 1714—39), на конусы (ГОСТ 2847—45), на допуски точности изготовления и пр.

На рабочем чертеже обязательно указывают чистоту обработки поверхности инструмента. Класс чистоты поверхности устанавливается в зависимости от функций, выполняемых этой поверхностью. При назначении класса чистоты обработки можно руководствоваться данными, приведенными в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Классы чистоты обработки поверхности режущих инструментов

Инструмент	Режущие поверхности			Опорные и установочные поверхности	
	передняя	задняя	боковые	опорная поверхность	торец
Пилы цельные	▽8	▽8	▽7	▽7	—
» с пластинками из твердых сплавов	▽8	▽8	▽9	▽7	—
Ножи	▽8	▽7	▽4	▽6	▽7
Фрезы насадные	▽8	▽8	▽8	▽7	▽7
» концевые	▽8	▽8	—	▽7	—
Сверла	▽8	▽8	—	▽7	—
Фрезерные цепи	▽8	▽7	▽7	▽6	▽6

Техническими условиями на приемку инструмента предусматривается освещение следующих вопросов:

1. Назначение инструмента. Область применения или вид технологической операции с указанием породы обрабатываемой древесины или вида древесных материалов.

2. Материал инструмента. Характеристика химического состава материала или марка стали (с указанием ГОСТ), из которой должен быть изготовлен инструмент.

3. Микроструктура и твердость материала инструмента (по прибору Роквелла). Требования к микроструктуре стали металла и его твердости, характеризующие правильность термической обработки. Диапазон колебаний твердости в отдельных местах инструмента.

4. Допускаемые отклонения от основных размеров инструмента. Этот вопрос является основным. Отклонения от основных размеров инструмента определяют точность его изготовления. Последняя связана с требованиями к точности обрабатываемых данным инструментом деталей из древесины в соответствии с системой допусков и посадок на деревянные детали (ГОСТ 6449—53).

В этом разделе указывают допуски на основные размеры режущих элементов инструмента, определяющие размер операции, допуски на свободные размеры, угловые параметры, диаметры наружный и посадочного отверстия (или соответственно длину, ширину и толщину инструмента). Наряду с допусками размеров определяют допуски форм инструмента: параллельность боковых поверхностей, разнотолщинность, радиальное биение, соосность, допускаемый дисбаланс и пр.

5. Чистота обработки поверхности инструмента. Указывают класс чистоты обработки основных поверхностей: режущих, опорных и пр.

6. Методы испытания инструмента в работе. Условия, при которых должен испытываться инструмент, требования к качеству обрабатываемой поверхности древесины и стойкости инструмента.

7. Методы контроля инструмента. Этот вопрос является очень важным, так как контроль также определяет точность и качество изготовления инструмента. В этом разделе рассматривают измерительные приборы и инструменты, применяемые при контроле, по размерам и допускаемым отклонениям; по внешнему виду; по составу и твердости материала инструмента.

8. Маркировка инструмента. Условный индекс маркировки и место его расположения.

9. Упаковка. Требования к упаковке и антикоррозионной смазке инструментов.

Для освоения правил контроля и приемки инструментов студенты проходят лабораторные занятия — определение качества инструментов по техническим условиям согласно ГОСТ или ТУ.

Глава II

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Условия работы дереворежущих инструментов и физическая сущность их износа

Для успешной работы дереворежущего инструмента необходимо, чтобы он обладал определенным комплексом свойств, соответствующих условиям его работы.

Основное требование к материалу и геометрии любого дереворежущего инструмента — сохранение остроты лезвия

(режущих способностей) наиболее продолжительное время. Потеря остроты, или затупление режущей части дереворежущего инструмента в процессе резания древесины, может происходить вследствие аварийного (случайного) износа — излома, выкрашивания частей режущей грани и постепенного (монотонного) износа материала инструмента. Первоначальная острота режущей грани в свою очередь зависит от свойств материала и геометрии режущей части инструмента, а также от качества его подготовки (заточки и доводки).

Аварийный износ происходит в тех случаях, когда возникающие напряжения превышают предел прочности металла и металл обладает хрупкостью или когда часть инструмента сминается — изгибается при малой твердости. В основном аварийный износ объясняется несоответствием механических качеств материала и угловых параметров инструмента условиям резания или дефектами материала (микроликвацией и прочими местными микро- и макродефектами материала), а также дефектами заточки инструмента.

Значительно сложнее объяснить физическую сущность монотонного износа дереворежущего инструмента в зависимости от условий резания древесины, режимов резания и материала инструмента. Природа монотонного износа в современных условиях механической обработки древесины и древесных материалов в полной мере еще не выяснена. Первоначальное представление о монотонном износе как о процессе механического истирания металла инструмента не отражает всего существа многообразного и сложного процесса износа современного высокопроизводительного режущего инструмента в зависимости от различных условий его работы.

Условия работы, которые определяют смену материала инструмента, в историческом плане можно условно разделить на следующие категории:

1. Резание древесины при малых скоростях и малой производительности обработки.
2. Резание древесины при больших скоростях резания и высоких требованиях к качеству и производительности обработки.
3. Резание современных древесных материалов, интенсивно изнашивающих инструмент.

В соответствии с изменением условий работы дереворежущих инструментов происходило развитие материала инструмента по этапам: первый этап — длительный период исторического развития материала инструмента: камень, медь, железо, инструментальная сталь; второй этап — материалы, обеспечивающие высокие скорости резания: инструментальная углеродистая сталь, малолегированная сталь, высоколегированная сталь, быстрорежущая сталь; третий этап — современная обработка древесных материалов инструментом из быстрорежущей стали, стеллитов, твердых сплавов.

Требования к качеству материала дереворежущих инструментов первого этапа в основном сводились к оптимальному сочетанию твердости и пластичности металла, обеспечивающему предотвращение аварийного износа и высокую стойкость металла к истиранию.

Высокие скорости резания второго этапа развития технологии деревообработки потребовали применения более износостойкого материала инструмента, выдерживающего большие динамические и вибрационные нагрузки. Большое значение приобрела теплостойкость, чем отличаются быстрорежущие стали.

Обработка древесины, пропитанной антисептиками, клееной различными клеями, а также обработка древеснослоистых пластиков требует применения режущего инструмента повышенной твердости, так как различные кристаллические включения и клеевая прослойка обладают значительными абразивными (шлифующими) свойствами, быстро изнашивающими металл инструмента. Износ металла в этих случаях носит характер механического удаления крупных его частиц или аварийного износа отдельных частей лезвия за счет абразивного действия твердых включений в древесине. Наиболее подходящим материалом для инструмента, применяющегося при обработке клееной древесины, древеснослоистых пластиков и пр., являются твердые металлокерамические сплавы.

Для правильного выбора материала дереворежущих инструментов в зависимости от условий его работы необходимо уяснить физическую сущность износа. Ниже приведен ряд гипотез, объясняющих физическую сущность монотонного износа.

Износ современных высокопроизводительных дереворежущих инструментов представляет собой сложный физико-химический процесс, включающий в различных сочетаниях следующие процессы: механическое диспергирование, тепловой износ, окислительный износ, электрохимическую коррозию, электрическую эрозию, абразивный износ.

Механическое диспергирование — истирание металла режущего инструмента представляет собой в сочетании с другими факторами износа доминирующий процесс. Интенсивность механического диспергирования зависит от интенсивности усилий и коэффициента трения в процессе резания. Если на аварийный износ влияют непосредственно нормальные силы резания, то на монотонный износ в основном влияют касательные силы резания, т. е. силы трения.

В определенной степени механическое диспергирование металла при его износе можно объяснить и усталостью металла от многократно повторяющихся непериодических усилий в процессе резания — контактов резца с древесиной.

Усталостной теорией стойкости можно также объяснить унос с граней резца карбидной фазы — самой твердой структурной составляющей. В силу многократно повторяемых

трущих и других воздействий древесины на грани реза удаляются вначале более мягкие структуры. Древесина, огибая жесткие края карбидов, несколько глубже изнашивает связующую их основу. Карбиды крупных размеров начинают выступать из основного металла, что резко меняет характер износа. Древесина начинает воздействовать на выступающие части с многократным повторением периодической нагрузки, постепенно рыхлывает их, ослабляя связи карбида с основой. При появлении усталости металла карбид выпадает, увлекая за собой некоторое количество более мягкого компонента. Такая схема износа подходит к объяснению затупления твердых сплавов.

Тепловой износ — процесс интенсивного разрушения режущих поверхностей металла инструмента при их трении о древесину и возникающем при этом нагреве. Тепловой износ подчиняется следующим закономерностям:

1. При больших скоростях скольжения и значительном удельном давлении в тонких поверхностных слоях металла при трении образуется большое количество теплоты, которая концентрируется и не успевает отводиться в глубь металла. В результате этого поверхностные слои нагреваются до высоких температур.

2. Вследствие своеобразной термической обработки, протекающей в поверхностных слоях металла, изменяется структура поверхности трения.

3. Высокие температуры, возникающие в поверхностных слоях, приводят к уменьшению прочности металла. Резкое уменьшение прочности способствует размягчению и размазыванию тонких поверхностных слоев. В слоях глубиной 0,002—0,003 мм, прилегающих к лезвию, в результате такого нагрева изменяется структура металла, а следовательно, происходит потеря прочности и твердости, в результате чего изменяется и сам процесс износа.

По исследованиям канд. техн. наук К. И. Демьяновского, Л. Н. Мелехина (ЛТА имени С. М. Кирова) и Р. А. Лейхтлинга (Сибирский технологический институт), посредством метода сравнительных эталонов, импульсные тепловые процессы в поверхностных слоях лезвия дереворежущих инструментов (глубиной до 5—20 мк) достигают высоких температур: в фрезерных инструментах 600—700°, в дисковых пилах 700—850°, в концевых фрезах 700—800° и выше.

Повышающаяся в связи с повышенной температурой пластичность при периодическом характере работы резцов ведет к интенсивному развитию окислительных процессов. Износ на микроучастках режущего инструмента в таких случаях происходит главным образом из-за постоянного образования и уноса текучего пластического поверхностного слоя. Подвижность поверхностных слоев весьма велика, так как древесина, сравни-

тельно мягкий материал в контакте с резцом размазывает новую поверхностную структуру металла резца, что приводит в отдельных случаях к напльвам металла в зоне резания (рис. 5, а).

Опытами установлено, что новая поверхностная структура образуется по передней и по задней граням резцов. По передней грани в этом случае возникают лунки чаще всего при использовании сталей перлитного класса.

В условиях резания древесины при значительном нагреве поверхностных микрослоев износоустойчивость определяется главным образом химическим составом стали, ее теплоустойчи-

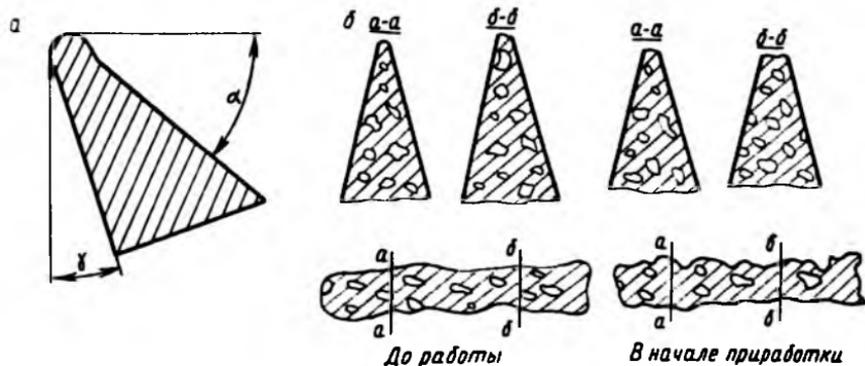


Рис. 5. Виды износа режущих элементов инструментов для обработки древесины:

а — размазывание металла резца в виде напльва; б — выкрошивание карбидных зерен в зоне режущего лезвия

востью. В сталях, обладающих большой теплоустойчивостью, реакции всех структурных превращений, особенно связанных с распадом твердых растворов, происходят замедленно, что является важнейшим условием для увеличения износоустойчивости режущего инструмента. Это новое положение служит основанием при выборе химического состава стали и режима ее термической обработки для ряда инструментов, подверженных высоким температурным нагревам поверхностных слоев. Добавки таких легирующих присадок, как хром, вольфрам, являются в этом случае весьма желательными, так как повышают теплоустойчивость металла инструмента.

Окислительный износ — процесс постепенного разрушения поверхности металла при трении, выражающийся в сложном сочетании явлений: адсорбции кислорода на поверхности трения, диффузии кислорода в поверхностных слоях, пластической деформации металла с образованием химических адсорбированных пленок, пленок твердых растворов и химических соединений металла с кислородом и отделением их от поверхности трения.

При окислительном износе износоустойчивость является функцией пластичности металла, поэтому мягкие стали менее износостойки, чем твердые. Окислительный износ эффективно развивается в тех случаях, когда контакт скользящих поверхностей носит пульсирующий характер. Особенно интенсивно окислительное изнашивание металла протекает при сильном нагреве поверхности трения.

По результатам экспериментальных исследований канд. техн. наук И. М. Курис установлено, что в основе износа дереворежущих инструментов с пластинками из твердого сплава (фрез) при обработке склеенной синтетическими клеями древесины лежит процесс термомеханической деструкции последних с образованием продуктов, способных инициировать окисление металлов и сплавов кислородом воздуха, а также непосредственно реагировать с ними, образуя металло-полимерные соединения. Окислению сплава на сравнительно большую глубину газообразными продуктами деструкции способствует высокая пористость металлокерамических твердых сплавов. Опыты позволили установить (с помощью рентгеноструктурного анализа), что в продуктах термомеханического диспергирования порошка кобальта совместно с порошком клея имеются окислы кобальта (CoO), в то время как в отсутствие клея окислы не обнаружены (при определенной температуре нагрева).

Электрохимическая коррозия — процесс износа металла резца под действием электрического тока, возникающего при резании древесины. Исследования кафедры станков и инструментов ЛТА имени С. М. Кирова показали, что в процессе резания древесины на резце и в стружке, снимаемой резцом, возникают электрические заряды различной полярности. Заряды образуются в результате трения резца о древесину и вследствие пьезоэлектрического эффекта при деформации древесины в процессе резания. При резании сырой древесины органические кислоты, находящиеся в ее клетках, и влага представляют собой электролит, поэтому металл резца подвергается электрохимической коррозии. Впервые это предположение было высказано Д. М. Калининым.

Исследования Е. Кивимаа в 1950 г. (Финляндия) подтвердили наличие электрохимических факторов разрушения металла резца в процессе резания сырой древесины. Это положение дало основание активно воздействовать при помощи электричества на процесс затупления, ускоряя или замедляя его. Так, в случае присоединения положительного полюса постоянного тока (напряжением 1500 в и силой тока в несколько миллиампер) к ножевому валу строгального ножа, изолированного от станка, а отрицательного полюса к древесине, затупление ускорялось. При обратной полярности затупление значительно замедлялось по сравнению с нормальным процессом. Критерием затупления является рост силы резания. В сталь деревообрабатывающих

инструментов для увеличения ее устойчивости против коррозии следует добавлять легирующие присадки, например хром, кремний и др.

Электрическая эрозия — процесс износа поверхности металла под действием электрических искровых разрядов.

Статическое электричество, возникающее при резании в результате трения резца о сухую древесину, может привести к искровым разрядам и электроэрозионному разрушению поверхности металла инструмента. На поверхности задней грани строгальных ножей при фрезеровании сухой древесины наблюдаются кратеры от искровых разрядов.

При фрезеровании березы и сосны стружка заряжается отрицательно, а нож положительно. Потенциал заряда стружки находится в пределах 4,8—6,8 кв. При выходе резца из контакта с древесиной образуется электроискровой разряд, который при многократном повторении может привести к электрической эрозии поверхности металла и, таким образом, способствовать более интенсивному износу инструмента.

Для уменьшения влияния электрических явлений на износ дереворежущих инструментов необходимо снятие электрических зарядов, например посредством водяных или масляных туманов, электроионизаторов или протекторной защиты (от воздействия электрохимической коррозии).

На повышение износоустойчивости дереворежущих инструментов (имеются в виду окислительный и тепловой износ или механическое диспергирование) большое влияние оказывает присутствие в сталях инструмента карбидов легирующих элементов.

Карбиды — самая твердая структурная составляющая стали, поэтому равномерно распределенные карбиды, прочно связанные с остальными составляющими стали, будут повышать износоустойчивость сплава в целом. Большое значение имеют их размеры и размещение. Слишком крупные карбиды, расположенные на режущей грани, и их скопление (ликвация, или расположение их по сетке) могут легко выкрошиться, что будет приводить к аварийному износу. Слишком мелкие карбиды, меньше глубины поверхностного слоя, претерпевающего высокий нагрев и находящегося в стадии микропластической деформации, в случае окислительного износа легко могут срываться и уноситься при трении резца о поверхности древесины и стружки. В этом случае тормозить износ они не будут. Карбиды должны быть величиной 0,004—0,006 мм и равномерно распределяться в основе стали. Такого рода карбиды имеются в высоколегированных сталях X12, X12Ф, X12М. Благодаря антикоррозийным свойствам эти стали обладают высокой износоустойчивостью при использовании их для дереворежущих инструментов. Величина карбидов влияет на остроту режущей кромки инструмента и на ее шероховатость.

Схема выкрошивания карбидов, расположенных на самой кромке лезвия, показана на рис. 5, б. Если исключить возможность транскристаллического излома карбидных зерен под влиянием сил шлифования при заточке или сил сопротивления резанию древесины, будет происходить выламывание целых карбидов из основной металлической массы. Одновременно будут отделяться микроучастки металла, сопредельные с соседними карбидами. Такое явление особенно характерно для режущих инструментов с малым углом заострения. В процессе работы на выступающие участки шероховатой режущей кромки будет приходиться большая нагрузка, степень обламывания и шероховатость кромки будет увеличиваться, что отрицательно скажется на качестве обработки поверхности древесины. Поэтому карбидные зерна в материалах дереворежущих инструментов, имеющих сравнительно малые углы заострения лезвий, должны быть более дисперсными. Этим объясняется меньшая острота режущего элемента кромки перлитного класса по сравнению с остротой кромки карбидных и быстрорежущих сталей или твердых сплавов, имеющих меньшую дисперсность зерен. В связи с тем что острота заточенных режущих лезвий инструментов из твердых сплавов имеет худшие показатели, чем инструментов из инструментальных сталей, расход мощности на резание в начальный период работы у них бывает на 10—15% больше.

Исследования затупления различных дереворежущих инструментов показали, что цикл затупления можно в основном разбить на два периода: начальный, или приработочный, и основной, или монотонный. В начальный период резания качество резцов зависит от стойкости лезвия против отгибов, выломов, смятия и других чисто механических воздействий. Следовательно, режущие способности инструмента в этот период определяются структурой и механическими свойствами материала, прежде всего его прочностью и пластичностью, а также качеством материала и его заточки.

В начальный период работы инструмента из-за дефектов материала и плохого качества его заточки наблюдаются случаи аварийного износа. В связи с этим начальный период износа (сравнительно кратковременный) характеризуется интенсивностью и быстрой трансформацией параметров инструментов, особенно с малыми углами заострения.

Второй, основной период износа инструмента характеризуется главным образом монотонностью и зависит от сочетания различных процессов износа в зависимости от условий работы, физико-механических свойств материала инструмента и его геометрии.

Износ дереворежущих инструментов — сложный и многообразный процесс. Для правильного выбора материала инструмента и режимов его термической обработки необходимо про-

водить глубокие теоретические и экспериментальные исследования, детально вскрывающие сущность физического процесса износа режущих инструментов при различных условиях резания. Сравнительные экспериментальные исследования износоустойчивости сталей хотя и позволяют дать практические рекомендации, но не вскрывают всего многообразия процесса износа. Приведенные материалы преследуют цель направить внимание специалистов на творческое решение вопросов этой интересной и важной проблемы.

Современный этап развития техники деревообработки, характеризующийся широким применением новых древесных материалов и пластиков, привел к применению для дереворежущих инструментов твердых сплавов — материала, наиболее стойкого против всех видов износа, особенно абразивного.

Абразивный износ — процесс интенсивного разрушения поверхности материала при трении скольжения, обусловленный наличием абразивной среды в зоне трения и вызванный в местной пластической деформации, микроцарапани и микрорезании абразивными частицами поверхности трения.

Абразивными частицами при резании древесных материалов являются клеевые прослойки, кристаллические вещества составов для пропитки древесины, соли, находящиеся в клетках, и пр.

Твердый сплав в качестве материала для дереворежущих инструментов обладает высокой красностойкостью. Это приобретает большое значение в случае обработки древесных материалов при больших скоростях резания и малых толщинах снимаемой стружки (скоростное пиление и фрезерование древесины). При таких режимах работы инструмента на поверхности режущих элементов инструмента возникают высокие температуры, что приводит к быстрому тепловому износу стали.

Широкое применение должны найти дереворежущие инструменты с пластинками из твердых сплавов в автоматических станочных линиях и многопозиционных автоматах в связи с длительными сроками работы таких инструментов (период между переточками), что увеличивает коэффициент использованного рабочего времени оборудования. Целесообразно также применять твердые сплавы для дереворежущих инструментов, имеющих малую величину рабочей зоны стачивания (малый срок службы), например для концевых пазовых фрез, сверл и др. В некоторых случаях при решении вопроса о применении дереворежущих инструментов с пластинками из твердых сплавов следует исходить из экономических соображений. Надо также помнить, что успешное внедрение дереворежущих инструментов с пластинками из твердых сплавов возможно при высокой культуре труда заточников-инструментальщиков. Заточка и доводка таких инструментов — трудоемкий и ответственный процесс.

В зарубежной практике твердосплавный деревообрабатывающий инструмент широко применяют и при обработке цельной древесины. Несмотря на большую стоимость дереворежущего инструмента с пластинками из твердого сплава по сравнению с инструментом из инструментальной стали (по зарубежным данным в 5—8 раз), экономия благодаря сокращению затрат труда на частые перестановки и заточки инструмента окупает расходы на приобретение твердосплавного инструмента. Физическая сущность такой высокой стойкости против монотонного износа твердых вольфрам-карбидных сплавов объясняется комплексом следующих свойств: абразивной устойчивостью, красностойкостью, коррозионной стойкостью, высокой твердостью, дисперсностью карбидной структуры.

В табл. 2 дано сравнение стойкости дереворежущего инструмента из инструментальной, быстрорежущей стали и из твердых сплавов.

Таблица 2

Сравнительные показатели стойкости фрезерных ножей из различных материалов

Материалы реза	Марка материала	Сравнительная стойкость, %	Твердость, НРС
Инструментальная углеродистая сталь	У8А	100	60,0
Малолегированная хромокремниевая	9ХС	230	63,2
» хромовольфрамовая	ХВГ	130	60,0
» хромованадиевая	85ХФ	140	60,0
Высоколегированная хромистая	Х12Ф	300	59,8
Быстрорежущая	P18	350	60,0
Сормайт	№ 1	460	60,0
Твердый сплав	ВК15	3000	86,0

Характер затупления режущих элементов

Микрогеометрия режущих элементов инструмента в процессе работы претерпевает изменение; вследствие износа металла происходит их затупление. При анализе этого явления прежде всего следует различать два понятия: 1) износ инструмента и 2) затупление его режущих элементов.

Износ инструмента определяется объемом, площадью износа или изменением высоты зуба. Затупление режущих элементов характеризуется изменением их микрогеометрии в процессе работы передней и задней граней зуба. Линейный показатель износа особого значения не имеет, но очень важна микрогеометрия затупившегося реза, характеризующаяся кривыми затупления передней и задней граней зуба.

Степень износа и характер затупления дереворежущих инструментов зависят от ряда факторов, из которых главными являются:

физико-механические свойства и структура материала деревообрабатывающего инструмента;

геометрия режущих элементов (углы заострения и резания), физико-технологические свойства древесины (порода, влажность, обрабатываемость и пр.);

условия и режимы резания (виды резания, скорости резания и подачи);

условия и режимы работы инструмента (продолжительность работы, точность инструмента, состояние станка и пр.);

качество заточки и доводки режущих элементов (состояние лезвия и рабочих поверхностей).

Затупление дереворежущего инструмента ухудшает качество обработки древесины, увеличивает расход мощности на резание и приводит к снижению производительности. В большинстве случаев смена затупившегося инструмента необходима из-за низкого качества обработки древесины. Таким образом, основным критерием затупления является ухудшение качества обработки.

Затупление режущих элементов характеризуется различными параметрами кривой затупления. Большое значение имеет правильный выбор параметров затупления, которые должны удовлетворять следующим требованиям: характеризовать сложную кривую затупления; характеризовать изменяющиеся условия резания в связи с изменением формы кривой затупления; сравнительно просто замеряться.

Исследователи предложили различные параметры для определения степени и характера затупления (рис. 6). В большинстве случаев кривая затупления представляет собой короткофокусную параболу (рис. 6, *з*). Однако в ряде случаев наблюдается характерный износ передней грани в виде лунки (рис. 6, *д*), что способствует уменьшению угла резания и приводит к самонатачиваемости режущего элемента при резании.

Многообразие кривых затупления в зависимости от различных факторов и различное влияние характера затупления на условия резания вызывают необходимость определять затупление при помощи параметров x_1 , y_1 , ρ_1 , γ_1 , α_1 . Кривая затупления характеризуется: по передней грани — параметром x_1 и изменением угла наклона $\pm\gamma_1'$; по задней грани — параметром y_1 и изменением заднего угла α_1' ; в зоне лезвия — радиусом кривизны ρ_1 . Трансформация затупления в процессе резания характеризуется изменением отношения x к y и значения ρ . Все эти параметры можно измерить в лабораторной обстановке.

Параметры, характеризующие затупление и износ резца, находятся в определенной зависимости от общего пути резания или продолжительности работы инструмента.

В полной мере отразить влияние на процесс стружкообразования отдельных параметров затупления еще не удалось. В связи с этим для сравнительного исследования стойкости ре-

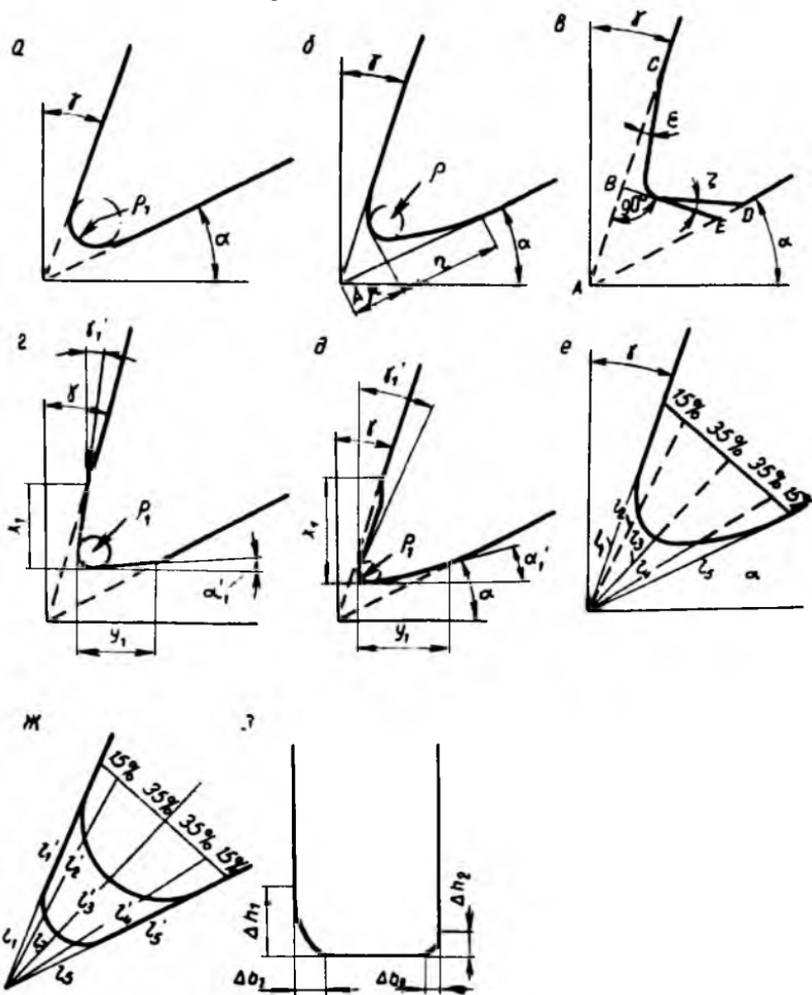


Рис. 6. Виды микрогеометрии и параметры затупления:

а — радиус закругления ρ_1 ; б — параметры по ЦНИИМОД: A_{μ} , τ , ρ ; в — параметры по П. Харрису: ϵ , ξ ; г, д — параметры по А. Э. Грубе: x_1 , y_1 , γ_1 , α_1 , ρ_1 ; е — параметры по Котосовец; $l_1, l_2 \dots l_n$; ж — параметры бокового износа в плане: $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$; з — параметры бокового износа в сечении: $\Delta h_1, \Delta h_2, \Delta b_1, \Delta b_2$

жущих инструментов можно ограничиться сравнением трансформации радиуса закругления лезвия резца ρ — этот параметр оказывает доминирующее влияние на динамику и процесс стружкообразования.

При обработке древесностружечных плит и слоистоклееных материалов критерием затупления является износ по задней грани y , так как радиус затупления лезвия в этом случае менее подвержен резкой трансформации, особенно при использовании пластинок из твердых сплавов.

На качество обработки древесины большое влияние оказывает шероховатость режущей кромки. Степень шероховатости в начальный момент зависит в основном от качества заточки и доводки режущей грани, а также от размера карбидных зерен материала инструмента, о чем было сказано выше. В процессе

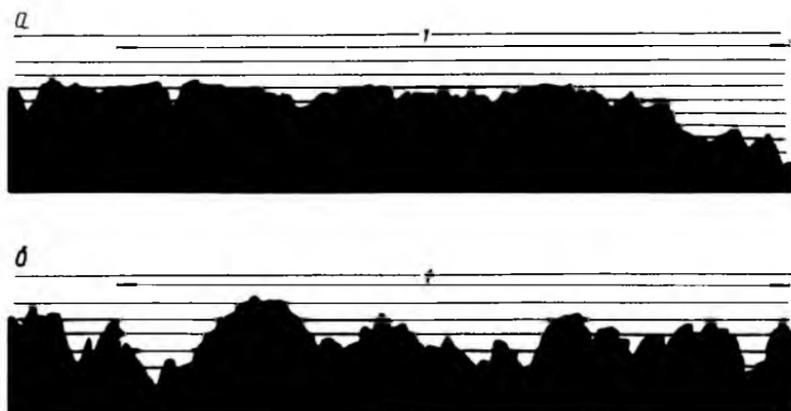


Рис. 7. Шероховатость режущей кромки строгального ножа:
a — после заточки ($H=4-5$ мк); *б* — после работы ($H=8-14$ мк)

работы шероховатость кромки увеличивается в результате аварийных изломов.

Профили кромки строгального ножа после заточки и после работы показаны на рис. 7. Предельные значения высоты неровностей определяются в соответствии с чистотой поверхности древесины $H_{\text{макс}}$ по ГОСТ 7016—68. При закрытом резании (пилы, фрезы и пр.) на качество обработки оказывает большое влияние затупление трехгранного внешнего угла резца (зуба). Параметры затупления этого участка режущей грани характеризуются либо угловыми лучами до границ боковой грани, не подвергшихся истиранию (см. рис. 6, *ж*), либо линейными параметрами кривой износа периметра режущей кромки, как показано на рис. 6, *з*.

При исследовании износоустойчивости дереворежущего инструмента производят сравнительный анализ параметров затупления режущих элементов резца в зависимости от продолжительности его работы за определенный период времени, например за рабочую смену, час и т. д.

В связи с разными значениями коэффициентов использования оборудования (коэффициента использования машинного времени и коэффициента использования рабочего времени станка) точнее всего можно определить функциональную зависимость затупления по пути резца из расчета выполненной работы за определенный период машинного времени (в погонных метрах обработанных деталей или по числу операций за смену, час и т. д.).

Порядок расчета пути резца (зуба) в древесине следующий:

1) определяют путь резца s за один раз (оборот или цикл) в зависимости от параметров резания и инструмента;

2) находят число резцов m одного и того же резца за время обработки одной заготовки;

3) вычисляют путь данного резца в древесине за время обработки одной заготовки или выполнения одной операции ($S = ms$);

4) определяют общий путь данного резца в древесине за какой-либо период, характеризуемый объемом выполненной работы, т. е. количеством обработанных деталей, погонных метров или числом операций в смену, час и т. д.

Зная аналитическое выражение пути резца в древесине, легко составить зависимость величины пути от разных факторов.

Материалы для дереворежущего инструмента

В соответствии с требованиями, предъявляемыми к качеству дереворежущего инструмента, для его изготовления используется сталь либо инструментальная углеродистая, либо легированная, либо (редко) быстрорежущая. Для изготовления корпуса инструмента (фрезы со вставными резцами, ножевой головки) применяется качественная конструкционная или конструкционная легированная сталь, а иногда и специальные легкие сплавы.

Инструментальная углеродистая сталь разделяется на два класса: качественная и высококачественная; последняя отличается от качественной меньшим содержанием серы и фосфора. Высококачественная сталь, характеризующаяся меньшей склонностью к образованию трещин при закалке и выкрошиванию при шлифовании, применяется для изготовления станочного режущего инструмента. Качественная инструментальная углеродистая сталь может применяться лишь для малоответственного инструмента, работающего с небольшой нагрузкой при малых скоростях резания (для ручного режущего инструмента).

Марки инструментальной углеродистой стали перечислены в табл. 3.

Ниже рассмотрено влияние тех или иных химических элементов инструментальной углеродистой стали на ее свойства.

Сталь инструментальная углеродистая
(по ГОСТ 1435 — 54)

Класс стали	Марка стали	Химический состав, %						
		С	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
Качественная	У7	0,60—0,74	0,40	0,35	0,20	0,25	0,04	0,04
	У8	0,75—0,85	0,40	0,35	0,20	0,25	0,04	0,04
	У9	0,86—0,94	0,35	0,35	0,20	0,25	0,04	0,04
	У10	0,95—1,00	0,35	0,35	0,20	0,25	0,04	0,04
Высококачественная	У7А	0,60—0,74	0,25—0,35	0,30	0,20	0,25	0,03	0,03
	У8А	0,75—0,85	0,25—0,35	0,30	0,20	0,25	0,03	0,03
	У9А	0,86—0,94	0,20—0,30	0,30	0,20	0,25	0,03	0,03
	У10А	0,95—1,09	0,15—0,25	0,30	0,20	0,25	0,03	0,03

Углерод (С) является основной примесью стали, определяющей ее свойства. С повышением содержания углерода возрастает твердость, износостойчивость, предел прочности, предел упругости, но понижается пластичность — способность сопротивляться ударной нагрузке. Углерод придает стали закаливаемость.

Марганец (Mn) подобно углероду повышает твердость стали, предел прочности, предел упругости и закаливаемость. Он очищает сталь от серы и делает металл более плотным, что значительно улучшает его свойства. Но в то же время марганец способствует росту зерна, и это служит причиной образования трещин в инструменте при закалке. Поэтому в инструментальной углеродистой стали, применяющейся для ответственного инструмента, содержание марганца должно быть не более 0,25—0,30%. В сочетании с другими легирующими элементами и при правильной термической обработке допустимо и большее содержание марганца.

Кремний (Si) увеличивает твердость, устойчивость против коррозии, предел прочности и особенно сильно упругость стали, однако снижает ее пластичность. В инструментальной стали содержание кремния ограничивается до 0,3%.

Сера (S) является вредной составляющей стали; она делает сталь хрупкой при высоких температурах, красноломкой. В стали, предназначенной для изготовления высококачественного дереворежущего инструмента, нельзя допускать содержание серы больше 0,03%.

Фосфор (P), как и сера, является вредной составляющей стали, делает ее хрупкой при обыкновенной температуре, хладноломкой. Содержание его в стали для инструмента, работающего в тяжелых условиях, не должно превышать 0,03%.

Хром (Cr) и никель (Ni), вводимые в инструментальную углеродистую сталь, улучшают в комбинации с другими

составляющими ее свойства, однако при малом содержании в стали они не имеют определяющего влияния.

Легирующая сталь содержит специальные легирующие элементы (присадки), преднамеренно вводимые в определенных количествах. Такими элементами являются: хром, вольфрам, никель, ванадий, кобальт, молибден и пр. Легирующие примеси улучшают режущие и прочие свойства стали; в основном такая сталь применяется для инструмента, работающего на высокопроизводительных станках, или инструмента (пил, ножей, фрез со вставными резцами и пр.), для которого необходимы специальные свойства.

Легирующие элементы оказывают следующее влияние на свойства стали.

Хром (Cr) является присадкой, широко используемой в производстве инструментальной стали для повышения предела ее прочности, предела упругости, твердости и износостойчивости. Кроме того, хром препятствует росту зерен, т. е. снижает чувствительность к перегреву и повышает устойчивость против коррозии. В инструментальной стали хром образует твердые карбиды, которые повышают ее режущие свойства. Однако, как и углерод, хром понижает пластичность стали. Для стали пил содержание хрома в связи с этим не превышает 1%. В то же время для таких инструментов, как фрезы и ножи, содержание хрома доходит до 12%.

Вольфрам (W) уже в небольших количествах повышает твердость, предел прочности и улучшает режущие свойства стали, не снижая ее пластичности. Вольфрам способствует получению мелкозернистой стали и повышает ее теплоустойчивость.

В малолегирующей стали для дереворежущего инструмента содержание вольфрама колеблется в пределах 1—2%. Повышение содержания вольфрама улучшает режущие способности инструмента.

Никель (Ni) увеличивает пластичность стали, несколько снижая ее твердость. К стали для дереворежущего инструмента никель добавляют в количестве 1—1,5% в тех случаях, когда необходима пластичность металла (например, к пиловым сталям).

Ванадий (V) является одной из наилучших специальных примесей инструментальной стали. Даже малое количество ванадия повышает прочность, упругость, твердость, а также пластичность стали. Ванадий рафинирует металл, сообщает стали мелкозернистость, а также предохраняет от чрезмерного роста зерна при перегреве. В малолегирующей стали для дереворежущего инструмента ванадий обычно содержится в количестве не более 0,3%.

Молибден (Mo) по своим свойствам является равноценным вольфраму, однако действие его сказывается более сильно. Его

содержание в стали в незначительных количествах повышает режущие свойства и твердость, не снижая пластичности. Молибден препятствует появлению трещин.

Кобальт (Co), добавляемый к инструментальным сталям, улучшает их механические и режущие свойства. Значительно повышает пластичность и износоустойчивость. Однако кобальтовые стали весьма чувствительны к перегреву при термической обработке. Кобальт является связующим веществом в твердых сплавах, придавая последним необходимую пластичность.

Легирующие элементы в той или иной степени влияют на режимы термической обработки стали.

Введением в состав стали нескольких легирующих элементов можно придать ей определенные свойства вследствие одновременного влияния этих примесей. Комбинации присадок могут быть разнообразны по видам и по количественному содержанию. В качестве материала для дереворежущих инструментов применяются легированные инструментальные стали, приведенные в табл. 4.

Быстрорежущая сталь, в основном применяющаяся для изготовления металлорежущего инструмента, позволяет значительно увеличить скорость резания металла без разрушения лезвия инструмента от сильного нагрева. Важнейшей составной частью быстрорежущей стали, сообщающей ей высокие режущие свойства, является вольфрам, содержание которого колеблется в пределах 6—18%. Встречается и дереворежущий инструмент, изготовленный из быстрорежущей стали.

Режущие свойства дереворежущего инструмента из высоколегированной быстрорежущей стали в 3—3,5 раза превосходят режущие свойства инструмента из углеродистой стали.

Целесообразно применение быстрорежущей стали лишь для дереворежущего инструмента, подверженного интенсивному нагреву поверхностных слоев (для резцов токарно-катучечных автоматов, ножей высокопроизводительных строгальных станков и пр.), и для инструмента, обрабатывающего клеенные детали. С целью экономии из быстрорежущей стали изготавливают только режущую часть инструмента в виде наварной пластинки или вставных зубьев.

Учитывая опыт применения отечественными заводами быстрорежущих сталей для высокопроизводительного дереворежущего инструмента, можно рекомендовать марки сталей для его изготовления, приведенные в табл. 4.

Литые твердые сплавы (стеллиты, сормайты) занимают промежуточное положение между быстрорежущей сталью и твердыми металллокерамическими сплавами.

Стеллиты применяются в виде наплавов, осуществляемых посредством автогенной сварочной аппаратуры или электродугового метода Славянова, на режущую часть дереворежущего инструмента. По данным иностранной практики, износоустойчи-

Химический состав легированной и быстрорежущей инструментальной стали, применяющейся для дереворежущих инструментов

Группа стали	Марка стали	Химический состав, %								
		C	Mn	Si	Cr	W	V	Mo	Ni	Ce
Легированные стали										
Хромованадиевая . . .	65ХФ	0,56	0,3—0,5	0,35	0,45—0,70	—	0,15—0,30	—	0,2	—
То же . . .	9ХФ	0,9	0,3—0,5	0,35	0,45—0,70	—	0,15—0,30	—	0,2	—
Хромовольфрамовая . . .	ХВГ	0,9—1,05	0,8—1,1	0,15—0,35	0,9—1,2	1,2—1,6	—	—	—	—
То же . . .	5ХВГ	0,55—0,70	0,9—1,2	0,15—0,35	0,5—0,8	0,5—0,8	—	—	—	—
Хромовольфрамована- диевая	9Х5ВФ	0,95—1,0	0,2—0,3	0,15—0,30	4—5	0,8—1,2	0,1—0,2	—	—	—
То же	Х6ВФ	1,0—1,1	0,4—0,45	0,3—0,35	5—7	1,1—1,5	0,5—0,7	—	—	—
Вольфрамовая	В2	1,05—1,25	0,2—0,40	0,35	0,1—0,3	1,8—2,2	—	—	—	—
Хромокремнистая	9ХС	0,85—0,95	0,3—0,6	0,35	0,45—0,70	—	0,15—0,30	—	0,2	—
Высокохромистая	Х12Ф	1,45—1,70	0,35	0,40	11,0—12,5	—	0,15—0,30	—	—	—
То же	Х12М	1,45—1,70	0,35	0,40	11,0—12,5	—	0,15—0,30	0,5	—	—
Быстрорежущие стали										
Нормальной производи- тельности	P9	0,85—0,95	0,4	0,4	3,8—4,4	8,5—10,0	2,0—2,6	0,3	—	—
	P18	0,7—0,8	0,4	0,4	3,8—4,4	17,5—19,0	1,0—1,4	0,3	—	—
Повышенной производи- тельности	P9Ф2К5	0,9—1,0	0,4	0,4	3,8—4,4	9,0—10,5	2,0—2,6	0,3	—	5,6
	P9К5	0,9—1,0	0,4	0,4	3,8—4,4	9,0—10,5	2,0—2,6	0,3	—	5,6

восьть дереворежущего инструмента с наплавкой из стеллитов в 2—3 раза выше износостойчивости инструмента из быстрорежущей стали.

Таблица 5

Химический состав литых сплавов

Марка сплава	Химический состав, %								Температура плавления, °С
	C	Cr	W	Co	Mn	Ni	Si	Fe	
Стеллит ВК2	2	32	15	45	1,0	2	1	2	1260
» ВК3	1	29	4	60	—	2	2	2	1275
Сормайт № 1	4	30	—	—	2	4	4	56	1275
» № 2	2	15	—	—	1	2	2	78	1300

По данным отечественных исследований, износостойчивость дисковых пил с наплавленными режущими частями зубьев из сормайта № 1 в 4,5—5,5 раз повышается по сравнению с износостойчивостью зубьев пил из легированной стали 85ХФ. Химический состав литых твердых сплавов представлен в табл. 5.

Твердые сплавы. Все возрастающие требования к износостойчивости инструмента и применение слоистой прессованной древесины привели к использованию новых видов материала для дереворежущего инструмента — твердых сплавов. Необходимость их применения объясняется тем, что клеевая прослойка в слоистых древесных пластиках, действуя как абразивный материал, очень быстро затупляет лезвие инструмента, изготовленного из стали.

Твердые сплавы, применяющиеся для дереворежущего инструмента, образуются путем спекания прессованных порошков карбидов редких металлов (металлокерамические сплавы). К числу последних относятся вольфрамкобальтовые сплавы, в которых основой является карбид вольфрама (WC), а цементирующей связкой — металлический кобальт (Co).

По данным исследований, наиболее приемлемыми марками металлокерамических твердых сплавов для дереворежущего

Таблица 6

**Вольфрамкобальтовые
(ГОСТ 3882—61)
металлокерамические
твердые сплавы для
дереворежущего инструмента**

Марка	Химический состав, %		Твердость, HRC
	WC	Co	
ВК6М	94	6	90,0
ВК8	92	8	86,5
ВК10	90	10	87,0
ВК15	85	15	86,0
ВК20	80	20	85,0

инструмента, обрабатывающего цельную и слонстую древесину, являются приведенные в табл. 6.

В связи с высокой хрупкостью твердых сплавов применение их для обработки древесины возможно при оптимальном угле $\gamma^\circ\beta^\circ$

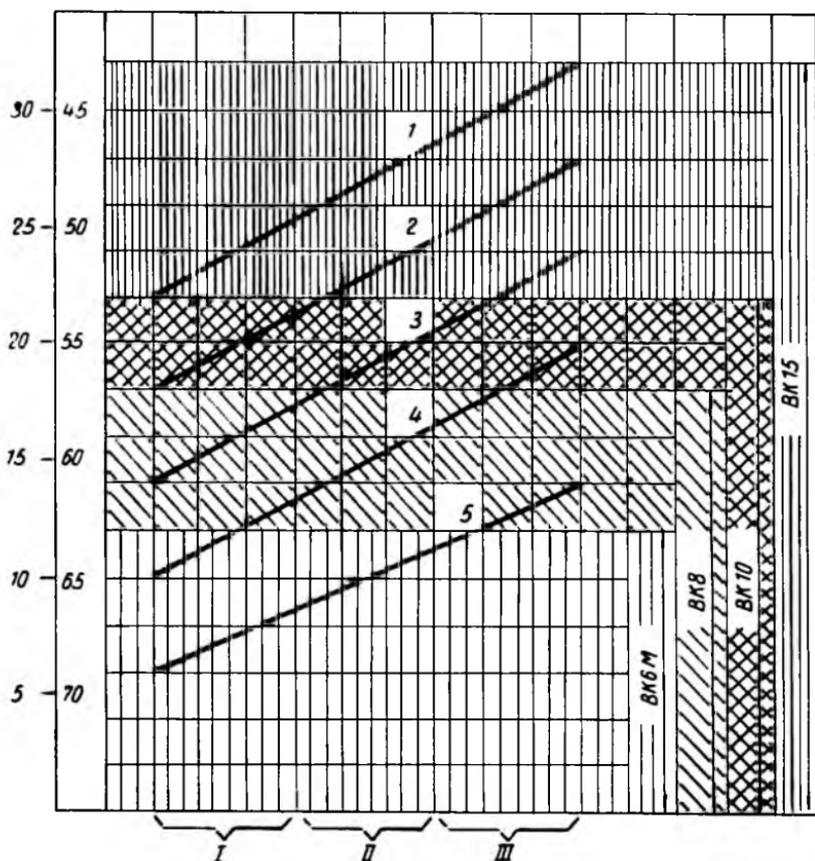


Рис. 8. График зависимости между углами резания, видами обрабатываемого материала и маркой твердого сплава:

1 — мягкая древесина; 2 — твердая древесина; 3 — фанера; 4 — древесный пластик; 5 — прессованная древесина; I — грубая обработка; II — точная обработка; III — очень точная обработка

заострения в соответствии с маркой сплава и определенных условиях резания (обрабатываемый материал, скорости подачи и пр.). На рис. 8 приведены рекомендации по выбору тех или иных марок твердых сплавов в связи с оптимальными значениями передних углов режущих элементов (γ), угла заострения (β) и видами обрабатываемого материала. Правильный выбор марок твердых сплавов обеспечивает достаточную стой-

кость лезвия инструмента против аварийного излома при угле заострения β от 80 до 40°. Износоустойчивость дереворежущего инструмента с режущими элементами из твердых сплавов во много раз превосходит износоустойчивость инструментов из инструментальной стали.

В табл. 7 приведены сравнительные показатели износоустойчивости дереворежущего инструмента из твердых сплавов и из малолегированной инструментальной стали при обработке древесины (по данным исследований УНИИ сверхтвердых материалов и инструмента).

Таблица 7

Результаты испытаний стального и твердосплавного инструментов

Вид обработки — материал	Место испытания	Сравниваемые материалы инструмента	Увеличение износоустойчивости твердосплавного инструмента, количество раз
Фрезерование древесины	Киевский ДОЗ-1	ХВГ — ВК15	40
Выпиловка пазов	То же	ШХ12 — ВК15	28
Фрезерование плит из ДСП	ММСК-1	ХВГ — ВК9	108
Фрезерование столярных плит	Прилукский мебельный комбинат	У8 — ВК9	62
Фрезерование трехслойных ДСП	Ужгородский опытный завод	ХВГ — ВК9	360
Обработка стеклопластика	То же	ХВГ — ВК6М	628

Исследования, проведенные автором показали, что износоустойчивость дереворежущих инструментов из твердого сплава (ВК10) по сравнению с легированными стальными инструментами больше в 30—40 раз, в зависимости от вида обработки и обрабатываемого материала. Большое значение имеет также правильный выбор марок твердого сплава (в соответствии с условиями резания) и углов резания (см. рис. 8). Большое влияние на износоустойчивость твердосплавного инструмента оказывает и качество его заточки и доводки.

Изменение износоустойчивости в зависимости от марки твердого сплава видно из следующих данных ЦНИИМОД:

Марка	ВК25	ВК20	ВК15	ВК8	ВК6	Быстро-режущая сталь Р18
Коэффициент износоустойчивости	15	17,5	29	50	52	1

Минералокерамические пластинки представляют собой пресованный материал из корундовых зерен (Al_2O_3), известный под маркой УМ 332. Пластинки изготавливаются различных форм. Они более хрупкие, чем металлокерамический твердый сплав, в связи с чем применяются только при больших углах заострения. Опыт применения минералокерамических пластинок для дисковых пил в Польской Народной Республике показал, что их износоустойчивость по сравнению с легированной сталью больше в 5,5—6 раз. Пластинки приклеивают к основному материалу резца посредством эпоксидных смол или механического крепления.

Для фрезерования древесностружечных плит минералокерамические пластинки применяются и в Советском Союзе. Однако износоустойчивость их значительно ниже износоустойчивости твердого сплава.

Выбор материала дереворежущего инструмента для разных условий работы

В соответствии со свойствами инструментальных сталей и химическим анализом материала дереворежущего инструмента можно рекомендовать следующие составы и марки стали для дереворежущего инструмента в зависимости от условий его работы.

Пилы. Обобщение результатов химических анализов пиловой стали дает возможность установить следующие пределы содержания в ней различных элементов и легирующих примесей: $C=0,7\div 1\%$; $Mn=0,2\div 0,45\%$; $Si=0,2\div 0,5\%$; $S=0,02\div 0,04\%$; $P=0,02\div 0,03\%$; $Cr=0,2\div 0,7\%$; $W=0,7\div 1\%$; $V=0,2\div 0,35\%$ и $Ni=0,6\div 1,5\%$.

Инструментальные заводы и иностранные фирмы для рамных пил применяют преимущественно легированную сталь, а для круглых пил высококачественную инструментальную углеродистую сталь. Износоустойчивость пил из углеродистой стали ниже износоустойчивости пил из легированной стали (марки 9ХФ).

Содержание углерода в стали разных заводов, идущей на изготовление рамных и круглых пил, в основном одинаково. По данным практики, хорошие качества пилы приобретают при содержании 0,8—0,9% углерода. Более высокое содержание углерода может привести к хрупкости стали.

В стали для ленточных пил содержание углерода равно примерно 0,7—0,8%. Такое снижение обеспечивает ленточным пилам большую пластичность и высокий предел усталости. Зато в стали, идущей на изготовление ленточных пил, повышают содержание таких присадок, как никель и ванадий.

Наличие хрома наблюдается в сталях большинства инструментальных заводов и в среднем составляет 0,4—0,5%. Присутствие вольфрама значительно повышает устойчивость пил против затупления. Наличие ванадия рекомендуется в сталях для пил всех видов.

Качество пиловой стали в значительной степени зависит от содержания в ней вредных примесей. Так, количество серы и фосфора в ней не должно превышать 0,02—0,03%.

ГОСТ на пилы отечественного производства предусматривается изготовление их из легированной хромованадиевой стали 9ХФ или 65ХФ. Узкие столярные пилы изготавливаются также из инструментальной углеродистой стали.

Показатели механических свойств стали колеблются примерно в следующих пределах: для рамных пил: предел прочности $\sigma_B = 145 \div 160$ кгс/мм², предел пропорциональности $\sigma_{II} = 70 \div 85$ кгс/мм², относительное удлинение $\delta = 5,5 \div 4,6\%$, твердость $HV = 380 \div 440$ кгс/мм², модуль упругости $E = 19\,900 \div 20\,150$ кгс/мм²; для круглых пил $\sigma_B = 130 \div 150$ кгс/мм²; $\sigma_{II} = 68 \div 74$ кгс/мм², $\delta = 6,5 \div 5\%$, $HV = 370 \div 420$ кгс/мм²; $E = 19\,970 \div 20\,080$ кгс/мм².

Ножи продольнофрезерующих станков. Для изготовления строгальных ножей по ГОСТ 6567—61 применяются высоколегированные стали 9Х5ВФ, 85Х4В4Ф.

Выбор высоколегированной стали для строгальных ножей объясняется необходимостью улучшения их режущей способности при работе на высокопроизводительных станках, так как смена затупившихся ножей представляет продолжительный и кропотливый процесс. Из экономических соображений режущая часть толстых ножей в виде тонкой пластинки (2—3 мм) изготавливается из легированной стали, а тело ножей — из малоуглеродистой конструкционной. Во избежание поломок ножей при креплении их к основной части (телу) требуется значительная пластичность, чем и объясняется выбор малоуглеродистой стали.

Тонкие ножи сравнительно малых размеров изготавливаются чаще всего целиком из легированной стали, тем более что применяются специальные способы их закрепления.

Для фрезерования склеенных щитов на высокопроизводительных продольно-фрезерующих станках применяются тонкие строгальные ножи из быстрорежущей стали или с пластинками из твердого сплава.

Фасонные ножи квадратных пожевых головок, применяющиеся для мелкосерийных работ, изготавливаются из углеродистой стали; для массовых работ применяются двухслойные ножи с наварной пластинкой из легированной или быстрорежущей стали.

Фрезы. Для высокопроизводительных станков и для обработки твердых пород дерева фрезы изготавливаются из легированной стали Х12Ф, Х6ВФ. Быстрорежущая сталь применяется лишь для вставных резцов или конечных фрез, обрабатывающих склеенные детали.

Наибольшую стойкость показали быстрорежущая сталь Р9 и высокохромистая сталь Х12. Сравнительно низкая стойкость хромовольфрамовой стали ХВГ объясняется дефектами микроструктуры (расположением карбидов на сетке).

Быстрорежущая сталь Р9 не показала преимуществ по сравнению со сталью Х12. Результаты исследований позволяют рекомендовать для фрезерных инструментов стали следующих марок: Х12Ф, Х6ВФ. Для концевых фрез, делающих 12 000—18 000 *об/мин*, особенно пригодными являются стали Р9, Р9Ф2К5 или Х12Ф.

Для обработки склеенных деталей, древесностружечных плит целесообразно применение фрез с пластинками из твердых сплавов.

Сверла для неглубоких отверстий изготавливаются обычно из инструментальной углеродистой стали У9А—У10А. Для винтовых длинных сверл с винтовым центром используются малоуглеродистые стали с последующей их цементацией и закалкой.

Сверла для сверления твердых пород слоистой прессованной древесины, фанеры или для высверливания сучков изготавливаются из легированной инструментальной стали Х6ВФ, 9ХС, В1, из быстрорежущей стали Р9 или с пластинками из твердых сплавов.

Гнездообразующие (долбежные) инструменты. Полые квадратные долота изготавливаются из инструментальной углеродистой стали У7А—У8А, для обработки твердых пород — из легированной стали 85ХФ, гнездовые долбежные фрезы — из высокохромистой стали Х12Ф.

Звенья фрезерных цепочек для обработки твердых пород изготавливаются из легированной инструментальной стали Х6ВФ, а для фрезерования хвойных пород — из инструментальной легированной стали 9ХФ.

Заклепки — оси фрезерных цепочек должны изготавливаться из стали марки 15Х или 20Х или из малоуглеродистой стали с последующей цементацией и закалкой поверхности.

Токарные резцы. Для токарных резцов, применяющихся при токарной обточке заготовок с подручника, можно применять инструментальные углеродистые стали У8А—У10А. Однако для высокопроизводительных токарных автоматов типа катушечных, резцы которых работают в тяжелых условиях резания и подвергаются нагреву, целесообразно применять высоколегированные стали Х12, Х12Ф, Р9 или Р9Ф2К5. Сталь Х12Ф является равноценным заменителем дорогостоящей быстрорежущей стали Р18.

Ручной режущий инструмент обычно изготавливается из качественной инструментальной углеродистой стали следующих марок: для рубаночных железок, стамесок и долот — У7—У8; для буравов и центровых сверл — У7.

Приспособления для закрепления режущего инструмента. К приспособлениям для закрепления инструмента относятся: ножевые головки, всевозможные корпуса и фланцы для вставных резцов, направляющие линейки для фрезерных цепочек, зажимные шайбы для круглых пил, захваты для рамных пил и пр. Ма-

териалом для их изготовления служат качественная конструкционная сталь (ГОСТ В-1050—60) и легированная конструкционная сталь (ГОСТ 4543—61). Так, для малоответственных деталей, испытывающих малые усилия, применяется сталь марки 30. Для таких деталей высокопроизводительных станков, как ножевые валы, корпуса фрез, применяются качественные конструкционные стали Ст. 45 или легированные конструкционные стали Ст. 40Х с соответствующей термической обработкой — улучшением.

Крепежные части ножевых валов (болты и гайки) должны изготавливаться из легированных сталей, 45Х, 35ХНМ, также с соответствующей термической обработкой.

Отдельные части приспособлений, испытывающие большие нагрузки, например винты винтовых захватов для рамных пил, также выполняются из легированной конструкционной стали и подвергаются закалке.

Помимо стали, для изготовления приспособлений, вес которых оказывает влияние на работу станка, например шнпорежных головок, применяются легкие прочные сплавы.

Для обобщения данных по выбору стали на основе опыта отечественных передовых предприятий ниже приведена сводная таблица рекомендуемых марок стали для дереворежущих и вспомогательных инструментов (табл. 8).

Таблица 8

Марки сталей для дереворежущих и вспомогательных инструментов

Инструмент	Основные марки стали	Заменяющие марки стали
Станочный режущий инструмент		
Рамные пилы	9ХФ	—
Дисковые пилы	9ХФ	65ХФ
Строгальные дисковые пилы	9Х5ВФ	Х6ВФ, 9ХФ
Ленточные пилы	9ХФ	65ХФ
Узкие столярные пилы	9ХФ	У10А
Строгальные ножи	Х6ВФ, 9Х5ВФ, Р9, Р9Ф2К5, Х12Ф	Х12, ХВГ, 9ХС, У8А
Цельные и составные фрезы	Х6ВФ, 9Х5ВФ, Х12Ф	ХВГ, 9ХС, У9А
Вставные резцы фрез	Х6ВФ, Р9	
Концевые фрезы	Р9Ф2К5, Р18	Х12, ХВГ, В2, 85ХФ
Сверла и зенкера	9Х5ВФ, Х6ВФ, Р9	Х12, ХВГ, 9ХС, У9А
Гнездообразующие инструменты	9ХФ, Х12Ф, Х6ВФ, В2	Х12, У8А
Токарные резцы	Х12Ф, Р9, Р9Ф2К5	9ХС, В2, У9А

Инструмент	Основные марки стали	Заменяющие марки стали
------------	----------------------	------------------------

Ручной режущий инструмент

Стапески, долота	У7А — 48А	47—48
Сверла	У7А — У8А	УЭ — 48
Пилы	9ХФ, 65ХФ	У8 — У9

Вспомогательный инструмент

Захваты для рамных пил	45, 50	40
Ножевые валы	45Х, 50	40
Крепежные части пожевых валов	60, 45Х, 35ХНМ	35Х
Корпуса фрез	45Х, 45	35Х
Направляющие линейки фрезерных цепей	45, 50	40

Термическая обработка дереворежущего инструмента

Целью термической обработки стали является придание ей таких физических и физико-механических свойств, которые необходимы для данного дереворежущего инструмента в соответствии с условиями его работы. В общем виде термическая обработка стали выбранного химического состава заключается в придании ей максимальной механической прочности, высокой твердости и высокой ударной вязкости. Наряду с этим решающее значение для высокой износоустойчивости инструмента имеет и структура стали. Эти оптимальные показатели свойств стали для дереворежущего инструмента достигают соответствующей термической обработкой: закалкой и отпуском. Для пил, циклевальных ножей, а также для монтажных работ (развода или плющения зубьев, загиба режущего лезвия) материал должен иметь повышенную пластичность. Это также достигается соответствующими режимами термической обработки — более интенсивным отпуском.

В табл. 9 приведены оптимальные режимы термической обработки сталей для типового дереворежущего инструмента, полученные на основании сравнительных экспериментальных исследований (А. Э. Грубе, К. И. Демьяновский, М. В. Троицкая и др.).

Технические требования, предъявляемые к структуре стали и к качеству термической обработки типового дереворежущего инструмента, приведены в табл. 10.

Режимы термической обработки стали дереворежущего инструмента

Инструмент	Марка стали	Закалка стали			Температура отпуска, °С	Твердость после отпуска	
		температура нагрева, °С	охлаждающая среда	температура охлаждающей среды, °С		НВ	НРС
Рамные пилы:							
разведенный зуб	9ХФ	800—840	Масло	50—60	400—450	388—436	41—46
расплющенный зуб	9ХФ	800—840	То же	50—60	450—500	375—429	40—45
Круглые пилы	9ХФ	800—840	»	50—60	450—520	363—422	39—44
Ребровые ленточные пилы	9ХФ	850—860	»	50—60	500—550	352—415	38—43
Столярные ленточные пилы	У10А	760—780	»	50—60	450—500	352—415	38—43
Строгальные ножи	X12 — X12Ф	980—1050	»	150—160	200—250	—	63—59
	У9А	780—800	Вода	20—70	220—230	—	61—59
Фрезы	X12	980—1050	Масло	150—160	250—400	—	59—57
	9ХС	860—870	То же	150—160	260—285	—	59—57
	У9А	780—800	Вода	20—30	260—285	—	58—56
Вставные резцы фрез	P18	1280—1300	Селитра	450—250	560	—	64—62
Спиральные сверла	У10А	760—810	Вода	20	240—275	—	56—58
	P9	1240—1260	Селитра	450—550	560	—	63—60
Винтовые сверла	85ХФ	800—840	Масло	50—60	260—285	—	59—57
	9ХС	860—870	То же	150—160	260—285	—	59—57
Полюе долота	85ХФ	800—840	»	50—60	320—380	—	50—52
Фрезерные цепи	85ХФ	800—840	»	50—60	150—200	—	60—58
	X12	980—1050	»	150—160	200—250	—	63—59
Токарные резцы	X12	800—840	»	—	150—200	—	63—60
	P18	1280—1300	Селитра	450—550	500—560	—	64—62
Ручной инструмент	У8	800—830	Вода	20—30	240—275	—	54—57

Технические требования к структуре стали и качеству термической обработки типового дереворежущего инструмента

Рамные пилы (ГОСТ 5224 — 62)	Круглые пилы (ГОСТ 980 — 69)	Строгальные ножи (ГОСТ 6567 — 61)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Микроструктура стали должна представлять мелкодисперсный троостосорбит с мелкими равномерно распределенными карбидами 2. Твердость полотна должна соответствовать $HRC = 42 \div 46$ 3. Колебание твердости в разных точках пилы не должно превышать четырех единиц 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Микроструктура стали должна представлять мелкодисперсный троостосорбит с мелкими равномерно распределенными карбидами 2. Твердость диска должна соответствовать $HRC = 39 : 44$ 3. Колебание твердости в разных точках диска не должно превышать четырех единиц 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Микроструктура режущей пластинки должна состоять из мелкокристаллического мартенсита в стадии перехода в троостит и мелких равномерно распределенных карбидов и не должна иметь следов карбидной сетки 2. Твердость режущей части должна соответствовать $HRC = 55 : 59$ 3. Колебание твердости в одном ноже не должно превышать трех единиц
Фрезы	Спиральные сверла	Фрезерные цепочки
<ol style="list-style-type: none"> 1. Микроструктура стали должна представлять мелкокристаллический мартенсит 2. Твердость зубьев должна быть в пределах $HRC = 57 \div 59$ 3. На рабочей поверхности не должно быть обезуглероженных и мягких мест 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Микроструктура стали должна представлять мелкоигльчатый мартенсит 2. Твердость должна быть в следующих пределах: режущие части $HRC = 57 \div 59$; хвостовые части $HRC = 30 \div 40$ 3. На рабочей поверхности не должно быть обезуглероженных и мягких мест 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Микроструктура стали должна представлять мелкоигльчатый мартенсит 2. Твердость звеньев должна быть в пределах $HRC = 58 \div 60$ 3. На рабочей поверхности зубьев не должно быть обезуглероженных мест

Глава III

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И СПОСОБЫ УВЕЛИЧЕНИЯ ИЗНОСОУСТОЙЧИВОСТИ ДЕРЕВЕРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Анализ процесса резания древесины и процесса затупления инструмента позволяет сделать следующие выводы:

1. Действие сил сопротивления резанию вызывает износ задних и передней граней реза.

2. Дефекты заточки режущих граней приводят к обламыванию и выкрашиванию отдельных частей металла и к форсированному износу инструмента.

3. Наибольшему износу подвергается часть резца, прилегающая к лезвию.

Указанные обстоятельства приводят к потере инструментом режущих свойств.

Износоустойчивость дереворежущего инструмента увеличивают в основном в двух направлениях:

1) увеличивают твердость и прочность режущих элементов;

2) улучшают поверхность режущих граней и лезвия.

Существует много способов повышения твердости режущих элементов инструмента (электрические, химикотермические и пр.). В ряде случаев сравнительно небольшая эффективность при значительной трудоемкости делает нецелесообразным их применение (электронскровая обработка). Этим, в частности, объясняется, что целый ряд методов упрочнения поверхности инструментов не внедрился устойчиво в производство.

Применение дереворежущих инструментов с пластинками из твердых сплавов является главным и самым эффективным средством повышения износоустойчивости. В связи с этим ниже описаны наиболее целесообразные способы повышения режущих свойств инструмента:

применение металлокерамических твердых сплавов;

наплавка на режущие элементы литых твердых сплавов;

электроконтактная закалка зубьев.

Из методов улучшения качества поверхности режущих элементов приведены лишь механические средства доводки поверхности инструмента. В последнее время вызвал определенный интерес и разноречивые мнения способ повышения износоустойчивости инструментов методом покрытия их пленкой дисульфида молибдена.

Специальные исследования позволили установить, что покрытие режущих частей дереворежущих инструментов дисульфидом молибдена заметного эффекта не дает. Обнадеживающие перспективы таят в себе методы воздействия на электрические явления, возникающие в процессе резания, различными методами их нейтрализации — применением магнитных полей, ионизацией для снятия электростатических зарядов и пр. Над этими проблемами продолжает работать кафедра станков и инструментов ЛТА имени С. М. Кирова.

Дереворежущий инструмент с пластинками из твердых сплавов

Крепление пластин из твердого сплава к телу дереворежущего инструмента осуществляется в основном посредством припайки их тугоплавкими припоями. Относительная простота и скорость процесса паяния, а также возможность применения его

для всех типов и разновидностей режущего инструмента сделали этот способ крепления пластин наиболее распространенным. Прочность и качество паяния зависят от правильности выбора материала для корпуса инструмента, подготовки корпуса и пластины из твердого сплава к паянию, от выбора припоев и флюсов, метода, режима и условий нагрева.

Подготовка корпуса инструмента для напаивания пластинок осуществляется путем фрезерования закрытого или открытого паза. Виды пазов под пластинки из твердого сплава приведены на рис. 9.

Требования, которым должно удовлетворять расположение паза, а значит, и пластинки во время паяния и при эксплуатации дереворежущего инструмента, могут быть охарактеризованы так:

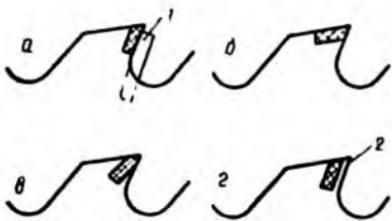


Рис. 9. Варианты расположения пластинок из твердого сплава в пазу резца:

а — открытый передний паз; *б* — открытый задний паз; *в* — закрытый средний паз; *г* — закрытый передний паз с технологической перемычкой

1. Обеспечение устойчивости пластинки во время паяния.

2. Максимальное использование длины пластинки при эксплуатации инструмента.

3. Максимальная прочность спайного шва.

4. Обеспечение действия касательных сил на прижим, а не на отрыв пластинки от корпуса инструмента.

Наиболее рациональное расположение паза — с технологической перемычкой 2 (рис. 9, *г*), толщиной 2—3 мм, которая удерживает пластинку в процессе паяния. Для более прочного удержания пластинок, например при паянии их в теле пилы, производится дополнительное накернение прилегающей к пластинке площади тела пилы. После паяния пластинки технологическая перемычка подтачивается для облегчения схода стружки при резании.

Для фиксации пластинки в корпусе инструмента (рис. 9, *а*) в процессе паяния открытого паза фрезы применяют вставную шпильку 1.

При заточке инструмента со стороны задней грани (рис. 9, *а* и *г*) расположения пластинок наиболее рациональны. Вариант *б* крепления пластинок не следует допускать для вращающегося инструмента, так как силы инерции действуют на отрыв пластинки от корпуса инструмента. В этом случае наиболее безопасным является способ крепления по варианту *в*.

Наличие технологических перемычек, в частности при паянии пластинок для зубьев пил, целесообразно в случае применения нагрева в поле т. в. ч. При электроконтактном способе нагрева, предложенном Ленинградским СПКБ Главмебельпрома

(рис. 10), пластинки из твердого сплава припаяют в открытый паз (гнездо) по передней грани на специальном агрегате в автоматическом режиме с производительностью 50 зубьев в час с точным базированием пластин, что выгодно отличает этот способ от других. Элементы автоматики процесса на этом агрегате следующие:

автоматическое выключение трансформатора после полного расплавления припоя;

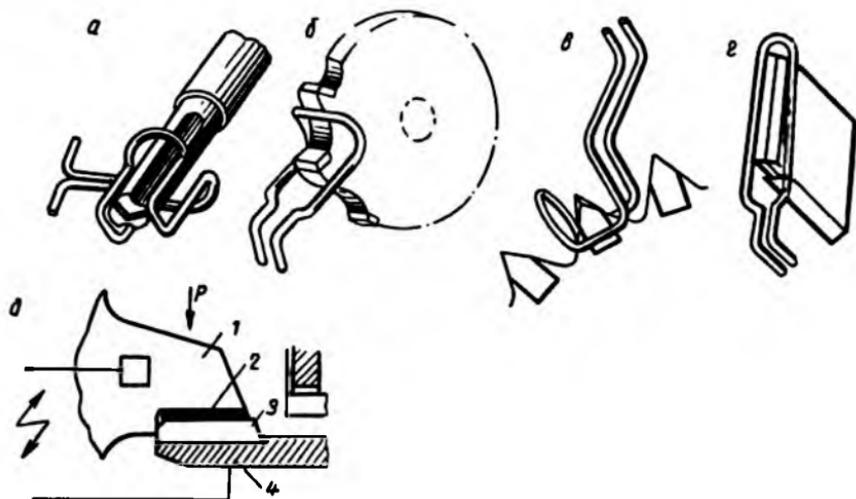


Рис. 10. Индукторы для напайвания пластинок из твердого сплава на дереворежущий инструмент:

а — для концевых фрез и сверл; *б* — для насадных фрез и круглых пил; *в* — для круглых пил поперечной распиловки; *г* — для строгальных ножей; *д* — схема электроконтактного паяния: 1 — зуб пилы; 2 — пластинка припоя; 3 — пластинка из твердого сплава; 4 — горизонтальный электрод

автоматическая подача пластинок твердого сплава и припоя; нормированное давление, обеспечивающее постоянство энергетических режимов.

Нормированное количество припоя и флюса достигается путем предварительного запрессовывания последнего в перфорированные пластины припоя.

В зависимости от технических возможностей производства применяют различные средства для нагрева инструмента при паянии: в электромуфельных печах, в соляных электрованнах, электроконтактный нагрев, в пламени газовой горелки, в поле токов высокой частоты (индукционный нагрев). Для индукционного нагрева применяют высокочастотные закалочные агрегаты ЛГЗ-10А и ЛГЗ-60. Независимо от типа агрегатов самой ответственной их частью, определяющей качество паяния, является индуктор (см. рис. 10), в котором производится нагрев.

Паяние в поле т. в. ч. осуществляется следующим образом. Инструмент со вставленной пластиной подводят под петлевой индуктор. До включения тока место паяния обильно посыпают флюсом, а потом, после включения тока прогревают до $t=950 \div 1000^\circ$. Припой в виде тонкой проволоочки подводят к зоне швов. Расправляясь, он заполняет все стыковые щели.

Выбор припоя зависит от условий паяния и работы инструмента. Для дереворежущего инструмента наиболее пригодными тугоплавкими припоями являются:

медноцинковый МНМЦ 68-4-2; состав припоя, %: медь — 68, никель — 4, марганец — 2, цинк — 26; температура плавления 930—950°;

медноцинковый Л-62; состав припоя, %: медь — 62, цинк — 38; температура плавления 900°.

Назначение флюса при паянии заключается в следующем: защитить тело инструмента и пластинку от окисления во время нагрева;

растворить окислы металла;

уменьшить поверхностное натяжение расплавленного припоя, чтобы он лучше смачивал изделие.

Для припаявания пластин твердого сплава к дереворежущему инструменту применяют в основном следующие флюсы:

трехкомпонентный состав: бура 69—73%; борная кислота 21—22%; фтористый кальций 5—10%;

буру обезвоженную.

Трехкомпонентный состав флюса перемешивают, и полученную смесь расплавляют в электропечи при температуре 800—850°. Буру также подвергают нагреву для удаления кристаллической воды во избежание шлакообразования и пенистости в процессе паяния.

Оснащение дереворежущего инструмента пластинками из твердого сплава позволяет изготавливать корпус его из малоуглеродистой конструкционной стали Ст. 45 (ГОСТ 1050—52).

При изготовлении дисковых пил с пластинками из твердых сплавов для тела пилы можно применять легированную сталь 50ХФА или 9ХФ (которая применяется для цельных пил), термически обработанную до твердости HRC = 39÷44.

Для исключения поводки пилы при локальном нагреве периферии в процессе паяния необходимо делать в диске компенсационные щели. Для уменьшения вредных напряжений в пластинке и в шве применяются компенсационные прокладки из пермалоя толщиной 0,05 мм.

Корпус инструмента перед установкой пластинок в пазы должен быть очищен и тщательно обезжирен. Пазы фрезеруют с таким расчетом, чтобы пластинки туго входили в паз (зазор 0,02—0,03 мм). Все пластинки, подлежащие припаяванию, проверяют на отсутствие коробления и трещин. Допуск на коробление и неравномерность по толщине 0,02 мм.

Твердосплавные инструменты должны проходить тщательный контроль качества паяния. Основными дефектами при паянии являются:

непробаивание по швам; причина — окисление из-за недостаточного количества флюса, недостаточный нагрев;

зазоры под пластинкой; причина — неправильная подгонка к пазу, преждевременное выключение тока;

трещины твердого сплава; причина — внутренние напряжения из-за неправильного режима паяния и неточной пригонки пластинки;

сдвиг пластинки; причина — слабое крепление ее в гнезде, неаккуратное подведение припоя;

чернота кромки шва; причина — недостаточная подача флюса сверху в процессе паяния.

Для дереворежущих инструментов с прямолинейной режущей кромкой выпускаются два типа пластинок из твердого сплава: ВК6 и ВК15. Форма и размеры пластинок для дереворежущих инструментов представлены в табл. 11.

Ассортимент выпускаемых по ГОСТ и нормам пластинок из твердых сплавов по форме и размерам не удовлетворяет большой потребности в этих пластинках для изготовления многочисленных профильных дереворежущих инструментов.

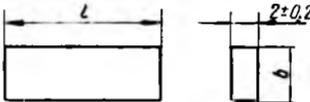
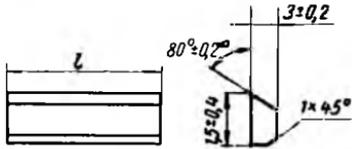
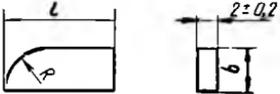
За последнее время в отечественной промышленности применяют новый способ изготовления твердосплавного инструмента из пластифицированных заготовок. Этот способ значительно расширяет возможность изготовления специального и фасонного режущего инструмента. Сущность нового способа, разработанного ВНИИТС, заключается в следующем. Путем прессования изготавливают сырые заготовки простой формы (диски, стержни, бруски, плитки различных размеров) из мелкозернистой смеси с введением пластификатора. Особые приемы приготовления смесей и введение пластификатора придают заготовкам свойства, отличающие их от обычных спрессованных заготовок. Полученные заготовки легко обрабатывают на станках путем точения, сверления и фрезерования с учетом припуска на усадку после спекания. Коэффициент усадки пластифицированных заготовок 1,20—1,29; он указывается в паспорте. После механической обработки заготовки отправляют для спекания на специальные заводы. Твердосплавные пластинки, прошедшие операцию окончательного спекания, после напайки подвергаются лишь абразивной обработке (заточке и доводке).

Из пластифицированного твердого сплава целесообразно изготавливать также стержневые инструменты малого диаметра (концевые фрезы, спиральные сверла) целиком или составными (рабочая часть из твердого сплава, хвостовая из стали).

ВНИИТС осуществляет производственный выпуск пластифицированных заготовок и при их отпуске выдает обязательство спекать обработанные сырые заготовки.

Форма и размеры пластинок из твердого сплава (ВК6 и ВК15)
для дереворежущих инструментов

Условное обозначение формы	Эскиз	Размеры			
		<i>l</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>R</i>
Для дисковых дереворежущих пил (по ГОСТ 13 883—68)					
01D		3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5	10	3	—
02D		3,0; 3,5; 4,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0	7; 10	3,5	—
03D		3,5; 4,0; 4,5; 5,0	8,0	2,5	—

Условное обозначение формы	Эскиз	Размеры			
		<i>l</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>R</i>
Для фрезерного дереворежущего инструмента (по ГОСТ 13 834—68)					
04D		5; 6; 7; 9; 11; 13; 15; 17; 19; 21 5; 6; 7; 9; 11; 13; 15; 17; 19; 21; 25; 32; 35; 40; 45; 50; 60; 80; 90; 100	10 15	2 2	— —
05D		80; 90; 100; 110; 130; 170; 200	15	3	—
06D		15; 20 30; 35	6 15	2 2	5 15
07D		6	7; 12	2	3

В ряде конструкций дереворежущих инструментов (пилы повышенной толщины, фрезерные — ножевые головки и пр.) возможно механическое крепление пластинок из твердого сплава.

Приемлемо также склеивание пластин из твердого сплава с телом (корпусом) инструмента. Строгальные ножи с приклеенными пластинками из твердого сплава, изготовленные УкрНИИ синтетических сверхтвердых материалов и инструментов, эксплуатировавшиеся на ряде деревообрабатывающих предприятий. Для склеивания рекомендуется теплоустойчивый клей ВК-32-200, представляющий собой фенольно-каучуковую композицию. Этот способ можно применять (для страховки от вылета пластин) для тех инструментов, в которых пластинки из твердого сплава имеют дополнительный прижим механическими системами, например для ножевых головок.

Наплавка на режущие элементы инструментов износоустойчивых материалов

Наплавку износоустойчивым материалом (сормайт) целесообразно производить на режущие элементы инструментов, подверженных сильному износу — затуплению, для которых другие способы неприемлемы. К таким инструментам относятся бревнопильные ленточные и рамные пилы. В связи с ограниченной толщиной зубьев пил и интенсивной нагрузкой на них наиболее эффективный способ повышения износоустойчивости — припайка пластин твердого сплава — неприслуживается. В то же время интенсивное затупление зубьев, особенно при распиловке ленточными пилами бревен экзотических пород, заставляет прибегать к современным методам облагораживания материала режущей части.

Французский опыт наплавки зубьев ленточных пил для распиловки бревен экзотических пород стеллитами свидетельствует о повышении износоустойчивости пил в 3—4 раза.

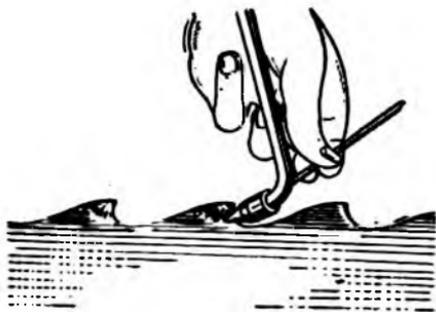


Рис. 11. Наплавка стеллита на зуб ленточной пилы

Наплавка литого твердого сплава краслита-12 на режущие элементы зубьев рамных пил для распиловки лиственницы, по опытам СибНИИЛП, повышает износоустойчивость в 3—3,5 раза.

Исследования наплавки сормаита № 1 на зубья дисковых пил при распиловке гнотоклееных деталей свидетельствуют о повышении износоустойчивости в 3,5—4 раза.

Нанесение материалов на режущие кромки зубьев может производиться посредством электродуговой наплавки или ацетилено-кислородного пламени.

Для большинства деревообрабатывающих предприятий последний способ более доступен, так как газосварочные установки имеются почти везде. При газовой наплавке следует применять газовую горелку с наконечником № 1 или № 2. Чем тоньше полотно пилы, тем меньше номер наконечника должен быть использован. Давление кислорода устанавливается около 4 атм, давление ацетилена — около 0,4 атм.

Наплавку можно производить в лунку от плющения по передней грани зуба, на заднюю грань или на боковые грани зубьев. Проще и легче наплавлять боковые грани. Разводить зубья не надо. Для наплавки на переднюю грань необходимо произвести предварительное плющение зубьев.

Наплавочные материалы поставляют в виде прутков диаметром до 6—8 мм. Для наплавки тонких пил прутки предварительно следует оттянуть — сделать более тонкими. Пруток должен быть примерно на 0,5—1 мм толще пилы.

При наплавке отрегулированное пламя горелки направляют на грань зуба (рис. 11). Поверхность ее нагревают и доводят до потения. Одновременно расплавляют конец прутка наплавляемого металла. Как только началось потение поверхности зуба, на нее наносят требуемое количество наплавляемого сплава. Следует иметь в виду, что при нагреве металла до температуры плавления происходит рост зерна. Поэтому зуб пилы надо подвергать воздействию ацетилено-кислородного пламени в течение возможно меньшего времени.

После наплавления стеллитоподобными сплавами зубья пилы подвергают отпуску — нагреву до темно-красного цвета каления. Охлаждение производится на воздухе. Наплавленный слой должен быть ровным, плотным, без пор и раковин.

Пилы, прошедшие контрольную приемку после наплавки, поступают на дальнейшую подготовку к работе: вальцовку, правку, шлифовку боковых граней и заточку зубьев, доводку граней оселком или другим способом.

Так как наплавка на зубья пил износостойчивых материалов является сравнительно трудоемким процессом, применение его оправдывается лишь для приведенных инструментов и случаев распиловки. Во всех остальных случаях целесообразней применять припайивание пластинок из твердых сплавов.

Электроконтактная закалка зубьев пил

Значительная часть дереворежущего инструмента — пилы из-за особенностей монтажа вынуждена подвергаться в процессе изготовления такой термической обработке, при которой не используются в полной мере свойства стали, определяющие лучшие режущие ее качества. Одно из таких важных качеств, как твердость, составляет у пил всего 42—45 HRC, в то время как у остальных инструментов она колеблется в пределах 57—62 HRC.

Это обстоятельство в значительной степени определяет износостойчивость пил. Металл пилы, получая высокий отпуск приобретает троостосорбитовую структуру, обеспечивающую те свойства, которыми не обладает мартенситовая структура; способность зубьев разводиться, штамповаться и пр. Таким образом, эксплуатационные и монтажные свойства пилы определяются противоречивыми требованиями к металлу, из которого она изготовлена. С одной стороны, твердость для высокой износостойчивости, с другой — пластичность для развода или расплющивания зубьев. Электроконтактная закалка вершин зубьев, предложенная кафедрой станков и инструментов ЛТА имени С. М. Ки-

рова¹, разрешает эти противоречия. Сущность указанного предложения состоит в следующем. Вершина зуба пилы нагревается током промышленной частоты через контактное устройство (рис. 12) до температуры, необходимой для закалки. Прекращение подачи тока путем отключения контакта приводит к быстрому охлаждению вершины зуба (за счет отдачи тепла в толщу основания зуба и полотна пилы) и к закалке его с твердостью HRC=60. Нагрев вершины зуба происходит обычно за 1—2 сек, а скорость охлаждения, обусловленная теплопроводностью стали, составляет не менее 250° в секунду.

Равномерность нагрева вершины зубьев зависит от

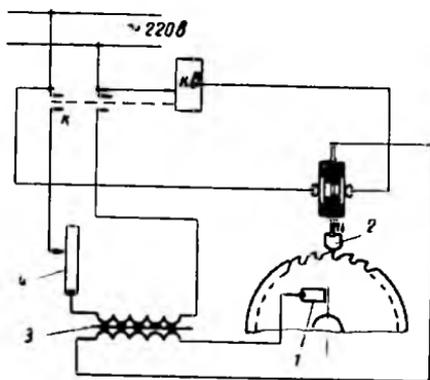


Рис. 12. Принципиальная схема установки для электроконтактной закалки зубьев пил:

1 — пила; 2 — закалочный электрод; 3 — трансформатор; 4 — реостат

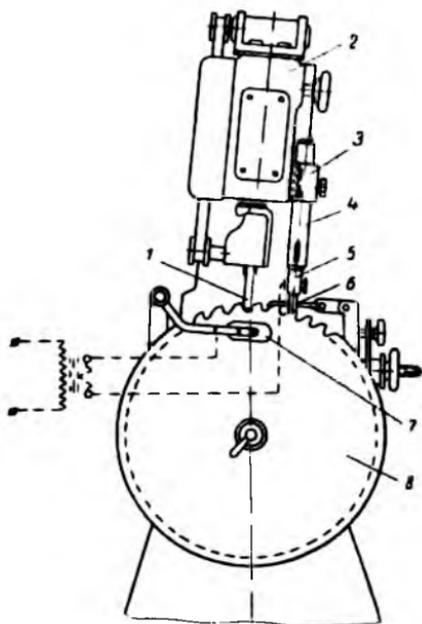


Рис. 13. Электрозакалочное приспособление, смонтированное на точильной головке пилотного автомата ТчПА-2:

1 — шлифовальный круг; 2 — суппорт шлифовального круга; 3 — кронштейн; 4 — втулка; 5 — электрододержатель; 6 — закалочный электрод; 7 — зажим-контакт; 8 — пила

идентичности переходного сопротивления контактов, т. е. от качества поверхности зуба и равномерности давления электродов. Лучший эффект в этом отношении достигается при использовании автоматических контактирующих устройств. На рис. 13 изображен пилотный автомат для заточки зубьев с электрозакалкой их вершин посредством дополнительных устройств.

Трансформатор электроконтактного устройства трансформирует напряжение во вторичной цепи до 1—3 в при силе тока 150—250 а (в зависимости от толщины зуба). Один провод вторичной обмотки трансформатора присоединяется к полотну или

¹ Предложение А. Э. Грубе и А. В. Алексева.

диску пилы, второй — к электроду из красной меди, закрепленному на головке пилоточного автомата и изолированному от массы станка.

Во избежание искрения при контактировании электрода с задней гранью зуба ток включается в электрод после его прикосновения к грани зуба и выключается до отхода электрода от зуба. Зона нагрева распространяется на верхнюю часть зуба примерно на 2—3 мм от его режущей кромки. Микроструктура металла вершины зуба, нагретого электроконтактным способом, представляет собой мелкоигльчатый мартенсит.

По данным исследований в ЛТА имени С. М. Кирова и сведениям заводов, внедривших электроконтактную закалку зубьев пил (с разводом), износоустойчивость последних увеличивается на 50—80% по сравнению с износоустойчивостью пил с незакаленными зубьями. Так как закалка совмещается с заточкой, предложенный способ не требует большой трудоемкости, экономически эффективен и прост.

Электроконтактная закалка зубьев, впервые предложенная в СССР, находит применение и в зарубежной практике.

Методы улучшения качества поверхности режущих граней инструмента

Заточка режущего инструмента — один из наиболее сложных видов обработки металла резанием — шлифование.

Шлифовальный круг как режущий инструмент представляет совокупность многих микрорезцов — абразивных зерен, произвольно расположенных и различных по форме.

Баланс работы шлифовального круга, по данным проф. В. Д. Кузнецова, состоит из работы трения (до 80%) и работы, идущей на стружкообразование (20%). В связи с этим шлифование металлов сопровождается высоким нагревом шлифуемой поверхности и приводит при форсированной работе к структурным преобразованиям в поверхностных слоях затачиваемых граней инструмента: изменению физических свойств и понижению режущих способностей.

Структурные превращения влекут за собой изменение объема металла, что в связи с различной интенсивностью шлифования отдельных участков инструмента (из-за вибрации шлифовального круга и пр.) приводит к возникновению в поверхностных слоях различных внутренних напряжений и, как следствие, к образованию трещин.

Неправильный выбор зернистости шлифовального круга и форсированный режим заточки обуславливают создание грубой шлифованной поверхности режущих граней, что в конечном счете увеличивает коэффициент трения стружки и древесины о режущие грани, вызывает интенсивный износ инструмента и повышенный расход мощности на резание. Кроме того, дефекты

форсированной заточки в виде грубых рисок, заворотов вершин зуба и заусенцев приводят к излому вершин зубьев и к быстрому их затуплению.

Шлифовочные трещины вблизи лезвия вызывают облом и выкрошивание отдельных его частей и, следовательно, аварийный износ инструмента. Во избежание возникновения шлифовочных трещин следует применять круги соответствующей твердости и при заточке за один проход снимать слой малой толщины.

Неизбежные местные дефекты заточки, особенно многорезцовых инструментов, снижают их режущие свойства. В практике инструментального дела широко применяется ряд способов улучшения качества шлифуемой поверхности инструмента:

- правка и доводка режущих граней оселком;
- доводка режущих граней пастами;
- электролитическое полирование режущих граней;
- доводка режущих граней кругами из борозона (эльбора);
- доводка режущих граней алмазными кругами.

Из перечисленных способов наиболее широко применяется доводка режущих граней ножей, фрез оселком. Этот способ является, к сожалению, самым трудоемким и примитивным. Назначение доводки состоит в улучшении микрогеометрии инструмента, в осторожном снятии дефектов заточки, заусенцев, заворотов и в удалении дефектного слоя с поверхности рабочей грани.

В качестве оселков для доводки дереворежущего инструмента могут применяться бруски разной формы и размеров из нового высокоэффективного абразивного материала — термокорунда.

В связи с организацией выпуска искусственных алмазов трудоемкий процесс доводки твердосплавных инструментов, ранее осуществлявшийся посредством паст из карбида бора, целесообразно осуществлять посредством алмазных кругов

Т а б л и ц а 12

Сравнительная износоустойчивость дереворежущего инструмента из твердого сплава при различных методах заточки и доводки

Вид обработки и материал	Марка твердого сплава	Сравнительная стойкость	
		при заточке КЗ с доводкой пастой из карбида бора,	при заточке и доводке алмазными кругами
Обработка паркета из вьетнамских пород	ВК9	1	3,4
	ВК15	1	1,5
Фрезерование дубовых деталей	ВК9	1	2,0

зернистостью АС4, АСМ40, с чистой поверхности 9-11-го классов.

Эффективность заточки и доводки твердосплавных дереворежущих инструментов алмазными кругами по сравнению с заточкой их карборундовыми кругами (КЗ) с доводкой пастой из карбида бора видна из результатов исследований Украинского института синтетических сверхтвердых сплавов и алмазных инструментов, представленных в табл 12.

Для доводки дереворежущих инструментов из легированной стали наиболее эффективным является применение шлифовальных кругов из нового синтетического абразивного материала—борозона или эльбора (кубического нитрида бора).

Испытания строгальных ножей из стали 9Х5ВФ показали, что заточка и доводка режущего инструмента кругами из борозона повышает его износоустойчивость в 1,3—1,8 раза по сравнению с заточкой кругами из электрокорунда и доводкой мелкозернистыми оселками—брусками. Шлифование легированной инструментальной стали кругами из борозона Б0 зернистостью 8 на связках БЗ обеспечивает 8—9-й классы чистоты поверхности. Это в среднем на один класс выше по сравнению с чистой шлифованной кругами из белого электрокорунда. Круги из борозона, обладая высокой режущей способностью, позволяют получить высококачественную заточку без прижогов поверхностного слоя.

Для доводки сложных поверхностей режущих инструментов, например передней винтовой поверхности спиральных сверл, наиболее рациональным является электролитическое полирование. Однако внедрение его в производство встречает определенные трудности—необходима вытяжка, нужен специальный гальванотехник и пр. Этот способ целесообразно применять в тех производствах, которые имеют гальванические цехи.

Таким образом, наиболее совершенными и доступными способами улучшения качества поверхности режущих инструментов являются:

доводка твердосплавных дереворежущих инструментов алмазными кругами;

доводка стальных инструментов кругами из борозона.

Шлифовальные станки, на которых осуществляется доводка, должны иметь повышенную жесткость, а радиальное биение шлифовального круга на них не должно превышать 0,01 мм.

Раздел второй

ПИЛЫ

Пилы, применяемые для раскря древесины, являются наиболее распространенным видом режущего инструмента во всех отраслях лесной и деревообрабатывающей промышленности. Они представляют собой многолезцовый инструмент в виде:

полотна (рамные пилы, пилы для поперечной распиловки, ажурные пилы);

диска (дисковые пилы);

ленты (ленточные пилы);

цепи (цепные пилы);

цилиндры (цилиндрические пилы);

части сферы (сферические пилы) и пр.

Разделение пил на разновидности осуществляется в зависимости от формы зубьев, поперечного сечения тела пилы и пр.

Наиболее распространенными являются рамные, дисковые и ленточные пилы, поэтому ниже рассмотрены лишь они.

Глава IV

РАМНЫЕ ПИЛЫ

Рамные пилы являются режущим инструментом для продольной распиловки бревна на брусья и доски в горизонтальных или вертикальных лесопильных рамах. В соответствии с конструктивными особенностями станка рамные пилы различаются по размерам полотна, форме и расположению зубьев и методам крепления в пильной рамке.

Ниже рассмотрены конструктивные и эксплуатационные особенности рамных пил, применяемых в вертикальных лесопильных рамах. В зависимости от способа закрепления в пильной рамке они делятся на два типа (рис. 14): с планками (тип А) и без планок (тип Б).

Рамные пилы типа А укрепляются в пильных рамках посредством съемных захватов, пилы типа Б имеют приклепанные захваты.

Рамные пилы с приклепанными захватами применяются преимущественно в передвижных лесопильных рамах с периодической подачей бревна за рабочий ход. В лесопильных рамах с непрерывной подачей или с периодической подачей за холостой ход должны применяться рамные пилы со съемными захватами, так как в зависимости от величины подачи бревна

на ход рамы уклон рамной пилы изменяется. Укрепляемые в захватах рамные пилы с планками допускают изменение уклона в необходимых пределах. Дальнейшее разделение рамных пил осуществляется по форме их зубьев. Последнее обстоя-

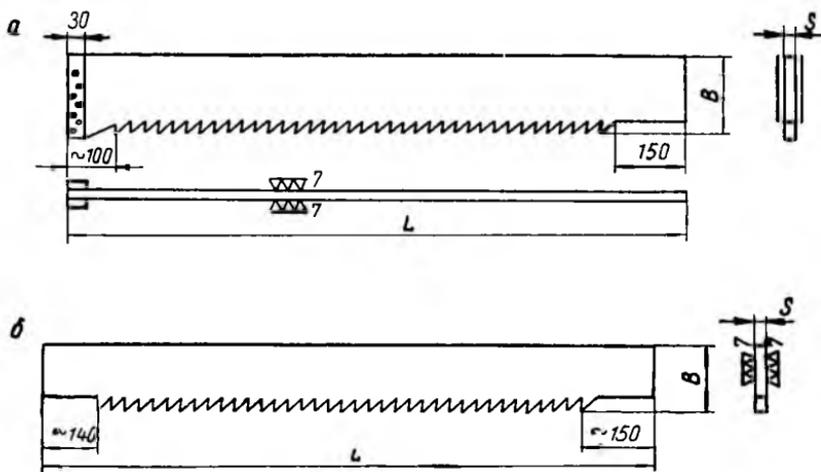


Рис. 14. Рамные пилы:
а — с планками; б — без планок

тельство зависит от условий распиловки (физико-механических свойств распиливаемой древесины).

Конструирование рамных пил

Производительность лесопильной рамы и качество распиловки в значительной мере зависят от конструкции и качества подготовки пилы. Руководствуясь передовой практикой и специальными исследованиями, можно определить оптимальные параметры рамных пил. Для удобства изложения пила расчленена на основные ее элементы — полотно и зубья.

Полотно пилы. Полотно рамной пилы характеризуется его размерами: толщиной S , длиной L и шириной B (см. рис. 14).

В табл. 13 приведены размеры полотна и зубьев пил для вертикальных лесопильных рам (по ГОСТ 5524 — 62).

Толщина рамных пил определяется, с одной стороны, стремлением увеличения полезного выхода и уменьшения расхода мощности за счет применения более тонких пил, с другой стороны, необходимостью обеспечения достаточной жесткости — устойчивости в работе. Последнее требование достигается за счет увеличения толщины пил или степени их натяжения в пильной рамке. Увеличение силы натяжения может привести к значительным деформациям пильной рамки при многопильных по-

Размеры полотна и зубьев рамных пил

Длина L , мм	Ширина B , мм		Толщина S , мм		Шаг зубьев t , мм		
	тип А	тип Б					
110	—		1,6	1,8	18	22	
1250 1400	160—180		160	2,0	2,2	22	26
1500 1600	180			2,2	2,5	26	32
1750 1950	180—200 180—200	— —	2,5		32	40	

ставах или даже к поломке. Поэтому толщину рамных пил выбирают, сообразуясь с условиями их работы. Эмпирические данные устанавливают следующую зависимость толщины рамных пил от высоты распила D в миллиметрах:

$$S = (0,1 - 0,12) \sqrt{D}. \quad (4)$$

Меньшие значения коэффициента относятся к более высокому уровню пилоставного дела, к распиловке хвойных пород и к пилам с плющенным зубом, большие значения — к распиловке твердых пород древесины и к среднему уровню пилоставного дела. В зависимости от высоты распила рамные пилы в поставе имеют разную толщину: средние пилы имеют большую толщину, чем прочие пилы постава.

Длина пилы диктуется в основном технологическими и конструктивными соображениями и может быть определена по следующей зависимости:

$$L = D_{\text{макс}} + H + 300 \text{ мм}, \quad (5)$$

где H — ход пильной рамки, мм;

$D_{\text{макс}}$ — максимальная высота распила, мм.

Для увеличения жесткости полотна целесообразно применять минимально допустимые размеры пил по длине.

Ширина рамных пил обычно равняется 180 мм, пилы короткие могут иметь ширину, равную 160 мм.

Зуб пилы характеризуется следующими размерами: шагом t , высотой h , радиусом закругления r , формой впадины, а также угловыми значениями: передним углом γ , углом заострения β , задним углом резания α и углом резания δ (рис. 15).

Указанные размеры зуба, определяющие его эксплуатационные качества, зависят от технологических и физических свойств распиливаемой древесины, режимов резания, толщины пилы и прочих факторов. В эксплуатационном отношении к зубу пилы предъявляют следующие основные требования:

соответствие угловых значений условиям распиловки;

возможно меньшая затупляемость зуба;

жесткость — устойчивость в боковом направлении;

достаточный объем впадины и соответствующая форма ее для вмещения опилок.

Эти свойства зуба зависят от качества стали пилы, конструкции (профиля) зуба и тщательности ухода — факторов, тесно связанных друг с другом.

Ниже приведены основные данные зуба рамной пилы в зависимости от условий распиловки.

Профиль зуба. Сочетание линейных и угловых параметров зуба предопределяет его профиль, точнее, конструкцию задней грани зуба. Последняя может быть (см. рис. 15), либо прямой (тип I), либо ломаной (тип II), либо выпуклой.

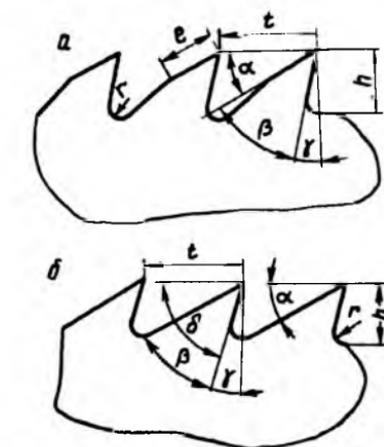


Рис. 15. Профили зубьев рамных пил:

a — зуб с ломаной задней гранью;
b — зуб с прямой задней гранью по ГОСТ 5524—55

Зубья, задняя грань которых имеет подрез (тип II), в свою очередь различаются в зависимости от формы подреза. Каждый из указанных зубьев обладает специфическими эксплуатационными качествами.

Плющенный зуб имеет — профиль с ломаной задней гранью (тип II), разведенный зуб — с прямой задней

гранью. Зубья с выпуклой спинкой в основном применяются в США.

По ГОСТ 5524—62 зубья рамных пил (тип. II) имеют угловые и линейные параметры, приведенные в табл. 14.

Передний угол γ устанавливается в зависимости от технологических свойств распиливаемой древесины. Так, при распиловке твердых пород или промерзшей древесины применяются

Таблица 14

Линейные и угловые параметры зубьев рамных пил

<i>t</i> , мм	<i>h</i> , мм	<i>l</i> , мм	<i>g</i> , мм	Углы резания, град		
				γ	β	α
18	16	7	3	15	47	28
22	18	9	4			
26	20	11	5			
32	22	14	6			
40	26	16	8			

зубья с малым передним углом. Для волокнистых и мягких пород, наоборот, передний угол зубьев увеличивается. Увеличение переднего угла возможно до предела в зависимости от необходимой прочности зуба, так как это увеличение происходит за счет уменьшения угла заострения. Практикой и специальными исследованиями установлены оптимальные значения переднего угла зуба рамной пилы от 6 до 18°, в зависимости от условий распиловки (табл. 15).

Таблица 15

Угловые значения зубьев рамных пил в зависимости от технологических свойств распиливаемой древесины

Распиливаемая древесина	Угловые значения зуба				Профиль зуба
	γ	β	α	δ	
Широкоуслойная хвойная	12—18	35—40	40—32	78—72	Типы I и II
Мелкоуслойная хвойная	10—12	40—45	38—35	80—78	» I » II
Промерзшая »	8—10	40—50	35—32	82—80	Тип II
Береза	8—10	40—45	40—37	82—80	» I
Дуб, бук	6—8	50—55	30—34	82—84	Типы I и II

Величина заднего угла предопределяет форму задней грани зуба. Когда задний угол α меньше 35°, форма задней поверхности зуба должна быть ломаной.

При конструировании зуба следует учитывать устойчивость его в боковом направлении (стойкость развода), зависящую от размеров тела зуба, предопределенных величиной угла заострения. Вследствие этого при тяжелых условиях работы (распиловка твердых пород) выбирается более устойчивая форма, вместе с тем и угол заострения приобретает большие значения.

На основе данных практики и специальных исследований можно рекомендовать углы заострения от 35 до 55°, в зависимости от технологических и физических свойств распиливаемой древесины.

Размеры зуба определяют его жесткость, объем, форму впадины и угловые значения. Оптимальные размеры зубьев зависят от условий распиловки и оказывают значительное влияние на величину возможной подачи.

Экспериментальные данные (ЦНИИМОД) установили следующую зависимость шага зуба (при разведенных зубьях) от высоты распила D и величины подачи на ход Δ :

$$t = \frac{0,94D}{\Delta} . \quad (6)$$

Устойчивость зуба в боковом направлении — третье требование, предъявляемое к зубу пилы, — определяется соотношением

размеров шага зуба, его высоты и толщины пилы. Имеется следующая зависимость между размерами зуба (при разводе его):

$$t = (10 \div 12) S; \quad (7)$$

$$h = (0,75 \div 1,0) t; \quad (8)$$

$$r = (0,15 \div 0,2) t. \quad (9)$$

В случае применения плющеного зуба, учитывая, что силы сопротивления резанию действуют на него симметрично и режущая кромка формирует всю ширину пропила, возможно некоторое увеличение шага с одновременным уменьшением высоты зуба в пределах следующих соотношений:

$$t \leq (12 \div 16) S; \quad (10)$$

$$h = 6,3 \sqrt[3]{t}. \quad (11)$$

Точность и качество рамных пил. Точность размеров и качество рамных пил определяет ГОСТ 5524 — 62. Допускаются следующие отклонения в размерах полотна пил от номинальных (*мм*):

по длине	± 2
» ширине	-5
» толщине	$\pm 0,12$

Отклонение размера по толщине в пределах одной пилы допускается не более 0,09 *мм*, неравномерность по ширине (конусность) пилы — в пределах 1 *мм*, отклонение кромок от прямолинейности (вогнутость) — не более 0,3 *мм* на 1 *м* длины кромки.

Допускаются следующие отклонения в размерах и угловых параметрах зубьев от номинальных (*мм*):

по шагу	$\pm 0,5$
» высоте	$\pm 0,5$
» угловым параметрам	$\pm 2^\circ$

Качество обработки рамных пил должно удовлетворять следующим требованиям:

полотно пилы должно иметь хорошо отшлифованную и отполированную поверхность — по седьмому классу (ГОСТ 2789 — 51);

на поверхности пилы не должно быть трещин, глубоких царапин, поджогов от шлифования и следов от ударов (вмятин) ручником при правке;

полотно пилы должно быть хорошо провальцовано, выправлено, без выпучин, искривлений и перекосов.

Вальцевание и правка полотен рамных пил

Одно из необходимых условий правильной распиловки — устойчивость полотна рамной пилы во время резания. Дефекты распиловки (кривой и волнообразный пропил и пр.), в значи-

тельной степени обесценивающие пиломатериал, происходят в результате малой жесткости — недостаточной устойчивости пилы.

Рамная пила представляет собой длинную тонкую пластину, и при воздействии на нее определенной нагрузки в плоскости наибольшей жесткости (горизонтальной составляющей силы резания) дальнейший рост этой силы может привести к ее критическому значению, при котором пила может потерять устойчи-

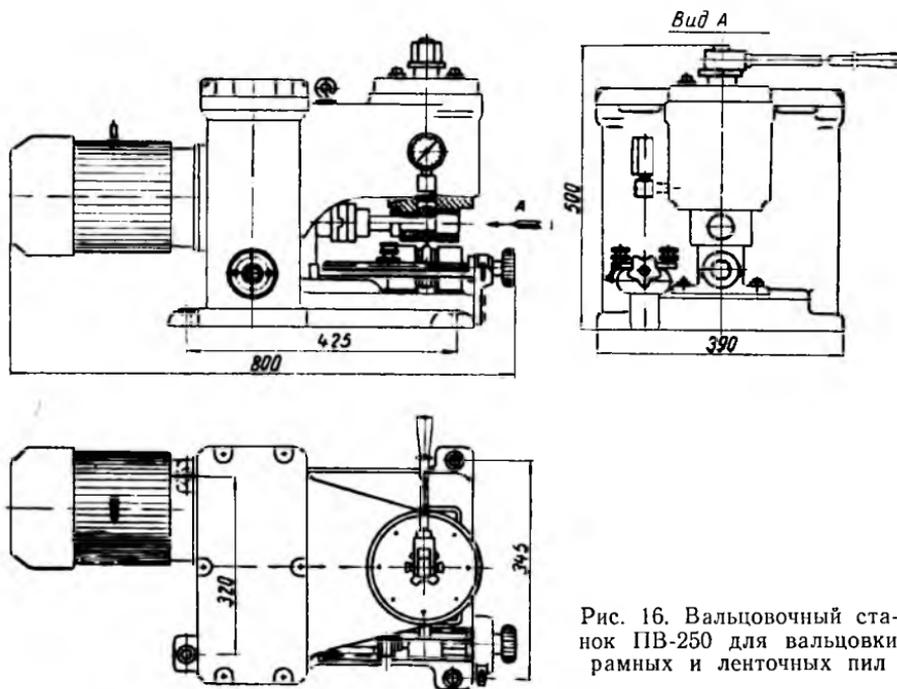


Рис. 16. Вальцовочный станок ПВ-250 для вальцовки рамных и ленточных пил

вость плоской формы равновесия. При потере устойчивости полотно пилы под воздействием этой силы испытывает совместную деформацию изгиба и кручения.

В поперечном направлении рамная пила имеет еще меньшую жесткость, поэтому достаточно небольшой асимметрии боковых составляющих сил резания, чтобы отклонить полотно пилы от нормального положения.

Необходимая при резании устойчивость — жесткость полотна, характеризуемая величиной прогиба под действием поперечной силы, достигается путем продольного натяжения полотна.

Ввиду того что сила, с которой практически можно натянуть полотно пилы, лимитируется прочностью захватов и пильной рамки, стараются избегать увеличения общей силы натяжения, осуществляя лишь усиление напряжений краев полотна за счет средней его части.

Так как наибольшие изгибающие поперечные силы испытывают кромки пилы, стремятся придать максимальные продольные напряжения при натяжении крайним частям полотна, что обеспечивает большую жесткость. Это можно выполнить посредством специальной обработки полотна — вальцевании и соответствующего расположения пилы в захватах.

При вальцевании (прокатке) рамной пилы между роли-

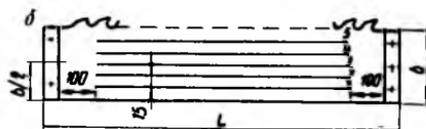


Рис. 17. Схема вальцевания полотна рамной пилы:

а — выпучивание удлиненной вальцованной полосы при ее вырезании (по Байковскому, ПНР); б — следы вальцевания полотна

ками вальцовочного станка (рис. 16) под определенным давлением по нескольким полосам (рис. 16) под определенным давлением по нескольким полосам (рис. 16) последние получают остаточное удлинение. Удлиненная вальцованная полоса выпучивается при ее вырезании по ширине полотна.

При вальцевании отдельных полос средней части полотна за счет непрерывности среды и упругой связи между волокнами металла кромки полотна и промежуточные невальцованные части его получают упругое растяжение.

Упруго растянутые части полотна, стремясь занять прежнее положение, будут сжимать пластически растянутые вальцовочные полосы средней части пилы. Таким образом, в вальцованных полосах средней части пилы возникнут напряжения сжатия, и на кромках в промежуточных частях — напряжения растяжения (рис. 18).

По данным исследований в вальцованных полосах, напряжения растяжения у кромок пилы достигают до 2 кгс/мм^2 , напряжения сжатия — до 30 кгс/мм^2 . Если такое обработанное полотно рамной пилы натянуть в пильной рамке, крайние его части получат большие нормальные напряжения растяжения, чем средняя часть (см. рис. 18).

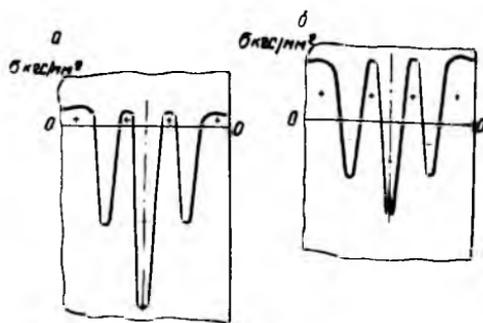


Рис. 18. Характер распределения нормальных напряжений от вальцевания: а — в ненатянутой пиле; б — в натянутой пиле

Вследствие неравномерного распределения напряжений получается достаточная жесткость против изгиба полотна под действием сил, возникающих при резании, и меньшая, сравнительно с необработанным полотном той же жесткости, общая сила натяжения, а следовательно, и нагрузка на пыльную рамку.

Влияние вальцевания полотен на жесткость зависит от толщины пилы и степени ее обработки; в среднем жесткость обработанного полотна увеличивается на 10—20% (при одной и той же силе натяжения).

Так как жесткость полотна возрастает в меньшей степени, чем увеличиваются средние напряжения пилы, данное увеличение жесткости вследствие обработки заменяет увеличенные силы натяжения необработанной пилы примерно на 20—30%.

Кировский станкостроительный завод выпускает вальцовочные станки ПВ-5. Они имеют два приводных вальца. Прижим верхнего вальца осуществляется гидравлическим устройством с фиксацией давления посредством манометра.

В результате экспериментальных исследований ЦНИИМОД рекомендуется расположение следов вальцевания, указанное в табл. 16 и на рис. 17, б.

Пилы вальцуют в два приема: по всем следам с одной стороны, а затем повторно с другой стороны. Сила прижима роликов и оптимальная

степень вальцевания (по данным ЦНИИМОД) определяется по табл. 17. Сила прижима роликов при нанесении всех следов вальцевания для данной пилы остается постоянной. Пилы, имеющие степень вальцевания ниже оптимальной, вальцуют по одному-двум следам. При потере плоской формы (искривлении на крыло) за счет чрезмерного вальцевания необходимо прокатать полотно пилы на вальцовочном станке с нанесением двух следов на расстоянии 10 мм от задней кромки и линии впадин зубьев. Сила прижима роликов должна быть уменьшена по сравнению с указанной в табл. 17 на 30%.

Показателем вальцевания полотна является поперечное его искривление при продольном изгибе. Более удлиненные волокна изгибаются с большим радиусом искривления, в результате

Таблица 16

Расположение следов вальцевания в зависимости от ширины пилы

Ширина пилы, мм	Количество следов	Порядок нанесения следов по номерам	Расстояние от задней кромки пилы до ее оси, мм
180	3	2—3—4	75
	(4)	1—2—3—4	60
	(5)	1—2—3—4—5	60
160	3	2—3—4	65
	(4)	1—2—3—4	50
	(5)	1—2—3—4—5	50
140	3	2—3—4	55
	(4)	1—2—3—4	40
120	3	2—3—4	45
	(4)	1—2—3—4	30
100	3	2—3—4	35
	1	3	35
70	(2)	2—3	20

Степень вальцевания рамных пил в зависимости
от их толщины и ширины

Длина пил L , мм	Толщина пил S , мм	Сила прижима роликов		Степень вальцевания пил f (мм) при их ширине без учета зубьев			
		кгс	кгс/см ²	180	160	140	120—60
1100	1,6	960	34	—	—	0,15	—
	1,8	1200	43	—	—	0,20	
1250	2,0	1280	45	—	0,20	0,10	—
	2,2	2000	71	—	0,30	0,18	
1400	2,0	1120	40	—	0,15	0,08	—
	2,2	1760	62	—	0,25	0,15	
1500	2,2	1600	57	—	0,20	0,10	0,05
	2,5	2000	71	—	0,30	0,18	
1600	2,2	1600	57	—	0,20	0,10	—
	2,5	2000	71	—	0,30	0,08	
1950	2,5	2000	71	0,35	0,30	0,15	—
	2,5	1840	65	0,30	0,25	0,10	

чего пила по ширине получает поперечное искривление. Если приложить к внутренней ее поверхности линейку, между поверхностью пилы и гранью линейки получается световая щель (рис. 19). Если же крайние части пилы удлинятся вальцеванием, при продольном изгибе такая пила будет иметь выпуклость в средней части. Стрела поперечного направления вальцованной пилы зависит от величины радиуса продольного искривления.

Степень вальцевания проверяют при радиусе продольного искривления $R=1,75$ м. Примерно такое искривление положенная на плиту пила получает, если один конец ее приподнять на уровень локтя руки. Лучше всего проверять степень вальцевания в специальном приспособлении (рис. 19, в), стрела поперечного искривления в котором измеряется измерительной линейкой с индикатором или щупом.

Помимо первоначального вальцевания, которому пилы подвергаются на изготавливающих их заводах, необходимо повторное вальцевание в зависимости от износа. По мере стачивания зубьев передняя кромка пилы смещается к середине, вследствие чего нарушается необходимая разница в удлинении отдельных ее частей. Если линия зубьев занимает середину первоначальной ширины пилы, передняя кромка длиннее, чем остальные части полотна. Удлинение режущей кромки может также произойти у пилы, продолжительно работавшей тупыми зубьями, имеющей неправильный профиль зубьев (малый передний угол зуба,

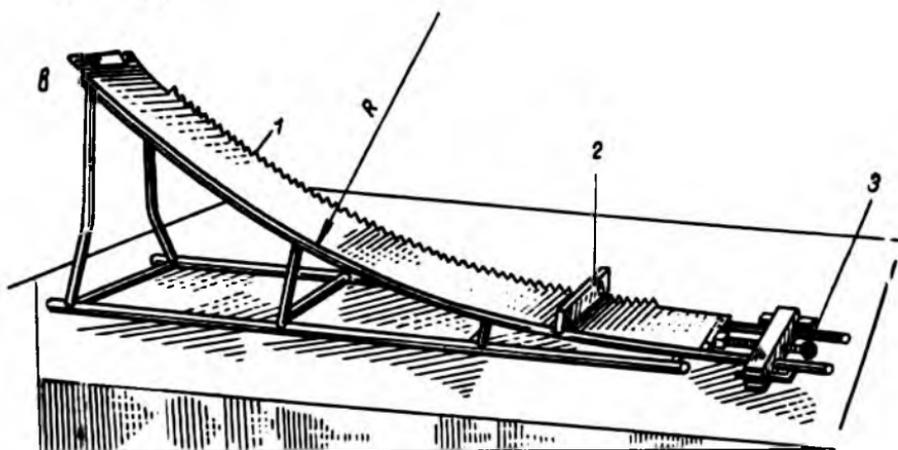
малую впадину и пр.), или у пилы, зубья которой подвергались штамповке; особенно заметно это сказывается у тонких пил. Пилы с удлиненной режущей кромкой неустойчивы при резании (вибрируют в пропилах) и требуют



сильного натяжения в раме. Поперечное сечение полотна таких пил имеет вид, изображенный на рис. 19, б. Шаблон, приложенный к внутренней стороне изогнутой пилы, соприкасается своей гранью с серединой полотна, а по краям имеются просветы. При таком состоянии пилу необходимо выправить. Как правило, пилу необходимо вальцевать не меньше 3—4 раза за срок ее службы, чем восстанавливается правильное распределение напряжений в ее полотне. Без соблюдения этого условия пропадает смысл обработки полотен.

Рис. 19. Проверка полотна пилы:

а — правильное состояние полотна; б — неправильное состояние полотна; в — приспособление ЛТА для проверки степени вальцевания: 1 — пила; 2 — измерительная линейка; 3 — упорная колодка



Для исправления пилы с вытянутой режущей кромкой необходимо сначала путем вальцевания середины отчасти заднего ее края привести полотно к равномерному состоянию, а затем провальцевать среднюю часть с обеих сторон, пока не получится требуемая и одинаковая по всей пиле световая щель.

Перед вальцеванием следует проверить состояние пилы в разных местах по длине; обнаруженные неровности и искривления необходимо устранить. Во время вальцевания надо отметить дефекты, требующие специальных методов исправления.

Пила, бывшая в употреблении, теряет правильное состояние не только от нагрева, усилия резания и боковых изгибов, но также вследствие дефектов прокатки стали, неравномерной термической обработки или шлифования и пр. Полотно пилы может иметь следующие местные дефекты: выпучины, тугие места, слабины, искривления полотна (крыловатость).

Выпучина — результат разности напряжений по толщине полотна. Для ее обнаружения пилу кладут на выверочную плиту и проверяют прямым шаблоном, проводя его по всей длине полотна; небольшие горбы (выпучины) становятся тогда легко заметными. Точные границы выпучин определяются путем прикладывания в разных направлениях прямого шаблона; найденные границы очерчивают мелом (рис. 20).



Рис. 20. Схема правки полотна рамной пилы:
С — слабина; Т — тугое место; В — выпучина; И — изгиб

Если приложить линейку к отмеченному месту пилы, изогнутой так, как для проверки вальцевания, с другой стороны, где обнаружена выпучина, шаблон будет соприкасаться со средней частью. Перевернув пилу на другую сторону, можно обнаружить в этом же месте большую световую щель.

Выпучины устраняют ударами специального проковочного молотка. Чтобы не растянуть металл, между пилой и стальной наковальней прокладывают свернутый в несколько раз лист оберточной бумаги или правку производят на торце твердого дерева (дуба). Первые удары молотка, очень легкие, приходятся на место вокруг выпучины. Следующие удары захватывают уже бока выпучины. Заканчивается правка ударами только по центру выпучины. Выпуклости удлиненной формы исправляются ударами правильного ручника с продольным бойком.

Чрезвычайно важно наносить удары так, чтобы направление продольной оси бойка совпадало с направлением более длинной оси выпучины. Удары должны быть направлены таким образом, чтобы на полотне не оставалось следов от краев ручника (вмятин).

После проверки правильности полотна и удаления выпучин с одной стороны пилу выверяют с другой стороны.

Тугое место — участок полотна, на который со стороны прилегающих к его контуру частей действуют силы растяжения. Оно обнаруживается при продольном изгибе пилы прикладыванием шаблона в разных местах по длине. Проявляется это место с внутренней стороны изогнутой пилы в виде горбатости,

которая оказывается в том же месте и при перевернутом положении пилы.

Слабое место (слабина) полотна образуется в той его части, которая получила чрезмерное удлинение, и окружена по контуру соседними жесткими частями полотна, в результате чего испытывает излишнее напряжение сжатия. Слабое место проявится в виде выпуклости при горизонтальном положении пилы на поверочной плите и обнаруживается шаблоном. При продольном изгибе пилы слабое место выпучивается наружу. Шаблон, приложенный с внутренней стороны изогнутого полотна, устанавливает в этом месте большую световую щель. Эта же картина повторится, если пилу перевернуть на другую сторону и подвергнуть такой же проверке. У тонких пил сильно ослабленное место под давлением легко выпучивается.

Исправление слабину производится вальцеванием вблизи кромок вдоль слабого места.

Искривление полотна (крыловатость) чаще всего бывает в его конце. Для обнаружения этого дефекта кладут пилу на поверочную плиту и шаблоном отыскивают «хребет» перекручивания, имеющий вид выпуклости, чаще всего расположенной под углом к кромкам пилы. Крыловатость исправляют ударами ручника с продольным бойком по «хребту». Выправленное полотно при наложении на поверочную плиту должно иметь совершенно плоскую форму. Пила, выправленная таким образом, требует меньшего развода зубьев и является более устойчивой в работе.

Если крыловатость получилась в результате потери плоской формы из-за удлинения кромок полотна, при продольном изгибе пилы образуется выпуклость поперечного сечения по всей длине пилы. Такое полотно исправляется интенсивным вальцеванием его средней части.

Установка, закрепление и выверка пил в лесопильной раме

Производительность работы лесопильной рамы и качество пиломатериала зависят главным образом от положения и закрепления пил в пильной рамке. Натяжение пил должно быть достаточное для устойчивости (жесткости) их полотна в боковом направлении. Плоскости полотен должны быть параллельны линии движения бревна и направляющим рамы. Пилы должны быть установлены с соответствующим наклоном режущей кромки к вертикали в зависимости от величины и характера подачи бревна и конструкции лесопильной рамы.

Полотно пилы должно быть так расположено в захватах, чтобы наибольшее напряжение испытывала режущая кромка. Пилы должны быть правильно размещены по отношению друг к другу и надежно закреплены с боков, а также подобраны по

толщине соответственно высоте пропила. Натяжение и закрепление полотен пил в пильной рамке в продольном направлении осуществляется захватами (карабинами), а в поперечном направлении — струбцинами.

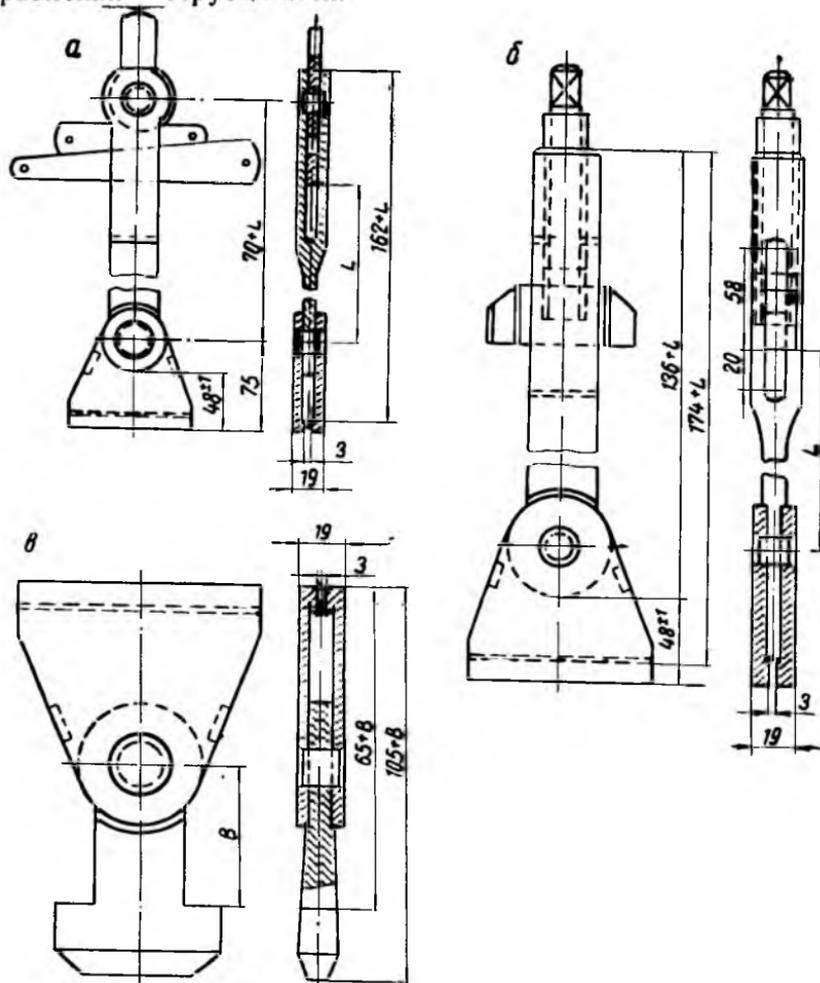


Рис. 21. Захваты для укрепления рамных пил в пильной рамке: а — с эксцентриковым натяжным устройством; б — с винтовым натяжным устройством; в — нижний захват

Захваты (рис. 21) должны давать возможность быстро натягивать, закреплять пилы, изменять их наклон, заменять отдельные пилы в поставе в случае их разрыва или излома зубьев, быть прочными и простыми.

Конструкции захватов и струбцин разнообразны. Ниже приведены лишь наиболее рациональные из них, применяющиеся на отечественных заводах.

Закрепление пил в рамке в продольном направлении. Наиболее распространенным приспособлением для закрепления пил, удовлетворяющим требованиям рациональной работы рамы, являются эксцентрикковые захваты.

Эксцентрикковые захваты допускают нормальную установку пил на расстоянии 19—21 мм друг от друга. Затяжной кулачок этих захватов выполнен по архимедовой спирали с величиной приращения радиуса-вектора кривой 10 мм в пределах 180° поворота эксцентрика. Клин эксцентриккового захвата для обеспечения самоторможения должен иметь угол не более 6°.

Затяжной винт винтовых захватов диаметром 16 мм имеет треугольную резьбу с шагом 1 мм и длиной нарезной части 84 мм. Винтовые захваты допускают нормальную установку пил на расстоянии 24—26 мм.

Размеры основных конструктивных элементов захватов определяются необходимой прочностью.

Для экономии материала пил и лучшего их размещения в захватах в связи с уклоном целесообразно применять пилы возможно меньшей длины, однако в пределах расчетного размера, определенного по формуле (5).

Сила натяжения пилы должна быть минимальная, однако обеспечивающая большую жесткость полотна при его вальцевании и соответствующем размещении в захватах, о чем сказано ниже. Средняя величина нормальных напряжений в поперечном сечении пилы для нормальной жесткости равна $\sigma \approx 8 \div 12 \text{ кгс/мм}^2$, в зависимости от разных факторов: толщины пил, расположения их в захватах, свободной длины пил и пр.

Помимо указанных конструкций для индивидуального натяжения рамных пил, в Советском Союзе применяются гидравлические приспособления для одновременного натяжения пил всего постава и для сохранения постоянства этого натяжения в процессе работы.

Из-за трения о древесину полотно рамной пилы во время работы нагревается, причем степень его нагрева в отдельных частях по ширине различна; различна также степень нагрева в зависимости от расположения пил в поставе. Нормальным можно считать нагрев пил в начале работы в среднем до температуры 40—50°. Нагрев пил вызывает удлинение их вследствие линейного расширения, в результате чего значительно снижается натяжение пил в пыльной рамке и теряется жесткость. Уменьшение напряжения в полотне рамной пилы от нагревания может быть определено по следующей формуле:

$$\sigma_t = E \alpha t \text{ кгс/мм}^2, \quad (12)$$

где E — модуль упругости на растяжение, равный 20 000 кгс/мм²;
 α — линейный коэффициент расширения пиловой стали, равный $11,6 \cdot 10^{-6}$;
 t — средняя температура нагрева полотна, град.

При нагревании режущей части полотна пилы дополнительно на 30° напряжение ее уменьшится на

$$\sigma_t = 20\,000 \cdot 11,6 \cdot 10^{-6} \cdot 30^\circ = 6,96 \text{ кгс/мм}^2.$$

Такое падение нормальных напряжений приведет к ослаблению пилы и потере жесткости. Поэтому после распиловки двух-трех первых бревен приходится дополнительно подтягивать пилы. В связи с этим среднее напряжение пилы при охлаждении достигает $14\text{--}16 \text{ кгс/см}^2$ и несколько выше в зависимости от качества подготовки пил и общего уровня пилоставного дела. Излишнее напряжение, испытываемое пилами, вредно отражается на пильной рамке; приводит к значительной ее деформации и даже поломке.

Для компенсации ослабления пил в случае их нагрева целесообразно применять в захватах пружинящие клинья (рис. 22) с продольной щелью. Такие клинья делают из высококачественной кремнистой стали с применением термообработки. Практика использования пружинящих клиньев в лесопилении ГДР и Финляндии показала их эффективность.

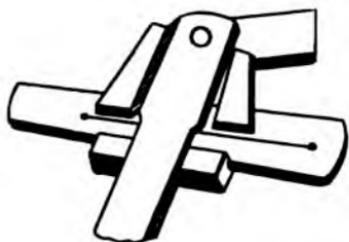


Рис. 22. Пружинящий клин захвата

Метод индивидуального применения захватов имеет ряд недостатков: длительность натяжения, отсутствие контроля силы натяжения и компенсирующих устройств в случае его ослабления.

Гидравлическое приспособление для одновременного и нормированного натяжения всех пил автоматически компенсирует потерю натяжения, что способствует снижению предварительного их натяжения на $40\text{--}50\%$. Гидравлическое приспособление монтируется на верхней поперечине пильной рамки (рис. 23).

Характеристика основных моделей гидронатяжных устройств приведена в табл. 18.

Таблица 18

Основные данные гидронатяжных приспособлений

Техническая характеристика	ПГ-30	ПГ-40	ПГ-56
Ширина постава, мм	300	400	560
Допустимая толщина выпиливаемой доски, мм	16	16	16
Наибольшее натяжение пилы, кгс	3000	4000	4500
Допустимое давление внутри гидросистемы, кгс/см ²	500	600	700
Вес гидронатяжного приспособления, кг	13	17	22

Гидропотяжные приспособления представляют собой гидравлическую систему, общее давление в которой создается при перемещении (посредством винта) поршня в цилиндре, размещенном в одном корпусе с вертикальными поршнями, на штыри которых опираются клинья захватов.

Перемещение рабочего горизонтального поршня создает необходимое давление в гидросистеме, передаваемое на штыри вертикальных поршней, а через них на клинья захватов. Величина давления фиксируется по шкале или по манометру. Компенсация ослабления натяжения пил из-за их нагрева осуществляется специальной тарельчатой пружиной.

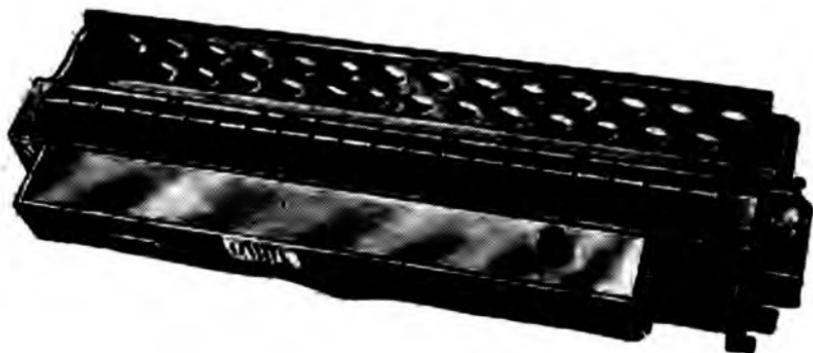


Рис. 23. Гидравлическое приспособление ПГ-40 для натяжения рамных пил

Преимущество гидронатяжного приспособления по сравнению с ручным индивидуальным натяжением заключается в следующем:

- одновременное натяжение пил всего постава;
- нормированное натяжение с определенной силой, фиксирующей по шкале;
- автоматическое выравнивание натяжения в случае его ослабления в процессе работы.

Недостатком устройства для гидравлического натяжения пил является увеличение веса движущихся частей пильной рамки и возможное протекание масла.

В связи с тем что устройство имеет большое количество поршеньков, пригонка их и уплотнение должны быть очень надежными. Во избежание протекания масла целесообразно применять вместо него гидропласт.

Закрепление пил в рамке в поперечном направлении. При закреплении пил в рамке между ними устанавливают особые прокладки, которые сжимаются специальными струбцинами

(рис. 24). Благодаря этому обеспечивается требуемое расстояние между пилами соответственно размерам выпиливаемых досок и увеличивается устойчивость полотна в результате подпора с боков и уменьшения его свободной длины (расстояния между верхними и нижними прокладками).

Установлено, что жесткость полотна рамной пилы, натянутой с определенной силой в пильной рамке, увеличивается пропорционально уменьшению свободной длины пилы. С уменьшением свободной длины пилы уменьшается и необходимая для достижения соответствующей жесткости полотна сила ее натяжения, что увеличивает прочность захватов и пильной рамки.

На рис. 24 показаны стяжные струбцины. Жажим постава пил при их помощи осуществляется путем поджимания прижимных щек посредством гаек тяг, имеющих резьбу и прикрепленных к стойкам пильной рамки. Тяги служат одновременно опорами для прокладок. Однако наличие тяг в этой конструкции струбцин затрудняет навеску пил в захваты, в связи с чем такие струбцины применяются лишь для пил с приклепанными захватами и чаще всего в рамах с периодической подачей.

Более удобная конструкция струбцин изображена на

рис. 24, а. Угольник, соединенный с пильной рамкой (с задней ее стороны), служит для укрепления на нем прокладок, которые надеваются на полку специальными крюками. Расположение угольников с задней стороны пильной рамки не мешает навеске пил в захваты (карабины). Однако жажим прокладок и пил одним лишь болтом в данной конструкции струбцин затрудняет выправление пил параллельно рельсовым путям в случае перекоса их при установке в пильную рамку. Чаще всего встречается вариант такой конструкции струбцин без поперечных угольников. Широко также применяются струбцины с двумя поджимными болтами (рис. 24, б).

Верхние струбцины вместе с прокладками должны устанавливаться в зависимости от диаметра распиливаемого бревна, чтобы между ними и наибольшей комлевой частью оставался промежуток примерно 80—100 мм при нижнем положении рамки. Нижние струбцины устанавливают на расстоянии не меньше 50 мм от верхней грани нижних рифленых валиков при верхнем крайнем положении рамки. Пилы вместе со вставленными между ними прокладками должны крепко зажиматься струбцинами.

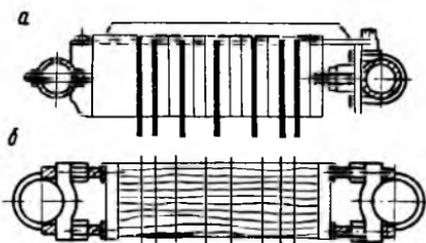


Рис. 24. Струбцины для зажима пил в пильной рамке:

а — распорные с одним подвижным болтом; б — распорные с двумя подвижными болтами

Прокладки изготавливаются преимущественно из березы, а также из бука, дуба и других твердых пород. На прокладки к рамным пилам для выпиливания сосновых и еловых пиломатериалов на внутренний рынок имеется стандарт ОСТ 1529 146 (рис. 25).

Влажность древесины прокладок не должна превышать 15%. Деревянные прокладки должны иметь форму прямоуголь-

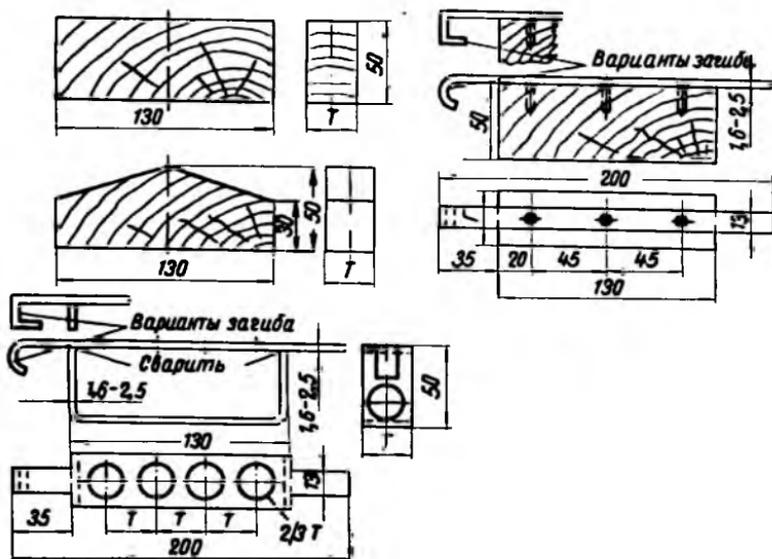


Рис. 25. Деревянные и металлические прокладки ОСТ 1529 146

ного параллелепипеда; для нижних прокладок, кроме того, рекомендуется двускатная форма, причем волокна древесины в прокладках должны быть направлены по толщине.

Толщина прокладок должна определяться толщиной доски, припуском на усушку и обработку по ГОСТ, припуском на развод.

Допускаются следующие отклонения от размеров деревянных прокладок, установленных стандартом, мм:

по длине	±5,0
» ширине	±2,0
» толщине	±0,2

Толщину прокладок следует проверять по предельным калибрам. Ни в коем случае не следует устанавливать в раму прокладки с неправильными размерами, так как при этом никогда нельзя добиться правильной установки пил.

Помимо деревянных прокладок, имеются и металлические, для которых требуются специальные струбцины (см. рис. 24, б). Металлические прокладки в Советском Союзе используются сравнительно редко. Отклонение их толщины от номинальной не должно превышать $\pm 0,1$ мм.

Правильный подбор крайних прокладок (со стороны коренных струбцин) обеспечивает центральное положение постава пил в пильной рамке.

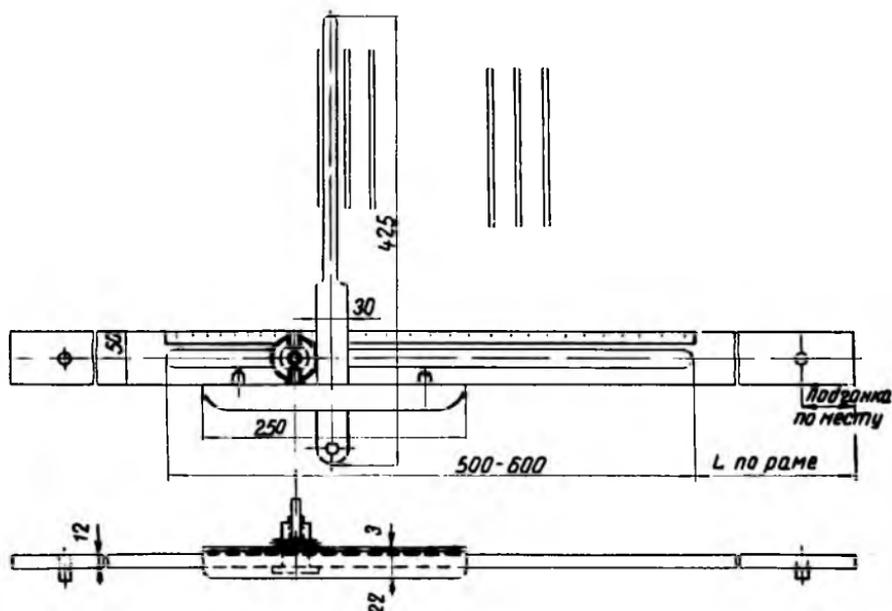


Рис. 26. Выверочная линейка и угольник для проверки положения рамных пил

Выверка положения пил в пильной рамке. Одним из основных условий правильной установки пил является параллельность их плоскости направлению движения бревна (рельсам) и линии движения пильной рамки (направляющим). Если это условие не будет соблюдено, получатся кривые и крыловатые доски. Лучший способ определения правильности положения полотен пил в рамке — проверка по угольнику (рис. 26). Выверочная линейка прирезана к станине рамы таким образом, чтобы длинная грань пластинки угольника во время прикладывания к линейке была строго параллельна направлению рельсов.

Отклонение от параллельности пил рельсам (линейке угольника) не должно превышать 0,2—0,3 мм по ширине пилы (это можно проверить по выверочному угольнику и щупу).

Для проверки параллельности пил в вертикальном положении направляющим рамы употребляют те же угольник и линейку. Допускается отклонение 0,2 мм на величину хода пильной рамки.

Уклон (свес) пилы $У$ в лесопильной раме определяется по величине горизонтальной проекции части линии зубьев наклонно установленной пилы, вертикальная проекция которой равна длине хода пильной рамки H . Величина уклона пил зависит от характера и величины подачи Δ бревна в раму и наклона направляющих пильной рамки по отношению к вертикали.

При периодической подаче преимущественно за холостой ход (с углом запаздывания подачи $\alpha = 20 \div 30^\circ$) уклон пил

$$У = \Delta + (1 \div 2) \text{ мм.} \quad (13)$$

При периодической подаче преимущественно за рабочий ход (с углом опережения подачи $\varphi = 20 \div 40^\circ$) уклон пил (в зависимости от величины хода H и φ)

$$У = 2 \div 5 \text{ мм.} \quad (14)$$

При двухтолковой подаче уклон пил принимается равным величине подачи за холостой ход плюс 1—2 мм:

$$У = \Delta_{\text{х.х}} + (1 \div 2) \text{ мм.} \quad (15)$$

С изменением углов опережения или запаздывания подачи соответственно изменяется и величина подачи за холостой ход, а следовательно, и величина необходимого уклона пил.

В практике отечественного лесопиления принято руководствоваться следующими соотношениями между уклоном пил и величиной непрерывной подачи:

$$У = \frac{1}{2} \Delta + (2 \div 3) \text{ мм.} \quad (16)$$

Приведенные значения уклона пил относятся к лесопильным рамам, имеющим вертикальные направляющие пильной рамки. Для лесопильных рам, направляющие которых имеют уклон, необходимый наклон пил к вертикали уменьшается на величину уклона направляющих по длине хода рамки.

Уклон пил в пильной рамке необходимо точно проверить посредством специальных уклономеров (рис. 27).

Уклономер Вердашко (рис. 27, а) состоит из двух деревянных планок, связанных в верхней части шарниром. Планка

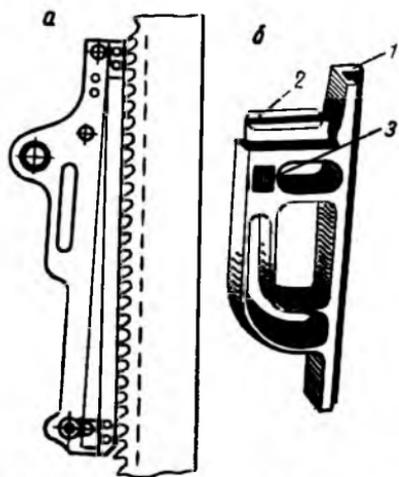


Рис. 27. Уклономеры для проверки уклона рамных пил:

а — конструкция Вердашко; б — конструкция ЦНИЛ Севзапалеса

фасонной формы имеет в круглом отверстии уровень. Раздвижение планок на определенный уровень фиксируется барашком. Величина раздвижения отмечается на шкале. Так как расстояние от оси шарнира до указателя-шкалы соответствует $H = 500 \text{ мм}$; отсчеты по шкале равны величинам уклона пил.

Уклономер конструкции ЦНИЛ Севзаплеса (рис. 27, б) состоит из алюминиевого корпуса 1 и колодки с уровнем 2. На-

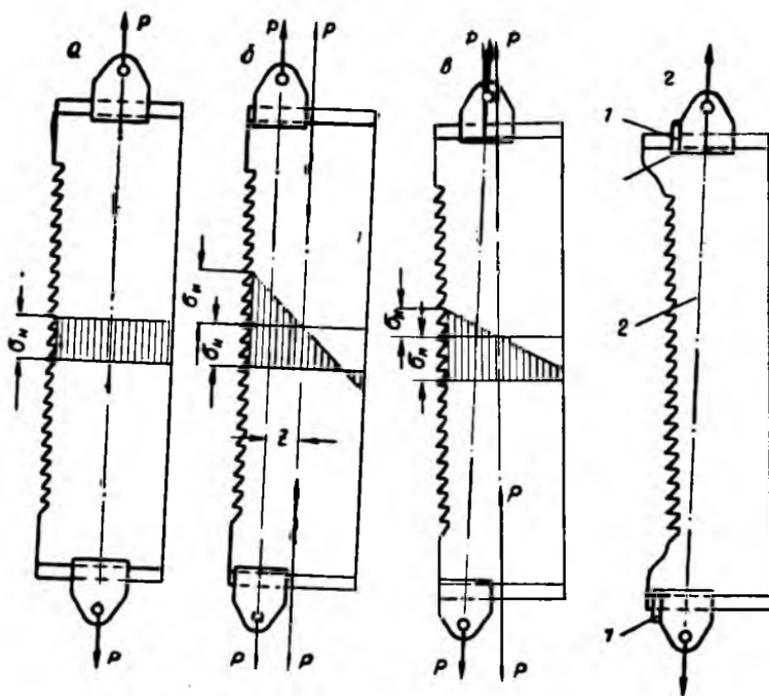


Рис. 28. Распределение напряжения в натянутой рамной пиле при разных установках в захватах

клоном колодки, регулируемым специальным винтом 3, устанавливается величина уклона. Для измерения величины уклона на головке винта имеются деления. Цена деления равна 1 мм уклона на ход пильной рамки $H = 500 \text{ мм}$. Уклономер ЦНИЛ Севзаплеса имеет укороченную базу, равную 250 мм. Уклономер с уровнем необходимо периодически проверять.

Для ускорения определения уклона рамных пил в лесопильной раме ЦНИЛ Севзаплеса предложил пользоваться упорами-ограничителями (рис. 28, г). Правильное положение пилы в захватах с соответствующим уклоном фиксируется специальными упорами-ограничителями 1 в виде скобы с болтом, которые закрепляются на концах пилы. Упоры устанавливают

в пилоставной мастерской. При смене постава заточенные пилы вдвигают в захваты, находящиеся в пильной рамке, до упора с ограничителей в щеки захватов. Для указанного способа не требуется применения уклономера при смене пил в пильной рамке.

Расположение пилы в захватах оказывает большое влияние на характер распределения напряжений по ширине полотна при его натяжении. Так как жесткость полотна в основном зависит от напряжений в его передней части, следует таким образом располагать пилу в захватах, чтобы при ее натяжении наибольшее напряжение приходилось на переднюю кромку. Влияние вальцевания, увеличивающего напряжение краев полотна за счет его середины, в данном случае не учитывается.

В случае симметричного положения пилы в захватах, как изображено на рис. 28, а, полотно пилы испытывает равномерное напряжение по ширине

$$\sigma = \frac{P}{F} \text{ кгс/мм}^2,$$

где P — сила натяжения, кгс;

F — поперечное сечение полотна, мм².

При эксцентричном расположении линии натяжения 2 (рис. 28, з) захватов по отношению к осевой линии пилы (эксцентриситет Z), как показано на рис. 28, б полотно будет испытывать различные напряжения по ширине B в соответствии с формулами эксцентричного растяжения.

Передняя режущая кромка в зависимости от величины эксцентриситета Z будет испытывать максимальные напряжения $\sigma_{\text{макс}} = \sigma_n + \sigma_{\text{и}}$:

$$\sigma_{\text{макс}} = \frac{P}{F} \left(1 + \frac{6Z}{B} \right).$$

Задняя кромка будет испытывать минимальные напряжения $\sigma_{\text{мин}} = \sigma_n - \sigma_{\text{и}}$:

$$\sigma_{\text{мин}} = \frac{P}{F} \left(1 - \frac{6Z}{B} \right),$$

где σ_n — нормальные напряжения;

$\sigma_{\text{и}}$ — изгибающие напряжения, вызываемые парой сил PZ .

При наклонном расположении пилы в захватах, когда линия натяжения находится впереди осевой линии плиты, как изображено на рис. 28, в, передняя режущая кромка также будет испытывать наибольшие напряжения вследствие эксцентричного растяжения.

В зависимости от величины эксцентриситета (Z) соотношение напряжений на передней и задней кромках может иметь различные значения. Так, при эксцентриситете $Z = 0,25 B$, как по-

казано на рис. 28, б, напряжения в соответствии с ранее представленными формулами будут следующими:

$$\sigma_{\text{макс}} = 2,5\sigma_{\text{ср}}; \quad \sigma_{\text{мин}} = -0,5\sigma_{\text{ср}},$$

т. е. задняя кромка будет испытывать напряжения сжатия, а передняя кромка — максимальные напряжения растяжения.

Автором рекомендуется так располагать пилу в захватах, чтобы напряжения по ширине имели положительные значения (напряжения растяжения), а напряжения на передней кромке были в 3—4 раза большими, чем на задней, или в 1,5—2 раза превышали значения $\sigma_{\text{ср}}$. Данное требование обеспечивается установкой пил в захватах со средним передним эксцентриситетом $Z=0,1$ В или несколько большим. Такое предложение диктуется необходимостью обеспечения некоторой жесткости в задней части пилы во избежание ее вибрации, тем более, что как показали исследования Б. Тунеля, задняя кромка больше нагревается и, следовательно, подвержена в процессе работы ослаблению из-за термических напряжений.

Для обеспечения положительного эксцентриситета натяжения рамных пил, особенно пил с малой шириной полотна при больших подачах, т. е. устанавливаемых с большим уклоном, необходимы: постоянный уклон пильной рамки вперед в направляющих (20—25 мм на длину пилы); захваты с уменьшенной шириной щек (70—80 мм вместо 100 мм).

Рамные пилы следует располагать в захватах с положительным эксцентриситетом, что дает возможность увеличить жесткость режущей части пилы при нормальных условиях натяжения.

Глава V

ДИСКОВЫЕ ПИЛЫ

Дисковые пилы применяются на круглопильных станках, широко распространенных в лесопильных и деревообрабатывающих производствах. Конструкция дисковой пилы характеризуется размерами и формой диска в поперечном сечении, количеством и профилем зубьев.

На рис. 29 приведена схема классификации дисковых пил. По данной схеме дисковые пилы делятся: на типы по форме диска в поперечном сечении; на виды — по видам резания, обуславливающим характер заточки и профиль зубьев. Дальнейшее деление осуществляется по конструктивным признакам зубьев.

Конструирование дисковых пил

Ниже приведены основные рекомендации в отношении выбора размеров дисков и конструкции зубьев в зависимости от различных факторов.

Типы дисковых пил и их размеры. Диск пилы (рис. 30) характеризуется размерами внешнего диаметра D , включая и зубья, диаметра внутреннего отверстия d и толщиной S (мм).

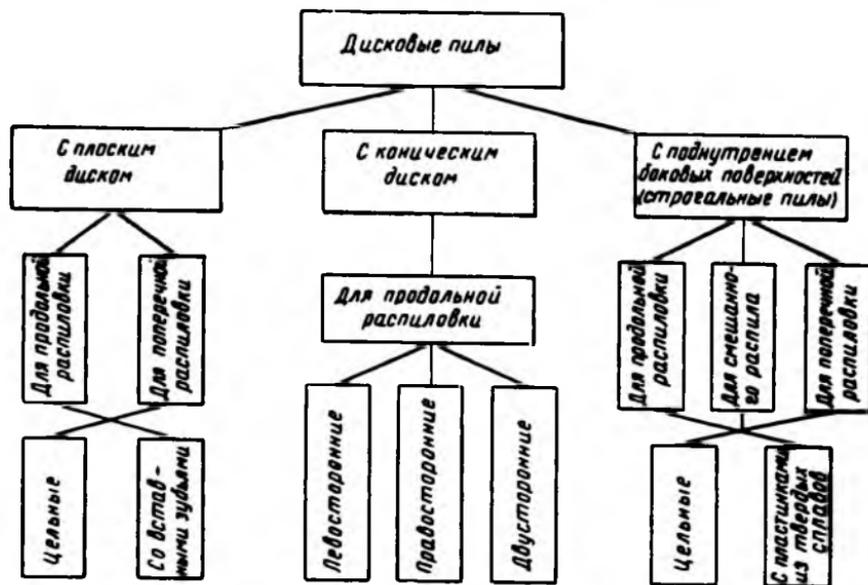


Рис. 29. Схема классификации дисковых пил

Дисковые пилы, имеющие различную толщину диска по диаметру, характеризуются толщиной S у периферии и в зоне пилы S_0 , закрепляемой шайбами. Максимальный диаметр дис-

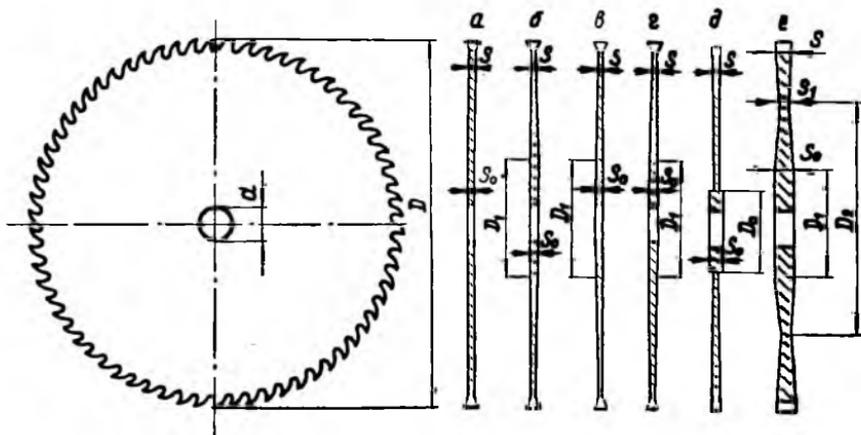


Рис. 30. Диск круглой пилы:

а — плоский равной толщины; б — одноконический правосторонний; в — одноконический левосторонний; г — двухконический; д — с одним поднутрением; е — с двойным поднутрением

ковой пилы $D_{\text{макс}}$ предопределяется так же, как и диаметр внутреннего отверстия, конструкцией станка.

Соотношение между размерами распиливаемого материала, конструктивными параметрами станка и минимальным диамет-

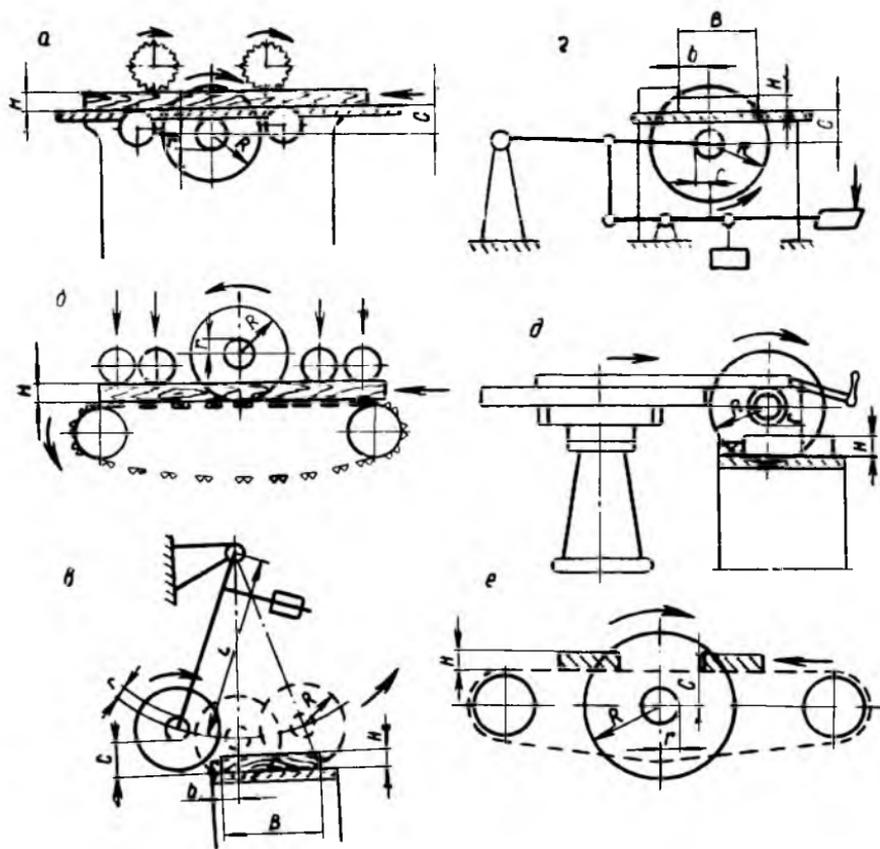


Рис. 31. Зависимость диаметра круглых пил от размеров распиливаемого материала и конструкции станка

ром дисковой пилы подчиняется для различных типов круглопильных станков следующим выражениям:

1. Дисковые пилы для продольной распиловки с нижним расположением шпинделя станка (рис. 31, а):

$$D_{\text{мин}} = 2(H_* + C + 10). \quad (17)$$

2. Дисковые пилы для продольной распиловки с верхним расположением шпинделя станка (рис. 31, б):

$$D_{\text{мин}} = 2(H + r + 10). \quad (18)$$

3. Дисковые пилы маятниковых торцовых пил (рис. 31, в):

$$B_{\text{макс}} = \sqrt{(L + R)^2 - (L + C)^2 + b}; \quad (19)$$

$$D_{\text{мин}} = 2 \sqrt{(B - b)^2 + (L + C)^2 - (L - 10)}. \quad (20)$$

4. Дисковые пилы балансирных торцовых пил (рис. 31, г):

$$D_{\text{мин}} = 2 \sqrt{(B - b)^2 + (C + H)^2}; \quad (21)$$

$$B_{\text{макс}} = b + \sqrt{R^2 - (C + H)^2}. \quad (22)$$

5. Дисковые пилы торцовочных станков с прямолинейным перемещением суппорта (рис. 31, д):

$$D_{\text{мин}} = 2(H + r + 10). \quad (23)$$

6. Дисковые пилы торцовых концевых пил (рис. 31, е):

$$D_{\text{мин}} = 2(H + C + 10). \quad (24)$$

Начальный диаметр дисковой пилы

$$D = D_{\text{мин}} + 2\Delta, \quad (25)$$

где Δ — запас на износ по радиусу.

Выбор начального диаметра круглой пилы D , помимо конструктивных и технологических соображений, должен обуславливаться и экономическими соображениями: возможностью использования изношенной дисковой пилы для других станков. В связи с этим для ряда станков (обрезных и ребровых) целесообразно применять круглые пилы с возможно меньшим начальным диаметром, т. е. с меньшим запасом на износ (2Δ), но более тонкие.

Применение круглых пил с возможно малым начальным диаметром улучшает условия распиловки в силу следующих причин:

1 уменьшается угол встречи ϕ , в связи с чем снижается расход мощности на резание;

2 уменьшается толщина стружки, приходящаяся на каждый зуб, и улучшается качество распила;

3 требуется меньший развод зубьев и допускается меньшая толщина диска, в связи с чем снижаются потери на пропиливание и расход мощности на пиление;

увеличивается устойчивость в работе;

уменьшается расход точильных кругов на заточку зубьев.

Зависимость между толщиной и диаметром диска (средние значения) может быть выражена следующей формулой:

$$S = (0,08 - 0,12) \sqrt{D}. \quad (26)$$

При тщательном уходе за дисковыми пилами (проковке, точке, разводке и пр.) возможно применение тонких пил с меньшим показателем в формуле (26).

Размеры выпускаемых в СССР дисковых пил с плоским диском (по данным ГОСТ 960—69) приведены в табл. 19.

При ребровой распиловке пиломатериалов на тонкие дощечки для уменьшения отходов древесины в опилки применяются конические пилы (см. рис. 30, б, в, г). Толщина диска в этих пилах изменяется по радиусу — меньшая на периферии и большая в средней части. Ширина пропила коническими пилами с разведенными зубьями составляет 1,7—2,7 мм (ширина пропила дисками равной толщины 3,5—4,5 мм). В то же время жесткость конических пил одного и того же диаметра по сравнению с жесткостью пил равной толщины выше.

Уменьшение отходов древесины в опилки особенно эффективно при многократной распиловке пиломатериалов на тонкие дощечки, например при ребровой распиловке пиломатериала на дощечки для щипковых музыкальных инструментов, для ящичного производства и пр.

Применение конических пил возможно при распиловке дощечек толщиной до 12—18 мм. В этих случаях распиливаемая тонкая дощечка свободно огибается конусом пилы и расклинивающим ножом, не защемляя пилу в пропилах.

В случае несимметричной ребровой распиловки доски применяются односторонние конические пилы. В зависимости от конструкции станка (правостороннее или левостороннее управление) односторонние конические пилы разделяются на правосторонние (см. рис. 30, б) и левосторонние (см. рис. 30, в).

Для симметричной ребровой распиловки доски на две равные части по толщине применяются двусторонние конические пилы (см. рис. 30, г). Для сохранения оптимальной ширины распила такие конические пилы с износом по диаметру требуют периодической перешлифовки конуса.

Размеры односторонних конических пил приведены в табл. 20.

Для чистовой распиловки заготовок на детали или для распиловки деталей, покрываемых укрывистыми красками без предварительной строжки или шлифования поверхности, применяются строгальные дисковые пилы.

Высокое качество распиловки, характеризующееся малыми величинами кинематических и вибрационных неровностей на поверхности доски, достигается точным положением боковых режущих кромок зубьев, формирующих поверхность доски при малом угле λ , составленном боковой гранью и плоскостью распила, и устойчивым положением пилы в процессе работы (отсутствием вибраций диска).

Удовлетворение указанных требований достигается дисковыми строгальными пилами, боковые поверхности которых поднутрены к центру под углом λ . В результате поднутрения боковых поверхностей диска пилы отпадает необходимость в разводе зубьев, так как расположение боковых поверхностей диска

Размеры дисковых пил и число зубьев (по ГОСТ 980 — 69)

Диаметр пилы, мм	Толщина диска, мм	Диаметр внутреннего отверстия, мм	Число зубьев пил			
			тип А		Тип Б	
			для продольной распиловки		для поперечной распиловки	
			профиль I	профиль II	профиль III	профиль IV
125	1,0; 1,2	32	—	36; 48	—	60
160	1,2; 1,4; 1,6 1,0; 1,2; 1,4; 1,6	32	— —	48 60	— —	— 60
200	(1,0); 1,2; 1,4; 1,6; 1,8 1,0; 1,2; 1,4; 1,6 1,4; 1,6	32	— — 24	48 60 —	— — —	— — 36; 72; 96
250	(1,0); (1,2); 1,4; 1,6; 1,8 1,4; 1,6; 1,8 1,2; 1,4	32 — 80	48; 60 36 —	— — 72	— — —	— 72; 96 —
315	(1,6); 1,8; 2,0; 2,2 1,8; 2,0; 2,2 2,0; 2,2; 2,5	50	60 36; 48 36; 48	— — —	— — 72; 96; 120	— 72; 96 72
360	(1,8); 2,0; 2,2; 2,5 1,8; 2,0; 2,2	50	60 —	— —	— —	— 96; 120
400	1,8; 2,0; 2,2; 2,5 2,0; 2,2; 2,5 2,0; 2,2; 2,5	50 50 80	60 36; 48 36; 48; 60	— — —	— 72; 96; 120 —	— 72; 96; 120 —
450	2,2; 2,5; 2,8 2,2; 2,5; 2,8	50 80	— 36; 48; 60	— —	72; 120 —	72; 96; 120 —
500	2,2; 2,5; 2,8 2,5; 2,8	50; 80 50; 80	60 36; 48	— —	72; 120 —	72; 96; 120 —

Продолжение

Диаметр пилы, мм	Толщина диска, мм	Диаметр внутреннего отверстия, мм	Число зубьев пил			
			тип А		Тип Б	
			для продольной распиловки		для поперечной распиловки	
			профиль I	профиль II	профиль III	профиль IV
560	2,2; 2,5; 2,8	50	—	—	72; 120	72; 96; 120
	2,2; 2,5; 2,8	80 (85)	(36); 48; 60	—	—	—
	2,8; 3,0	50	(36)	—	—	—
630	2,5; 2,8; 3,0	50	48; 60	—	72; 120	72; 96; 120
	2,5; 2,8; 3,0	80	(36); 48; 60	—	—	—
	2,5; 2,8; 3,2	50	48; 60	—	—	72; 96
710	2,2; 2,5; 2,8	50	72	—	72; 120	120
	2,5; 2,8; 3,0		48; 60	—		
	3,0; 3,2; 3,6		60; 48	—		
	3,2; 3,6; 4,0		48	—		

800	2,8; 3,2; 3,6	50	—	—	72	72; 96; 120
	2,8; 3,2 3,2; 3,6; 4,0		— 72	— —	120 120	— —
900	3,2; 3,6	50	—	—	72	72; 96
	3,6; 4,0; 4,5		48; 72	—	120	—
1000	3,6; 4,0	50	—	—	(72)	96
	4,5; 5,0		48; 72	—	(72)	—
1250	(4,0); 4,5; 5,0	50	—	—	120	—
	(4,0); 4,5		—	—	—	96; 120
	5,0; 5,5		72	—	—	—
1500	4,5; 5,0; 5,5	50	—	—	72; 120	—
	4,5; 5,0		—	—	—	96; 120
	5,0; 5,5		72	—	—	—
1600	4,5; 5,0; 5,5	50	—	—	72; 120	—
	4,5; 5,0		—	—	—	96; 120

Примечание. Размеры, заключенные в скобки, по возможности не применять.

Размеры односторонних конических пил
(по нормам ГМЗ Н-101, ТУ 104 — 64)

Диаметр пилы D , мм	Толщина пилы, мм		Число зубьев	Параметры углов, град		
	у зубьев S	в централь- ной части S_0		передний γ	заостре- ния β	задний α
500	1,0	3,4	100	25	40	25
630	1,2	3,8				
710	1,4	4,4				
800	1,4	4,4				

под собственным углом λ снижает трение диска пилы о стенки пропила.

Такие дисковые пилы обеспечивают высокое качество поверхности распиловки, приближающейся к строгальной, вследствие чего пилы и получили название строгальных. Имеются два вида дисковых строгальных пил: с одинарным поднутрением и двойным (рис. 32). Вторые предпочтительней, так как обеспечивают лучшую жесткость — устойчивость пил в работе.

Размеры дисковых строгальных пил, выпускаемых Горьковским металлургическим заводом, приведены в табл. 21.

Т а б л и ц а 21

Размеры дисковых строгальных пил
(по нормам машиностроения 1963 г.)

D	D_1	D_2	d	S	S_0	Число зубьев	
						продоль- ная рас- пиловка	попереч- ная рас- пиловка

Тип А (с одинарным поднутрением)

160	60	—	32	1,4	0,96	48; 60	60; 80
200	80	—	32	2,0	1,3	48; 60	60; 80
250	100	—	32	2,5	1,4	48; 60	60; 96
315	125	—	50	3,2	1,8	56; 72	60; 96
400	160	—	50	3,8	2,0	60; 90	72; 120

Тип Б (с двойным поднутрением)

315	125	180	50	3,2	1,4	56; 72	60; 96
400	160	240	50	3,8	1,7	60; 90	72; 120

Поднутрение боковых поверхностей отличается сравнительно малым углом $\lambda = 25 \div 40'$.

Толщина периферийной части строгальных пил, определяющая ширину пропила, подчиняется примерно следующей зависимости от диаметра:

$$S \cong 0,01D. \quad (27)$$

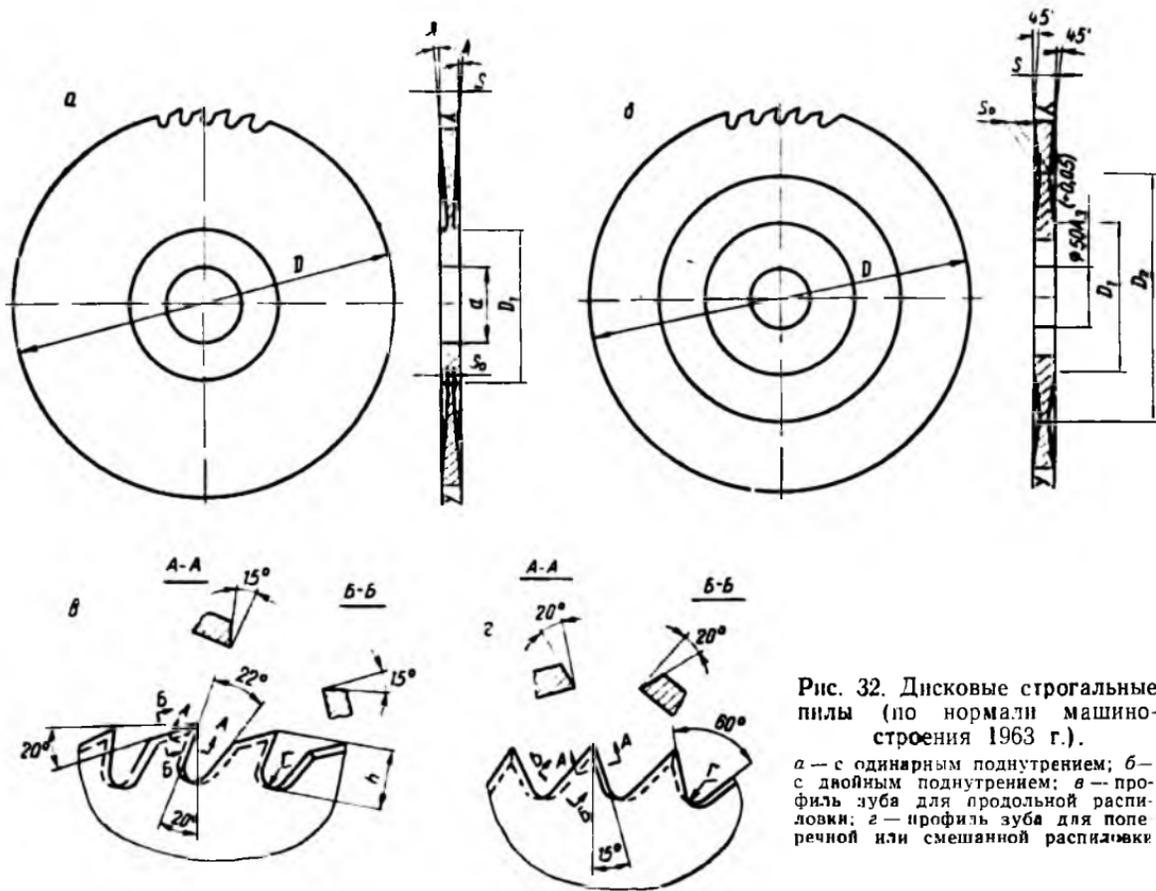


Рис. 32. Дисковые строгальные пилы (по нормали машиностроения 1963 г.).

a — с одинарным поднутрением; *б* — с двойным поднутрением; *в* — профиль зуба для продольной распиловки; *г* — профиль зуба для поперечной или смешанной распиловки

Неудовлетворительная работа строгальных пил, их сильное нагревание и вибрация в большой мере зависят от качества их изготовления. Следует обратить особое внимание на точность формы поперечного сечения диска (точность шлифования). При отклонениях в форме поперечного сечения из-за неточности шлифования (поднутрения) или ненормального напряженного состояния дисков (тарельчатости) такие пилы работают неудовлетворительно. Повышение устойчивости в работе путем систематического увеличения толщины (нормали 1959—1963 гг.) не улучшают их работоспособности.

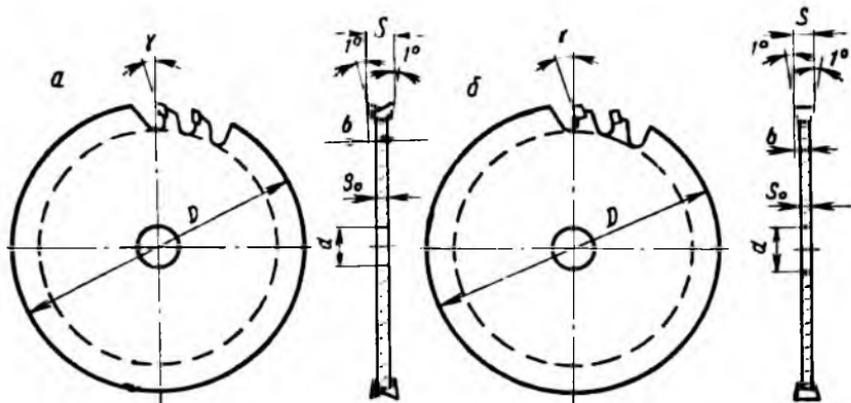


Рис. 33. Дисковые пилы с пластинками из твердого сплава:
а — для поперечной распиловки; *б* — для продольной распиловки

При эксплуатации строгальных дисковых пил оптимальная подача на зуб пилы не должна превышать 0,2—0,3 мм.

Чистота поверхности распиловки строгальными дисковыми пилами достигается благодаря малому, но точному углу поднутрения боковых поверхностей зуба пилы.

Профиль и размеры зубьев дисковых строгальных пил зависят от технологических и физических свойств распиливаемой древесины, от толщины и диаметра пилы и направления резания по отношению к направлению волокон (продольная или поперечная распиловка).

Дисковые пилы с пластинками из твердых сплавов. Высокая износоустойчивость дисковых пил с пластинками из твердых сплавов, обеспечивающая продолжительность их работы до переточки, превышающую в 30—40 раз продолжительность работы пил из легированной стали, делает экономически выгодным применение их для всех видов работы. Особенно эффективно применение дисковых пил с пластинками из твердых сплавов при распиловке склеенных деталей, древеснослоистых пластиков или древесины, пропитанной антипиренами. Материал пластинок — вольфрамо-карбидный сплав ВК15 или ВК6 (по

ГОСТ 3882—67), материал диска — сталь 9ХФ (по ГОСТ 5950—63) или 50ХФА (по ГОСТ 2052—53).

Размеры дисковых пил с пластинками из твердых сплавов (рис. 33) определяются по ГОСТ 9769—69 и представлены в табл. 22.

Таблица 22

Размеры дисков и зубьев пил с пластинками из твердого сплава

D	d	S ₀		b	S		l	Число ком-пенсаторов	Число зубьев пил 2 типа		
		тип пил			тип пил				1	2	3
		1—2	3		1—2	3					
160	32	2,0	—		2,8	—	15	4	24; 36	16; 24	—
200	32	2,0	—	0,40	2,8	—			24; 36	16; 24; 36	—
250	32; 50	$\frac{2,4}{1,8}$	—	$\frac{0,50}{0,40}$	$\frac{3,4}{2,6}$	—			24; 36; 56	16; 24; 36	—
320	50; 80	$\frac{2,4}{2,0}$	$\frac{2,8}{2,2}$	$\frac{0,55}{0,40}$	$\frac{3,5}{2,8}$	$\frac{3,9}{3,0}$	20	4	36; 56; 72	24; 36; 56	56; 72
360	50; 80	$\frac{2,6}{2,2}$	$\frac{3,2}{2,7}$	$\frac{0,60}{0,40}$	$\frac{3,8}{3,0}$	$\frac{4,4}{3,2}$			36; 56; 72	24; 36; 56	72; 96
400	50; 80	$\frac{2,8}{2,4}$	$\frac{3,2}{2,6}$	$\frac{0,65}{0,50}$	$\frac{4,1}{3,4}$	$\frac{4,5}{3,6}$			36; 56; 72	24; 36; 56	72; 96
450	50; 80	3,0	—	0,65	4,3	—			—	36; 56	—

ГОСТ 9769—69 на дисковые пилы с пластинками из твердого сплава предусматривается изготовление пил трех типов:

1 — для распиловки древесностружечных и столярных плит, фанеры, фанерованных щитов, щитов, облицованных волокнистой плитой, листовыми пластиками, и для поперечной распиловки цельной и клееной древесины;

2 — для продольной распиловки цельной и клееной древесины и для распиловки волокнистых плит;

3 — для распиловки фанерованных щитов поперек волокон при высоких требованиях к качеству обработки.

При тщательном шлифовании боковых граней пластинок после их припаивания пилы обеспечивают распиливаемую поверхность высокого качества — типа строганой. Преувеличенная ширина режущей грани твердосплавных пил компенсируется

исключением дополнительных потерь древесины на строгание поверхности деталей. Дисковые пилы с пластинками из твердых сплавов должны найти широкое применение в отечественной практике лесопиления и деревообработки.

Для сохранения неизменным радиуса резания дисковых пил применяются вставные зубья. Это к тому же дает возможность увеличивать их стойкость путем изготовления сменной части зуба из быстрорежущей стали или твердого сплава.

В зарубежной практике усиленно ведутся работы по созданию конструкций механических замков, обеспечивающих прочное крепление вставных пластин зубьев из твердого сплава на относительно тонких дисках пил (2—3 мм). Смена дефектных зубьев в таких конструкциях значительно упрощается по сравнению с ремонтом пил с припаянными пластинками.

В отечественной практике дисковые пилы со вставными зубьями применяются в основном для продольной распиловки бревен на шпалорезных станках. Эти пилы имеют диаметр 1250—1500 мм при ширине режущей части зуба 5,5—6,5 мм и толщине диска 4—5 мм.

Конструирование зубьев дисковых пил для продольной распиловки. Для продольной распиловки древесины в отечественной практике лесопиления и деревообработки используются профили зубьев, приведенные на рис. 34, а. Для распиловки хвойной древесины применяется преимущественно зуб с прямой задней гранью, реже — зуб с ломано-линейной задней гранью.

Угловые значения данных профилей зубьев приведены в табл. 23.

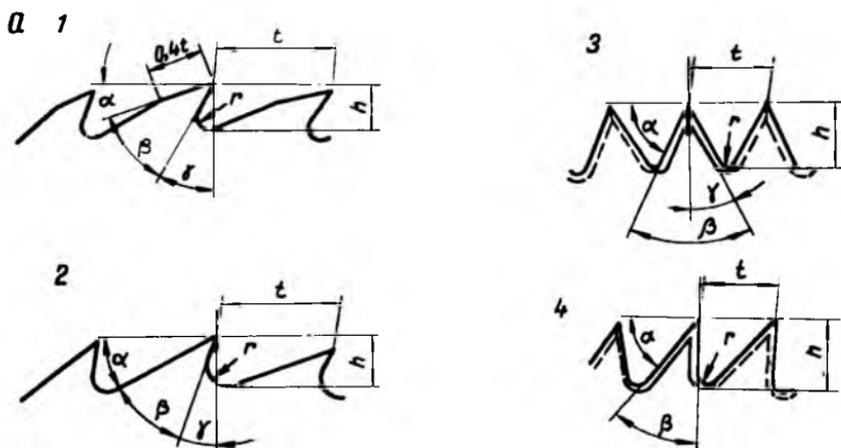
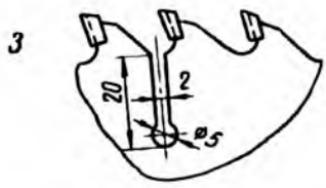
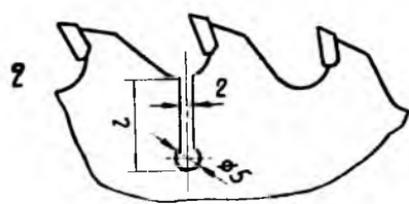
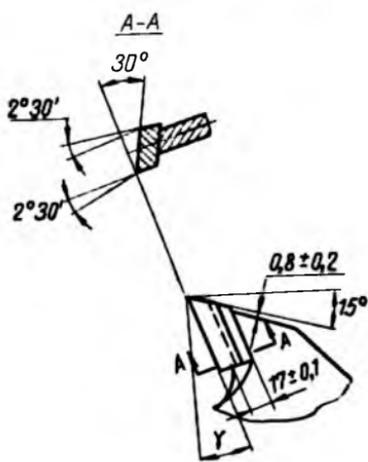
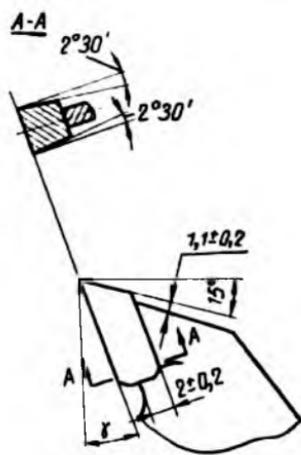
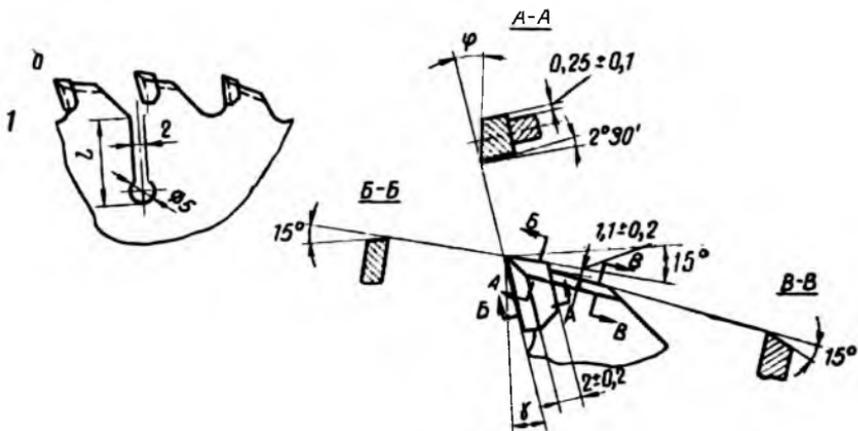


Рис. 34. Профили зубьев дисковых пил:

а — цельных (по ГОСТ 980—60); 1—2 — для продольной распиловки; 3—4 — для поперечной распиловки; б — с пластинками из твердого сплава (по ГОСТ 9769—69); 1 — для поперечной и смешанной распиловки древесных материалов; 2 — для продольной распиловки древесины и древесных материалов; 3 — для чистовой распиловки древесных материалов и фанерованных щитов



Угловые значения зубьев дисковых пил для продольной распиловки

Профиль зуба	Угловые параметры		
	γ	β	α
Зуб с ломано-линейной задней гранью	20—40	35—55	15—10
Зуб с прямой задней гранью	20—25	35—40	30

Меньшие значения переднего угла γ зуба относятся к распиловке твердой древесины, так как связанное с этим увеличение угла заострения β обеспечивает большую прочность зуба.

Бóльшие значения переднего угла зуба относятся к распиловке мягких древесных пород.

По ГОСТ 980—69 на дисковые пилы приняты следующие угловые параметры зубьев (см. рис. 34, а):

тип 1	$\gamma = 35^\circ$;	$\beta = 40^\circ$;	$\alpha = 15^\circ$
» 2	$\gamma = 20^\circ$;	$\beta = 40^\circ$;	$\alpha = 30^\circ$

Для чистовой продольной распиловки зубья дисковых строгальных пил (см. рис. 32, в) делаются с косой заточкой передней и задней граней.

Основное преимущество косой заточки заключается в обеспечении лучшего качества распиловки и уменьшении мощности на резание.

Оптимальное значение угла косой заточки задней грани зуба φ , по практическим данным, соответствует $15—30^\circ$, в зависимости от технологических свойств распиливаемой древесины.

С увеличением переднего угла γ , по данным исследований ЦНИИМОД (Н. К. Якунина и Э. Микита), мощность на резание и усилие подачи уменьшаются. Указанное изменение углов сказывается больше при распиловке мягких пород древесины. Оптимальные значения заднего угла зуба лежат в пределах $15—20^\circ$.

Профили и угловые параметры зубьев дисковых пил с пластинками из твердого сплава представлены на рис. 34, б.

Для распиловки древесины, древесных материалов и фанерозанных плит применяются три типа зубьев с пластинками из твердых сплавов. Для продольной распиловки цельной и клееной древесины и волокнистых плит по ГОСТ 9769—69 рекомендуется применять второй тип зубьев (см. рис. 34, б).

Угол наклона передней грани γ по ГОСТ 9769—69 имеет два значения: 10 и 20° .

По данным отечественной и зарубежной практики продольной распиловки древесины и древесных материалов, рекомендуются

угловые значения зубьев с пластинками из твердых сплавов, представленные в табл. 24.

Таблица 24

Угловые параметры дисковых пил с пластинками из твердых сплавов для продольной распиловки древесины, древесных материалов и пластиков

Обрабатываемый материал	Угловые параметры			
	γ	β	α	δ
Мягкие породы древесины	25—30	45—40	20	65—30
Твердые лиственные породы	20—25	55—50	15	70—65
Клеевые детали	15—20	65—60	10	75—70
Древесностружечные плиты	20—25	65—60	15	75—65
Прессованная древесина	10—15	70—65	10	75—70
Древеснослоистые пластики	10—15	65—60	10—15	80—75

Размеры зубьев цельных дисковых пил для продольной распиловки зависят от толщины и диаметра пилы и характера распиловки. Размер зуба определяют: его прочность и жесткость; число зубьев для данного диаметра пилы; угловые значения зуба и объем его впадины.

По условиям жесткости зуба в боковом направлении существует следующая экспериментальная зависимость максимальных размеров параметров зуба в зависимости от толщины диска:

$$t \cong (10 \div 14) S \text{ — для начальных размеров пилы; } \quad (28)$$

$$h \cong (0,5 \div 0,7) t; \quad (29)$$

$$r = 0,2t; \quad (30)$$

$$l = (0,5 \div 0,6)t. \quad (31)$$

Максимальное число зубьев дисковой пилы в связи с этим, зависящее от ее начального диаметра и толщины, может быть определено по следующей практической формуле:

$$z_{\text{мин}} = \frac{\pi D}{t} = \frac{3,14D}{(10 \div 14) S} = (0,31 \div 0,22) \frac{D}{S}. \quad (32)$$

Когда необходимо высокое качество распиливаемой поверхности (чистота распила), например при чистовой обработке деталей мебельного производства, применяются пилы с большим числом зубьев. Увеличение числа зубьев для данного диаметра пилы и данной скорости подачи (и, следовательно, уменьшение их размеров) приводит к уменьшению толщины стружки, проходящейся на один зуб, что положительно отражается на качестве распиловки (см. табл. 25). Объемные соотношения впадины зуба и опилок в данном случае (при сравнительно малых

скоростях подачи) не превышают предела. Когда к чистоте распила предъявляются меньшие требования или мощность электродвигателя станка недостаточна, целесообразно уменьшать количество зубьев на пиле. Это приводит к уменьшению мощности, потребной на резание.

Уменьшение числа действующих зубьев для экономии электроэнергии может быть осуществлено (по предложению проф. А. Л. Бершадского) путем выключения ряда зубьев из участия в резании путем стачивания вершин их на 2—3 мм в последовательном порядке. Однако при этом необходимо учесть допускаемые значения толщины стружки, приходящейся на зуб, как в отношении прочности зуба, так и качества распиловки.

При повышенных требованиях к чистоте распила (чистой распиловке деталей мебельного производства) число зубьев пилы увеличивается в 1,5—2,5 раза по сравнению с нормальным количеством их по ГОСТ 980—69.

Чистота поверхности распила дисковыми пилами на продольных круглопильных станках зависит не только от величины подачи на зуб u_z , определяемой числом зубьев z при данной скорости подачи u м/мин, но и от состояния станка, точности подготовки и установки пилы.

Доминирующее влияние на чистоту поверхности распила, обуславливаемую максимальной высотой периодических неровностей (рисок), оказывает неточность развода зубьев, биения диска пилы из-за неперпендикулярности его к оси вращения и радиальное и аксиальное биение шпинделя, а также вибрация диска из-за несоответствующего напряженного состояния диска, резонансных колебаний диска, неуравновешенности поперечных составляющих сил резания и т. д. Все эти ненормальные факторы являются следствием плохой постановки инструментального дела и ухода за станком.

Таблица 25

Ориентировочные показатели чистоты поверхности продольной распиловки дисковыми пилами в зависимости от качества подготовки и установки пил

Подача на зуб u_z , мм	Классы чистоты пиленной поверхности в зависимости от подготовки пил				Примечание
	неудовлетворительной	средственной	хорошей	отличной	
Более 1,2	1	2	3	4	Чистота поверхности (шероховатость) характеризуется максимальной высотой периодических неровностей (рисок)
4,0	1	3	4	4	
0,8	2	4	4	5	
0,5	2	4	5	6	
0,3	3	5	5	6	
0,2	3	5	6	6	
0,1	4	5	6	7	

Дифференцированные показатели качества распиловки, характеризующие состояние инструментального и ремонтного дела на производстве, являются фактором, заставляющим улучшать подготовку инструментов и техническую эксплуатацию станков.

В табл. 25 представлены ориентировочные показатели чистоты поверхности продольной распиловки дисковыми пилами в зависимости от постановки инструментального дела (правильное профилирование зубьев, заточка, развод их, установка пилы и состояние станка), по данным теоретических и экспериментальных исследований кафедры станков и инструментов ЛТА имени С. М. Кирова.

Конструирование зубьев для поперечной распиловки. Процессы резания при поперечной и продольной распиловке существенно различны. Так, при продольной распиловке перерезание волокон по их длине производится короткой режущей кромкой, в то время как при поперечной распиловке — внешней боковой режущей кромкой. Действие короткой режущей кромки сводится лишь к снятию стружек, перерезаемых боковыми кромками. Боковая режущая кромка в этом случае должна быть наклонена не назад, как в зубьях при продольной распиловке, а вперед, так как при таком положении создается необходимый подпор волокнам. В противном случае вследствие малой сопротивляемости древесины в направлении, нормальном к длине волокон, последние, поднимаясь под воздействием лезвия зуба, будут рваться и вызывать далеко идущие от зоны резания деформации (мшистый рваный распил).

Для лучшего угла резания передняя режущая и задняя грани должны иметь косую заточку под углом φ , вследствие чего угол резания боковой режущей кромки становится меньше 90° (рис. 35).

Стружкообразование при поперечной распиловке происходит следующим образом. Выступающие вперед боковые режущие кромки последовательно разведенных зубьев перерезают волокна древесины, и по мере углубления в толщину древесины короткая режущая кромка (с углом наклона к боковой поверхности ϵ), односторонне действуя частью своей длины на под-

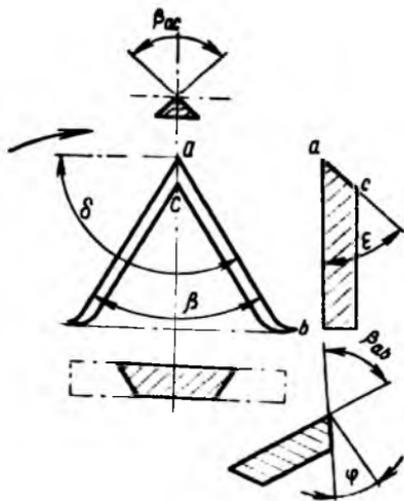


Рис. 35. Геометрия зуба для поперечной распиловки древесины

резанный с обеих сторон элемент древесины, отрывает его от основного слоя. Короткая режущая кромка не прорезает волокна мягкой древесины, так как не имеет соответствующих этой цели углов резания, а отрывает их в силу малой сопротивляемости волокон отрыву в поперечном направлении.

Боковое лезвие зуба при подрезании волокон вызывает деформацию последних, распространяющуюся на определенную длину в зоне ширины стружки. Величина этой деформации (надрыва стружки) от воздействия бокового лезвия зависит от величины подачи на зуб, соотношения между шириной пропила и толщиной пилы и угла ϵ — угла наклона короткой режущей кромки к плоскости пилы (см. рис. 35). В частности, при малых величинах подачи эта деформация сравнительно мала.

На величину расхода мощности на резание влияет глубина подреза древесины, при которой воздействие короткой режущей кромки на подрезанный массив древесины приводит к отделению стружки. Несомненно данное обстоятельство зависит от угла наклона ϵ короткой кромки.

Так, в случае большего $\angle \epsilon$ при малых подачах и распиловке твердых пород короткая режущая кромка при внедрении в древесину будет отрывать волокна в зоне пропила при меньшей глубине подреза, что облегчает стружкообразование и приводит к уменьшению сил трения и к общему уменьшению сил резания. При резании мягких пород и больших подачах на зуб, наоборот, следует уменьшать воздействие короткой режущей кромки на волокна древесины в зоне пропила (т. е. уменьшать $\angle \epsilon$), так как в этом случае деформация древесины при подрезании боковыми кромками облегчает работу стружкообразования короткой режущей кромкой.

Таким образом, при проектировании зуба следует стремиться к улучшению условий резания боковой режущей кромкой путем придания зубу формы с соответствующими углами δ и φ (в зависимости от технологических свойств распиливаемой древесины) и стараться соблюдать необходимый угол ϵ за счет значения углов δ и φ .

По данным ЦНИИМОД (канд. техн. наук П. П. Есипова), для обеспечения оптимальных условий распиловки хвойных пород рекомендуются следующие угловые параметры зубьев дисковых пил для поперечной распиловки в зависимости от типов торцовочных станков:

Педальные торцовки, концевик и многопильные агрегаты с нижним расположением пилы	$\delta = 90^\circ; \varphi = 40 - 45^\circ$
Маятниковые пилы, суппортные и шарнирные торцerezки и многопильные станки с верхним расположением пилы	$\delta = 115^\circ; \varphi = 40 - 45^\circ$

По ГОСТ 980—69 на дисковые пилы для поперечной распиловки рекомендуются профили зубьев (см. рис. 34, а) со следующими угловыми параметрами:

тип 3	$\gamma = 0;$	$\beta = 40^\circ$
» 4	$\gamma = 25^\circ;$	$\beta = 50^\circ$

При чистовой торцовке деталей мебельного производства применяются мелкозубые строгальные дисковые пилы с профилем зуба для поперечной распиловки, изображенным на рис. 32, з.

Углы косых заточек граней зубьев колеблются в пределах: для мягких пород 25—30°, для твердых 10—15°. При этом косая заточка задней грани выполняется с меньшим углом наклона.

Угловые значения зубьев дисковых пил с пластинками из твердых сплавов для поперечной распиловки (см. рис. 34, б) зависят от вида древесных материалов (табл. 26).

Т а б л и ц а 26

Значения переднего угла зубьев пил γ с пластинками из твердых сплавов

Обрабатываемый материал	Передний угол γ , град
Цельная и клееная древесина мягких пород . .	5—10
» » » » твердых пород	0—5
Фанерованные щиты и фанера в пачках	0—10
Стеклопластик	0—10

Размеры зуба зависят от толщины и начального диаметра пилы. Размеры зубьев дисковых цельных пил среднего диаметра могут быть определены по следующим практическим формулам:

$$t \leq (8 \div 10) S, \quad (33)$$

для начальных размеров пилы:

$$h = (0,6 \div 0,9) t, \quad (34)$$

$$r = 0,1t. \quad (35)$$

Указанные отклонения от максимальных размеров зависят от профиля зуба, а также свойств распиливаемой древесины. Минимально допустимое число зубьев дисковых пил для поперечной распиловки может быть определено по формуле (36) в зависимости от твердости распиливаемой древесины:

$$z_{\text{мин}} \leq (0,30 \div 0,40) \frac{D}{S}. \quad (36)$$

В случае поперечной распиловки влияние ширины пропила на расход мощности при резании сказывается в меньшей степени, чем при продольной распиловке.

Зависимость мощности на резание от ширины пропила b подчиняется следующему выражению:

$$N_p \approx cb^{0,7 \div 0,9}. \quad (37)$$

При этом большие значения показателя степени относятся к малым величинам подачи. Таким образом, в случае грубой распиловки выгоднее работать более толстыми пилами, но с меньшим количеством зубьев, к тому же они и устойчивее в работе. Потери древесины в опилки при торцовке досок особого значения не имеют.

Для чистой торцовки (торцовка деталей и пр.) число зубьев значительно повышается по сравнению с выведенным из формулы (36). Указанное обстоятельство обуславливается стремлением уменьшить величину подачи на зуб и тем самым обеспечить более высокое качество распила.

Точность размеров и качество обработки дисковых пил определяется ГОСТ 980—69. Устанавливаются следующие пределы отклонений (мм) от размеров пил:

по диаметру пил — удвоенного допуска 8-го класса точности по ОСТ 1010 и ГОСТ 2689—54;

по толщине:

до 2,5 мм — 5-го класса точности ОСТ 1025, свыше 2,5 мм — 7-го класса точности.

Разнотолщинность в одной и той же пиле не должна превышать:

для диаметра пил до 450 мм — 0,05 мм;

для диаметра пил до 1000 мм — 0,10 мм.

Предельные отклонения по диаметру посадочных отверстий не должны превышать:

для пил диаметром до 400 мм — по ОС 1013;

для пил диаметром свыше 400 мм — НКМ 1017.

Качество обработки дисковых пил должно удовлетворять следующим требованиям:

1. Поверхность пилы должна быть обработана и иметь чистоту не ниже 6-го класса (ГОСТ 2789—59).

2. Трещины, царапины, волосовины, плены, черновины, поджоги от шлифования, следы коррозии, а также следы правки молотком глубиной, превышающей 0,05 мм, не допускаются.

3. На кромках зубьев не должно быть заусенцев, трещин и расслоений.

4. Пила должна быть выправлена и прокована.

Придание дискам пил правильной формы и напряженного состояния

Диск пилы для высококачественной и производительной работы должен находиться в напряженном состоянии. Обработка диска для придания ему соответствующего напряжения заклю-

чается в вальцовке или проковке средней части. Исправление местных дефектов диска и придание ему плоской формы достигаются путем правки. Для правильного понимания сущности и назначения обработки дисков ниже рассмотрены условия работы круглых пил и характер испытываемых ими напряжений.

В быстровращающемся диске пилы под влиянием центробежных сил возникают тангентальные (σ_t) и радиальные (σ_r) напряжения. Значения этих напряжений различны в разных местах по радиусу диска.

Наибольшие тангентальные напряжения возникают у центрального отверстия диска и их значения к периферии его уменьшаются в зависимости от числа оборотов диска, достигая величины $\sigma_t = 0,6 \div 2$ кгс/мм². В общем случае эти напряжения увеличивают динамическую жесткость диска.

В процессе распиловки диск пилы подвергается нагреванию и, что опасней всего, неравномерному нагреванию в отдельных частях его. Наибольшему нагреванию в результате процесса стружкообразования и трения элементов зуба о стенки пропила подвергается периферийная часть диска, меньшему — средняя часть его. Следствием является перепад температур по радиусу пилы и вызванные этим перепадом температурные напряжения, которые при определенных значениях могут вызвать потерю пилой плоской формы равновесия. Перепад температуры является неизбежным при распиловке вследствие большого температурного сопротивления по радиусу пилы, которое значительно превышает аналогичное в осевом направлении.

Характер распределения температур по радиусу диска пилы при продольной распиловке древесины ($n = 2100$ об/мин) виден из рис. 36. Наибольшие температуры нагрева возникают в периферийной части, а к середине диска резко снижаются. Пила как упругий элемент имеет спектр частот собственных колебаний. Известно, что совпадение частот собственных колебаний с вынужденными приводит пилу в состояние резонансных колебаний, когда амплитуда поперечных колебаний неизменно возрастает. Особенно опасны такие резонансные состояния, при которых в пиле возникают стоячие волны. В таком состоянии,

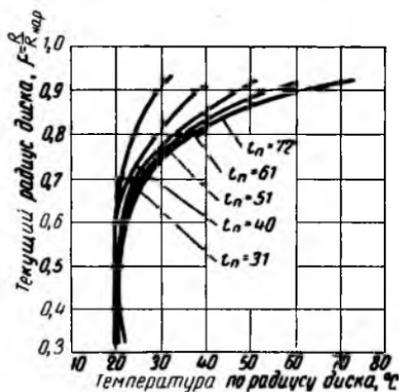


Рис. 36. График распределения температуры по радиусу диска пилы в зависимости от температуры ее периферийной зоны:

$r = \frac{R}{R_{нор}}$ — текущий радиус пилы в долях наружного радиуса $R_{нор}$; t_{II} — температура периферийной зоны диска

называемом критическим, пила приобретает покоробленности, и незначительные поперечные силы могут намного ее отклонить в сторону, т. е. произойдет зарез пилы в древесину. В этом состоянии работа пилы невозможна. Частота собственных колебаний диска зависит от его параметров (D , S), диаметра шайбы (D_1), напряженного состояния.

При определенных параметрах диска и числа оборотов шпинделя станка температурный перепад в диске может привести к снижению частот собственных колебаний его и к совпадению с частотой вынужденных колебаний (обычно соответствующих числу оборотов шпинделя), в результате чего возникают резонансные колебания диска. Последние приведут к еще большему форсированию нагрева и в конечном итоге к потере плоской формы равновесия, т. е. к зарезам пилы — невозможности распиловки. В частном случае может возникнуть критическое состояние пилы в виде стоячих волн, при котором распиловка также невозможна. В общем случае резонансные колебания дисков могут иметь различные формы, характеризующиеся угловыми диаметрами или окружностями (рис. 37). Каждая из этих форм колебаний отличается соответствующей частотой, зависящей от параметров диска и его напряженного состояния.

Частота Ω и форма λ собственных колебаний зависят от температурного перепада между периферийной и средней частями диска (по данным Г. А. Жодзишского), характеризующего разное напряженное его состояние. Температурный перепад в дисках особенно опасен для тонких пил. Например, в пилах диаметром 400 мм и толщиной 1,5 мм температурный перепад 5° приводит к потере плоской формы — к крыловатости. Такая пила не может работать нормально. Чем толще пила, тем допускается больший температурный перепад. Этим отчасти объясняется нежелание, а верней неумение пилоставов применять более тонкие пилы. Температурные напряжения на периферии диска имеют характер тангентальных напряжений сжатия.

По данным исследований ЛТА имени С. М. Кирова, при тангентальных напряжениях сжатия режущего венца, превосходящих 3—6 кгс/мм² (в зависимости от диаметра и толщины пилы), дисковая пила полностью теряет устойчивость и искривляется на «крыло». Это обстоятельство является главной причиной выхода пилы из строя или плохой ее работы.

Напряжения, которые испытывает диск пилы от сил резания, сравнительно незначительны.

Основное назначение проковки средней части диска состоит в уменьшении тангентальных напряжений растяжения для компенсации влияния температурных напряжений. Для этого пила подвергается соответствующей обработке, заключающейся в удлинении (ослаблении) средней части диска посредством проковки ее проковочным молотком на наковальне или вальцевании. В результате правильного ослабления средней части

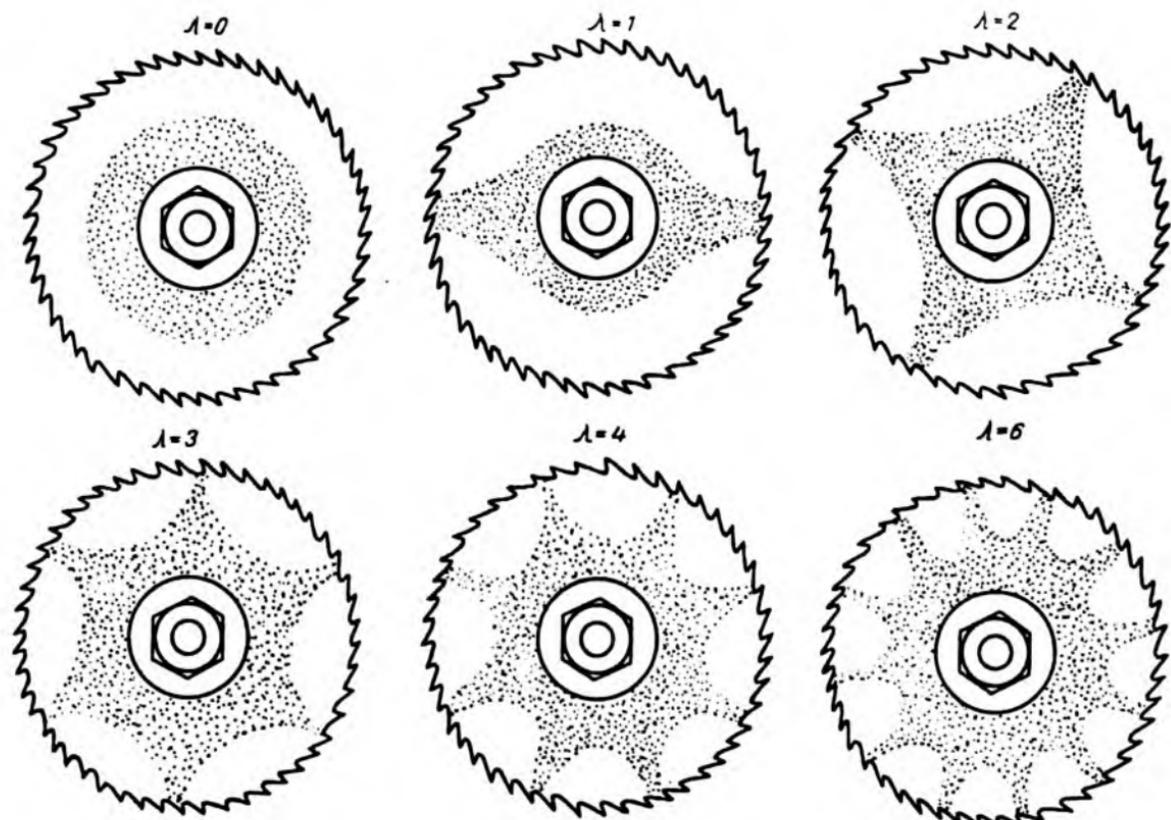


Рис. 37. Схематические изображения форм резонансных колебаний диска пилы (песочных фигур Хладни) на вибрационном стенде:

$\lambda = 0; 1; 2; 3; 4; 6$ — числа узловых диаметров различных форм колебаний дисков

наружная часть пилы при вращении под влиянием центробежных сил будет свободно вытягиваться по радиусам, что в свою очередь вызовет значительное натяжение периферийной части — рост тангентальных напряжений периферийного режущего кольца, обеспечивающих жесткость (устойчивость) в работе. В этом случае в результате проковки создаются предварительные собственные напряжения: в прокованной части — напряжения сжатия и в периферийной части — напряжения растяжения.

Ослабление средней части пилы не должно быть чрезмерным: оно должно зависеть от факторов, определяющих условия работы.

Пилы толстые, имеющие малый диаметр, могут удовлетворительно работать и без проковки. Однако для тонких пил требуется соответствующая проковка или вальцовка.

Степень обработки диска пилы зависит от целого ряда факторов: диаметра и толщины пилы, числа ее оборотов в минуту и условий работы (определяющих характер и величину температурных напряжений в пиле).

Таким образом, основное назначение обработки дисков (путем проковки или вальцевания) является повышение частот собственных колебаний диска и увод их от резонансных частот в случае нагрева периферии, а также компенсация температурных напряжений сжатия, могущих привести диск к потере плоской формы равновесия.

Проверка напряженного состояния диска. При обработке средней части диска проковкой или вальцеванием можно вывести пилу из состояния плоской формы равновесия, в результате чего она приобретает выпуклую форму (тарелку) сначала с неустойчивой средней частью (легко под давлением переходит из одной стороны в другую), а затем с жесткой средней частью и большой выгнутостью зонтичной формы. В таком состоянии пила нормально работать не может.

Диск пилы необходимо обрабатывать, не доводя до критического состояния, характеризуемого потерей плоской формы. Диск, особенно малой толщины, редко имеет плоскую форму, а чаще всего имеет выпуклость, как результат воздействия изгибных или локальных напряжений. Поэтому проверять напряженное состояние диска сложно.

Выпуклость диска можно объяснить, например, тем, что с одной стороны сошлифован весь обезуглероженный слой металла, а с другой не полностью. В ряде случаев такая форма диска получается в результате штамповки зубьев тупым штампом. Другими словами, форма диска (плоскостность или выпуклость в свободном состоянии) не характеризует его внутреннего состояния под воздействием нормальных напряжений. Его напряженное состояние характеризуется либо податливостью средней части, либо жесткостью периферийной части.

Степень обработки дисков проверяют на ощупь по податливости средней части. Для этого пилу ставят вертикально на верстак, опирая ее одной рукой за верхнюю часть, а второй рукой давят за центральное отверстие в ту или другую сторону. По податливости средней части диска определяют необходимую степень обработки. Естественно, что правильная оценка таким субъективным методом может быть достигнута лишь в результате большого опыта квалифицированного пилюстава.

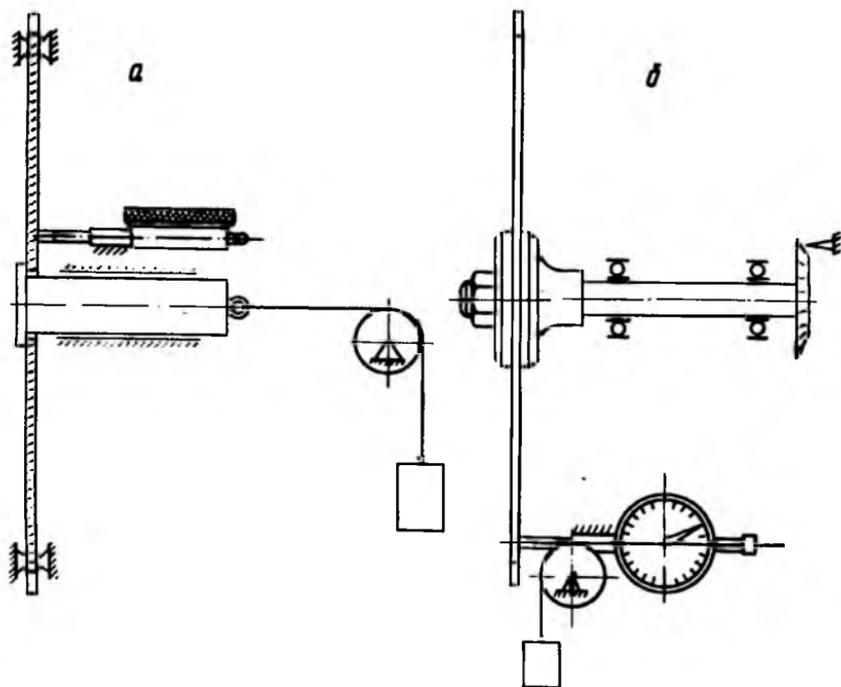


Рис. 38. Методы проверки напряженного состояния дисков:
a — по податливости средней части; *б* — по жесткости периферийной части

Попытки определения податливости или жесткости путем применения различных приборов пока не дали устойчивых результатов, так как на результаты замеров влияет выпуклость диска.

На рис. 38 представлены принципиальные методы проверки степени обработки (вальцевания) диска.

На рис. 39, *a* даны значения жесткости (податливости) средней части в зависимости от степени вальцевания диска (давления вальцов) при прокатке. На рис. 39, *б* даны значения жесткости периферии при этих же условиях. Податливость средней части изменяется не сразу, постепенно достигает своего определенного значения, затем резко падает в критическом

состоянии диска. Увеличение степени вальцевания периферийной части с определенного момента сопровождается ростом жесткости; затем жесткость резко падает. Из-за выпуклости дисков

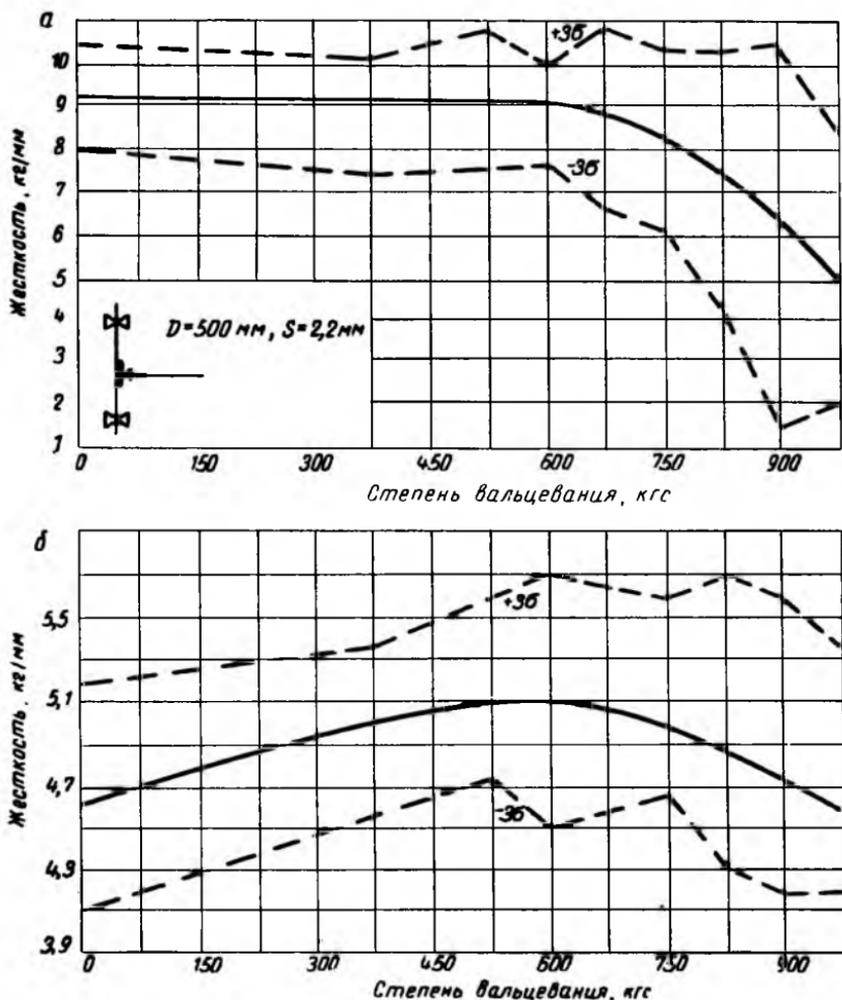


Рис. 39. Зависимость жесткости дисков пил от степени вальцевания или проковки (по Ю. М. Стахиву):

а — по податливости средней части диска (см. рис. 38, а); б — по жесткости периферийной части диска (см. рис. 38, б)

сравнение показателей и оценка необходимой степени обработки усложняются. В силу этих обстоятельств ни один из приборов для оценки жесткости не получил в производстве широкого распространения.

Инж. Н. А. Грубе предложила метод оценки напряженного состояния дисков пил по звуку. Звук от удара упругим шаром по диску пилы, закрепленному в шайбах, точно характеризует вибрационные характеристики диска, т. е. частоты его собственных колебаний. Если этот звук разложить на гармоники отдельных колебаний с разными частотами, последние будут характеризовать эти собственные колебания. При разном напряженном состоянии и разном температурном перепаде диска получается разный спектр частот собственных колебаний (рис. 40). Пила не обработанная имеет по сравнению с обработанной (прокованной) более низкие частоты для различных форм колебаний диска.

На рис. 41 представлена зависимость изменения частот колебаний диска пилы ($D=500$ мм; $S=2,2$ мм) в связи с разной степенью его вальцевания (для разных форм колебаний).

Разложение звука осуществляется посредством шумомера и анализатора шума.¹

Таким образом, геометрия пилы в свободном состоянии и соответствующие частотные характеристики, определяемые по звуку, могут характеризовать соответствующее напряженное состояние пилы. Особенно эти методы пригодны для проверки напряженного состояния конических или строгальных пил.

Внедрение объективного метода оценки напряженного состояния дисков явится результатом творческих исканий и разработок. А пока существует метод оценки по степени провисания диска на трех опорах в горизонтальном положении по световой щели и разности ее с обеих сторон пилы.

Способы и приемы проковки и правки круглых пил. Для проковки и правки круглых пил необходимы следующие инструменты и приспособления: проковочный (с круглым бойком) и правильный (с продольным бойком) молотки, выверочные стальные линейки (шаблоны) разной длины и стальная наковальня (рис. 42).

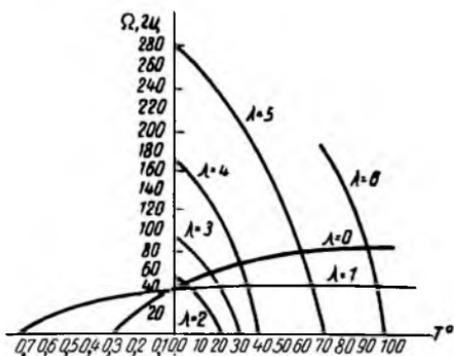


Рис. 40. Зависимость частот и форм собственных колебаний от температурного перепада между периферийной и средней зонами диска (по Г. А. Жодзишскому):

Ω — частоты колебаний, гц; λ — формы колебаний дисков с узловыми диаметрами; T — температурный перепад между периферийной и средней зонами диска в градусах ($D=500$ мм; $S=2,0$ мм)

¹ Кафедра станков и инструментов ЛТА имени С. М. Кирова разрабатывает прибор для определения частот колебаний диска по звуку (анализатор звука с узкополосными фильтрами звуковых колебаний).

Размеры и вес проковочных молотков зависят от толщины пилы, подлежащей проковке (табл. 27).

Длина рукояток правильных молотков равняется 30 см; их вес с перекрестными бойками 1 кг, с косыми бойками 1,5 кг. Бойки этих молотков имеют выпуклость радиусом $R=175$ мм.

Местные дефекты пилы обнаруживают при проверке ее короткой линейкой или измерении деформации диска индикато-

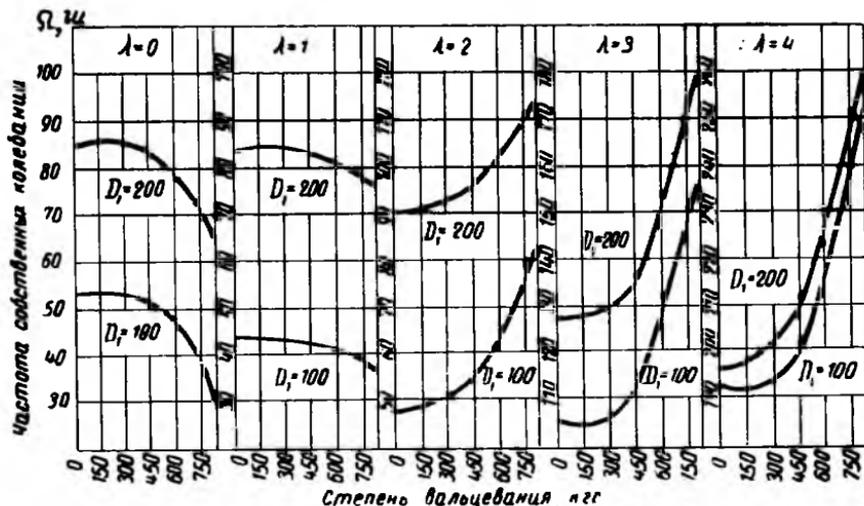


Рис. 41. Зависимость частот и форм собственных колебаний диска от степени вальцевания, характеризующей его напряженное состояние (по Ю. М. Стахневу):

λ — формы верных колебаний; P_B — давление вальца в вальцовочном станке (кгс) при фальцовке по окружности с радиусом $0,8R$ ($D=500$ мм; $S=2,2$ мм; D_1 — диаметр шайбы)

ром (рис. 43). Если обнаружатся места с преувеличенным прогибом (световой щелью), это свидетельствует об ослаблении, относительном расширении металла этих мест — слабине. Тугие

Таблица 27

Вес проковочных молотков

Номера молотков	Диаметр бойка, мм	Длина молотка, мм	Длина рукоятки, мм	Вес молотка, кг	Толщина пил, подлежащих проковке, мм
1	25	90	250	0,45	1,2—1,0
2	30	90	250	0,90	1,6—1,2
3	35	100	280	1,35	1,8—1,6
4	40	120	320	1,80	2,7—2,4
5	45	150	400	2,20	3,4—2,7

места обнаруживаются в виде выпуклости. Выпучины или изгибы имеют в одном положении диска вид выпуклости, в другом — прогиба (световой щели). Границы местных дефектов должны быть очерчены мелом и помечены условными знаками.

При проверке пил большого диаметра, например шпалорезных, необходимость в приложении давления в средней части отпадает, так как средняя часть диска, положенного на опоры горизонтально, провисает под действием собственного веса.

Степень ослабления средней части в результате ее проковки, характеризуемая стрелой искривления η , при определенном давлении P зависит от диаметра и толщины диска, числа оборотов пилы, условий распиловки и определяется опытным путем.

При ослаблении кромок круглой пилы получается общее искривление диска на «крыло». Это состояние характеризуется тем, что при повороте диска в свободном состоянии шаблоном в некоторых секторах будет обнаруживаться световая щель, в других (с той же стороны) горб (вторая веерная форма потери устойчивости — см. рис. 37).

При проковке диска пилы необходимо учитывать следующие рекомендации. Удары должны наноситься центральной частью бойка. Неправильными ударами (краем молотка) легко испортить хорошую пилу, сделав в ней выбоину, что ни в коем случае нельзя допускать. Не следует ударять молотком по центральной части пилы, которая закрывается шайбами; проковка ее допускается только в исключительных случаях, когда необходимо выправить изгиб пилы. При проковке сила удара должна соотносываться с толщиной пилы и степенью ее твердости. Более тонкая или мягкая пила требует более легких ударов. Участок пилы, подвергающийся проковке, должен плотно лежать на наковальне, которая для этого делается несколько выпуклой. При правильном положении на наковальне диск во время проковки издает чистый, недребезжащий звук.

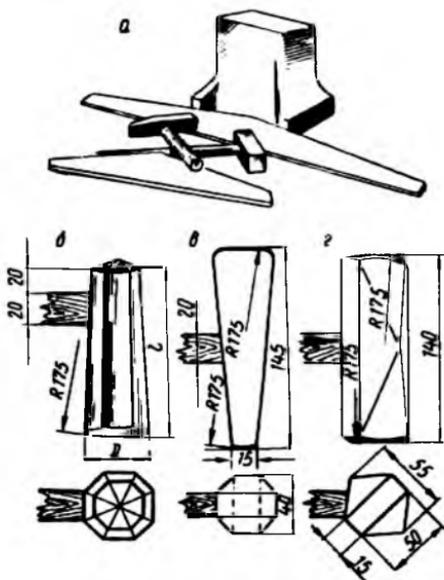


Рис. 42. Приспособления для проковки и правки пил:

a — проковочная наковальня с комплектом молотков и выверочных линеек; *б* — проковочный молоток; *б'* — правильный молоток с перекрестным расположением продольных бойков; *б''* — правильный молоток с косым расположением продольных бойков

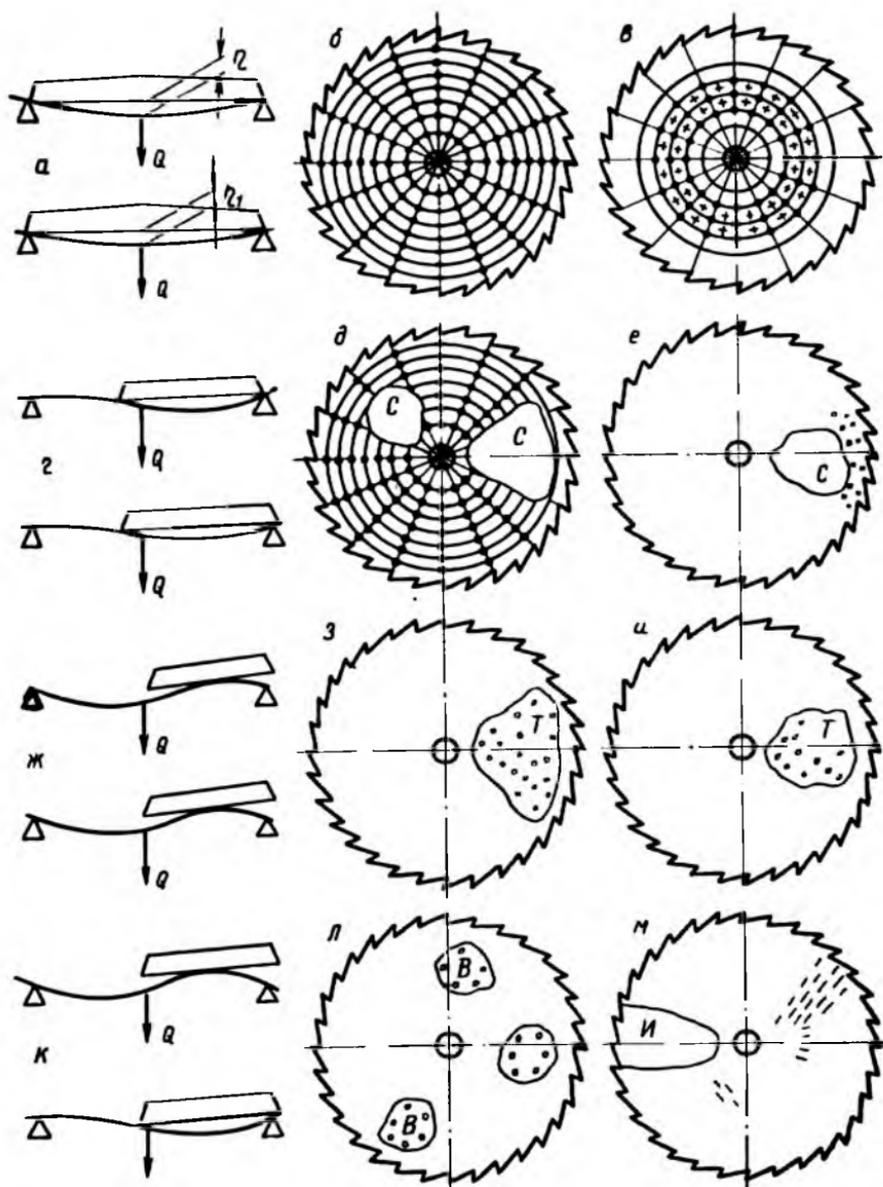


Рис. 43. Проверка диска пилы и расположение ударов правильного молотка при проковке и правке:

а — правильное состояние диска; *б* — расположение ударов при проковке; *в* — расположение ударов при вторичной проковке; *г* — со слабым местом; *д* и *е* — расположение ударов при правке диска, имеющего слабины; *ж* — диск с тугими местами; *з*, *и* — расположение ударов при правке тугого места; *к* — с выпучинами; *л* — расположение ударов при исправлении выпучин; *м* — расположение ударов при исправлении изгиба

Наиболее рационально производить проковку дисков круглых пил на специальном проковочном станке.

Характер распределения ударов по диску при проковке или правке зависит от состояния пилы и вида исправляемого дефекта (границы которого должны быть определены указанными способами и очерчены мелом). Так, в случае проковки круглой пилы, не имеющей местных дефектов, удары молотком распределяются по средней ее части, как показано на рис. 43, б. При проковке средней части диска удары следует наносить на равном расстоянии друг от друга: 25—60 мм от впадин зубьев и 25—50 мм по центральной части пилы, закрываемой шайбами. Проковку рекомендуется производить от периферии к центру по радиусам пилы путем нанесения ударов с одинаковой силой по всей поверхности.

При проковке обратной стороны пилы удары молотком должны быть возможно ближе, а лучше совпадать с местами, на которые наносились удары при проковке противоположной стороны пилы. Чтобы облегчить правильное распределение ударов, пилу можно разместить, как показано на рис. 43, б. После проковки с обеих сторон пилу проверяют на правильность формы в свободном состоянии и на степень ослабления средней ее части. Если ослабление средней части недостаточно, проковку повторяют, причем удары вторичной проковки должны приходиться между ударами первой проковки, как показано на рис. 43, в.

Если проковке подвергается уже работавшая пила, имеющая ослабленные участки (выявленные и отмеченные мелом по границам), их весьма слабо проковывают или совсем не проковывают (в зависимости от степени ослабления участка), так как путем ослабления всей средней части проковкой можно добиться того, что состояние ослабленных участков будет соответствовать состоянию всей пилы (рис. 43, д). Прокованная пила проверяется шаблоном указанным выше способом.

Правка местных дефектов диска зависит от характера деформаций и от общего состояния пилы. Так, при наличии слабого места в пиле, в общем имеющей правильное натяжение, исправление производится проковкой с обеих сторон соседних с ним участков, как показано на рис. 43, е. Тугие места исправляют усиленной проковкой с обеих сторон пилы от краев к центру тугого места (рис. 43, з, и).

Если пила во время работы сильно нагрелась, в обожженных посинелых местах поверхность ее очень сильно выпучивается (образуются «зажоги»). Образование выпучин объясняется локализованным влиянием нагрева данного места пилы в результате соприкосновения ее с древесиной или направляющими устройствами в процессе вращения.

Синее пятно на диске пилы свидетельствует о том, что температура нагрева данного места свыше 300° (синий цвет по-

бежалости). Металл пилы будет стремиться к удлинению во всех направлениях в зависимости от степени нагрева. Так как окружающие части пилы, имеющие нормальную температуру, не дадут металлу возможности расширяться в плоскости диска, их действие будет эквивалентно действию сил, вызывающих деформацию сжатия пластинки с опорой по краям, которое характеризуется выпучиванием нагретого места в сторону.

Напряжения, испытываемые нагретым участком, можно определить по формуле

$$\sigma_t = \alpha E t, \quad (38)$$

где α — коэффициент линейного расширения стали, равный $11,6 \cdot 10^{-6}$;

E — модуль упругости, равный $2 \cdot 10^4$ кгс/мм²;

t — повышение температуры в результате трения до 300—400°;

$$\sigma_t = 11,6 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 400 = 92,3 \text{ кгс/мм}^2.$$

Указанные напряжения превосходят предел упругости, вследствие чего по охлаждении данного участка выпуклость определенного размера остается. Удалять эти резкие выпучины нужно с большой осторожностью, чтобы не испортить общего натяжения пилы. Лучше всего при выравнивании таких выпучин применять плотную оберточную бумагу, сложенную в несколько слоев и помещенную на наковальню под пилу, положенную выпучиной вверх. Легкими многочисленными ударами молотка с круглым бойком можно удалить выпучину без вытягивания металла, что неизбежно при простукивании пилы непосредственно на наковальне.

Когда между пилой и наковальней проложен картон, кожаная прокладка или свернутая в несколько раз оберточная бумага, металл пилы в зоне удара не получает деформации смятия, а лишь изгибается. В равной степени этот изгиб (выпучина) выправляется на эластичной прокладке от ударов проковочного молотка без деформации смятия металла.

Весьма важно, чтобы удары молотком были распределены равномерно, так как слишком сильная проковка одного участка пилы может повести к чрезмерному ее ослаблению и даже к образованию обратной выпучины, которую необходимо будет удалить, так как в противном случае это может вызывать дальнейшее нагревание.

После устранения выпучины с одной стороны пилы нужно проверить другую ее сторону и выяснить, нет ли на ней изгибов и выпучин, которые также должны быть устранены.

Складки и изгибы, имеющие продолговатую форму (горбастость), выправляют правильным молотком с продольным бойком. При простукивании изгиба надо следить за тем, чтобы удар был нанесен всей частью бойка, а не его углом (это тре-

бует некоторого навыка со стороны пилостава). Простукивание такого изгиба производится либо по самому его хребту, либо, если размеры дефекта значительны, от краев изгиба к хребту; ось бойка должна совпадать с направлением оси изгиба (рис. 44, б).

Если пила слишком ослаблена в средней части, во время работы она свободно отклоняется в сторону, в результате чего нагревается в середине и производит дефектную распиловку. Чтобы устранить излишнюю слабинку средней части, пилу следует проковать (с обеих сторон) вблизи внешней кромки, как показано на рис. 44, а. Линия, с которой надо начать проковку, должна лежать на границе, до которой простирается ослабление середины пилы. Простукивание тех участков, где пила уже ослаблена, может способствовать приданию ей неправильного состояния, что снова потребует дополнительной правки.

Исправление слишком большой выпуклости, которая может образоваться при односторонней проковке пилы, производится нанесением ударов по средней ее части с выпуклой стороны. Если при этом середина пилы становится слишком слабой, излишнюю слабинку необходимо компенсировать проковкой внешних ее частей.

Большая выпуклость («тарелка») вследствие трения о стенки пропила приводит к нагреву средней части пилы, что расстраивает ее работу. Даже при симметричном боковом усилении с каждой стороны такая пила будет отклоняться в сторону вогнутости, так как в этом направлении она меньше сопротивляется боковым усилиям. Последнее обстоятельство может привести при резании к значительному отклонению пилы в сторону и, следовательно, к дефектам распиловки.

Крыловатость круглой пилы исправляется различными способами в зависимости от причины, вызвавшей это искривление. Чаще всего крыловатость может получиться от чрезмерного ослабления кромок пилы при исправлении слабины средней ее части или в результате вытягивания их при штамповании. В этом случае пила выправляется соответствующей проковкой ее средней части (с обеих сторон), ослабление которой компенсирует излишнее растяжение кромок (см. рис. 43, в). Однако крыловатость пилы может получиться и вследствие искривления диска под действием бокового давления на него доски в процессе распиловки. Такое искривление может быть исправлено

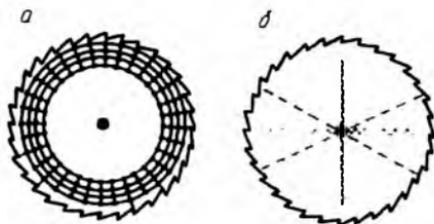


Рис. 44. Правка диска пилы:

а — расположение ударов при правке диска пилы с чрезмерно ослабленной серединой; б — расположение ударов при исправлении крыловатости диска от его изгиба

следующим образом. Короткой выверочной линейкой с обеих сторон пилы надо отыскать хребты изгиба (перекручивания), вдоль которых затем нанести удары молотком (зигзагообразные линии на рис. 44, б); при проверке линейку следует держать перпендикулярно радиусу пилы. Простукивание в этом случае рекомендуется производить правильным молотком. После проколачивания намеченных хребтов пилу снова надо исследовать и, если она не совсем выправлена, правку следует повторить по вновь отмеченным участкам.



Рис. 45. Вальцовочный станок ПВ-20 с приспособлением для вальцевания дисковых пил

Способы и приемы вальцевания дисковых пил. Создать в диске необходимое напряженное состояние — напряжение в периферийной части, примерно в зоне от линии впадин до окружности с радиусом $0,8R$ (где R — радиус окружности впадин) и напряжение сжатия в средней части можно путем прокатки — вальцевания диска между роликами вальцовочного станка.

Специализированного станка для вальцевания дисковых пил пока не выпускается. Для этой цели используется вальцовочный станок для вальцевания рамных и ленточных пил ПВ-20 с приставкой конструкции ЦНИИМОД (рис. 45), на которую устанавливается дисковая пила для вальцевания. Режим вальцевания зависит от напряженного состояния и правильности формы диска.

Сначала осуществляется правка локальных дефектов диска по приемам, описанным ранее. Затем по определению напряженного состояния диска производят соответствующее вальцевание диска.

Если установлено, что напряженное состояние диска недостаточно, вальцевание под определенным давлением вальцов осуществляется по окружности на расстоянии $0,8R$.

По данным зарубежных исследований и исследова-

Таблица 28

Режимы вальцевания дисковых пил

Диаметр пил, мм	Толщина пил, мм	Средняя сила прижима ролика	
		кгс	кгс/см ² (по манометру)
320	1,8	1550	55
	2,0	1700	60
	2,2	1840	65
400	2,0	1550	55
	2,2	1700	60
	2,5	1980	70
500	2,2	1550	55
	2,5	1840	65
	2,8	2120	75
630	2,5	1700	60
	2,8	1980	70
	3,0	2260	80
710	2,8	1840	65
	3,0	2120	75
	3,2	2400	85

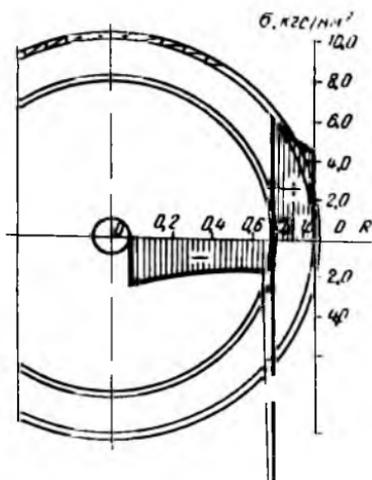


Рис. 46. Эюра тангентальных напряжений, испытываемых диском пилы после вальцевания его по окружности с радиусом $0,8 R$ (по Н. А. Грубе)

Примечание. Ввиду возможного различия в начальном напряженном состоянии отдельных пил рекомендуемые величины сил прижима могут колебаться в пределах ± 10 кгс/см².

ний ЦНИИМОД, соответствующее распределение напряжений по зонам диска можно достичь путем его вальцевания только по одной из окружностей на расстоянии $0,8 R$ (или по двум окружностям с радиусами $0,8 R$ и $0,6 R$).

На рис. 46 представлена эюра напряжений, возникающих в результате вальцевания (по данным исследований инж. Н. А. Грубе). Исследованиями ЦНИИМОД установлено, что вальцевание средней зоны пилы по одной или нескольким определенно расположенным окружностям приводит к одинаковым результатам. Поскольку в первом случае метод подготовки диска упрощается, ЦНИИМОД рекомендует вальцевать по одной окружности ($0,8 R$). При излишнем ослаблении средней зоны диска следует вальцевать его по окружности, отстоящей на 3—5 мм от окружности впадин зубьев. Это удлинит периферийную зону и выровнит напряженное состояние диска.

ЦНИИМОД рекомендует режимы вальцевания новых правленых, но не прокованных на заводе-изготовителе пил (табл. 28) по окружности с радиусом $0,8 R$. Сила прижима роликов контролируется по манометру вальцовочного станка.

Для пил, бывших в эксплуатации, начальная сила прижима обычно принимается меньше, чем указано в табл. 28. Рекомендуемые силы прижима роликов разработаны для трех-четырёх проходов по одной окружности.

После прохода с одной стороны диск переворачивают на другую сторону и провальцовывают с другой стороны. Пила должна подвергаться повторному вальцеванию при стачивании на величину $0,1 R$.

Вальцевание — более производительный и совершенный процесс обработки дисков по сравнению с проковкой их рихтовальным молотком по наковальне.

Современные методы компенсации температурных напряжений в дисках пил

Одной из главных причин потери устойчивости дисковых пил в работе, особенно тонких, является неизбежный температурный перепад в периферийной и средней зонах диска. Поэтому поиски новых эффективных методов и средств для ликвидации напряжений от неравномерного нагрева пил по радиусу являются важными и крайне необходимыми при стремлении улучшить качество и точность распиловки на круглопильных станках.

Одним из возможных путей в решении такого вопроса является искусственная компенсация или ликвидация температурного перепада на основе оснащения станков специальными устройствами для охлаждения периферии или нагрева средней зоны пилы.

Устройства для охлаждения дисковых пил водовоздушной смесью. Положительные результаты получены при охлаждении пил в процессе работы водовоздушной смесью, которая принудительно подаётся в периферийную зону, т. е. в ту часть, где в основном протекают нестационарные температурные процессы.

Опыты показали, что охлаждение периферии дисковых пил может осуществляться по периодической (с автоматическим управлением) и непрерывной схемам. При использовании периодической схемы подача и прекращение водовоздушной смеси осуществляются системой автоматического регулирования.

Принципиальная схема системы автоматического регулирования процессом подачи водовоздушной смеси на диск по схеме «включено — выключено» приведена на рис. 47. Охлаждение диска в соответствии с данной схемой осуществляется следующим образом. При распиловке древесины температура периферийной зоны диска возрастает. Когда температурный перепад по радиусу превысит определенное значение, пила переходит

из устойчивого состояния в неустойчивое. Признаком такого перехода является рост амплитуды поперечных отклонений. Отклоняясь в поперечном направлении на нормированную величину, диск заставляет срабатывать контактные датчики. Последние через контакты K_1 цепи управления приводят в действие реле P_1 и соответственно электромагнит золотника $ЭМ_1$. Сработав, золотник подает воздух от пневмомагистрали к устройству (смесителю) для подготовки водовоздушной смеси.

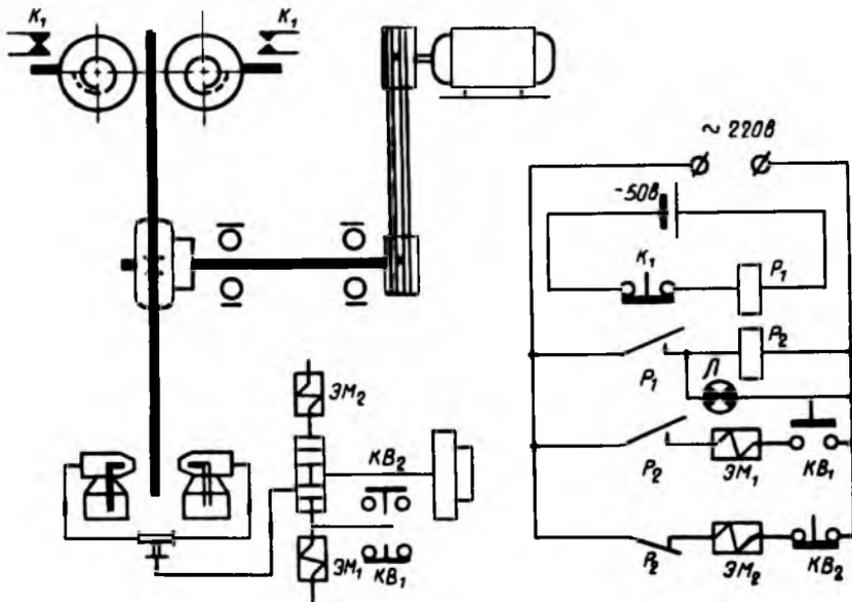


Рис. 47. Принципиальная схема управления процессом подачи водовоздушной смеси в периферийную зону пилы:

K_1 — контакты датчиков; P_1 ; P_2 — реле и контакты в цепи управления; $ЭМ_1$; $ЭМ_2$ — электромагниты золотника; KB_1 ; KB_2 — конечные выключатели; L — сигнальная лампа

Воздуховоздушная смесь установленной концентрации подается через многосопловые распылители на боковые поверхности дисковой пилы в периферийной зоне.

За счет интенсивного охлаждения температурный перепад уменьшается и диск приобретает устойчивое положение, а контакты K_1 датчиков отключают систему управления и переключают золотник за счет срабатывания электромагнита $ЭМ_2$. В дальнейшем цикл повторяется. Диск охлаждается и, как показали опыты, работает в холодном состоянии без перепада температур по зонам. Часовой расход воды при правильной настройке системы не превышает 0,5—1 л/ч. Для исключения коррозии частей станка вместо воды можно использовать специальные охлаждающие эмульсии.

Положительные результаты испытания охлаждающих устройств позволяют сделать заключение о целесообразности использования охлаждения пил в круглопильных станках. Такое мероприятие значительно улучшает условия работы не только плоских, но и конических и строгальных пил, для которых ликвидация температурного перепада по радиусу диска имеет первостепенное значение.

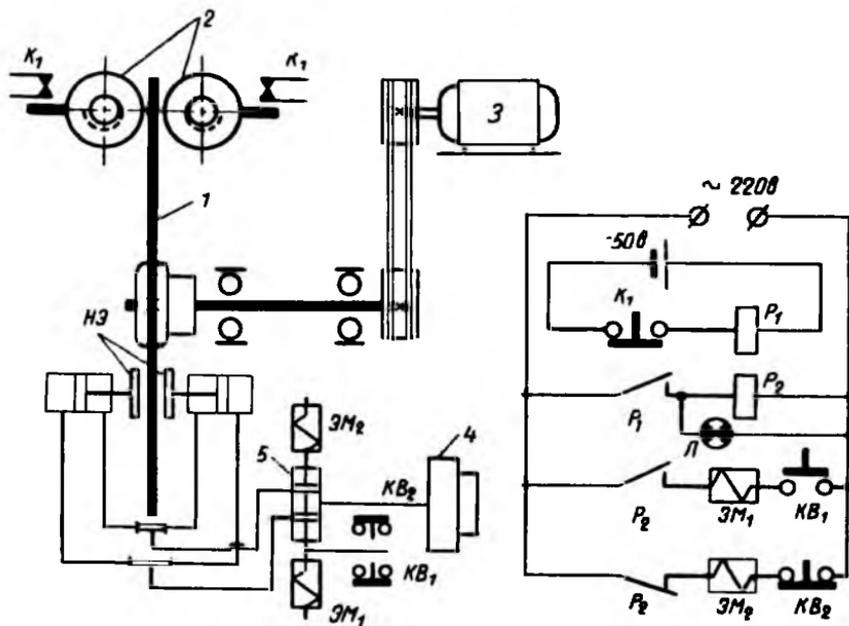


Рис. 48. Принципиальная схема регулирования температурных напряжений посредством нагрева средней зоны диска пилы:

1 — пила; 2 — роликовые датчики отклонения; 3 — электропривод; 4 — магистраль со сжатым воздухом; 5 — электромагнитный золотник; НЭ — устройство для нагрева средней зоны; ЭМ₁; ЭМ₂ — электромагниты; КВ₁; КВ₂ — конечные выключатели; Л — сигнальная лампа

Устройства для нагрева средней зоны круглых пил. Принципиальная схема регулирования температурных напряжений с контактными роликовыми датчиками и устройством для нагрева средней зоны пилы фрикционными пневматическими нагревателями представлена на рис. 48.

Отличие этой схемы от предыдущей состоит в том, что устройство для охлаждения периферийной зоны пилы замещено фрикционным устройством пневматического действия для нагрева ее средней зоны.

При определенном перепаде температуры происходит касание диска пилы о ролики датчиков K_1 , что приводит через реле P_1 и P_2 к срабатыванию электромагнита ЭМ₁ золотника 5. Сжатый воздух поступает в те полости пневматических цилиндров,

с помощью которых поршни с фрикционными колодками падаются на пилу.

В результате трения колодок о пилу нагревается ее средняя зона и перепад температуры уменьшается, что приводит к ликвидации вредного действия температурных напряжений сжатия периферийной зоны. Пила занимает нормальную плоскость вращения. Роликовые датчики под действием пружины возвращаются в исходное положение, а контакты K_1 размыкаются. Это вызывает срабатывание электромагнита $ЭМ_2$, направляющего воздух с помощью золотника в противоположные полости цилиндров. Колодки отходят от пилы, и нагрев ее средней зоны прекращается. В дальнейшем цикл работы повторяется.

Кроме предложенных схем охлаждения и нагрева, могут быть использованы бесконтактные индуктивные датчики отклонений диска или тепловые баллометрические датчики, фиксирующие температурный перепад в периферийной и средней зонах диска. Электронные схемы устройств в этих случаях несколько усложняются.

Охлаждающие устройства, отличающиеся малыми габаритными размерами, удобством монтажа, отсутствием движущихся частей, возможностью использования без контроля теплового состояния дисков, целесообразно применять в следующих станках:

многопильных для распиловки досок, бруса и бревен;

однопильных, где используются строгальные или конические пилы и пилы с малым разводом зубьев на сторону;

в станках, в которых трудно смонтировать нагревательные устройства.

Нагревательные устройства можно рекомендовать для следующих станков:

прирезных с плоскими пилами;

ребровых с плоскими пилами;

двухпильных обрезных с большим расстоянием между пилами.

Эффективность рекомендуемых устройств для выравнивания температуры по радиусу круглых пил для компенсации вредных температурных напряжений была проверена на деревообрабатывающих предприятиях.

В результате использования устройств достигнуты следующие результаты: предельные погрешности по толщине (ширине) выпиливаемых заготовок уменьшились на 10—15%; точность распиловки увеличилась за счет снижения предельных погрешностей волнистости на 30—60%; чистота обработанной поверхности улучшилась на 50—70%; ширина пропила уменьшилась на 15—30% (за счет применения более тонких пил).

Щелевые компенсаторы в дисках пил. Другим приемом, устраняющим вредное влияние термических напряжений из-за разности температур нагрева периферийной и центральной частей пилы, является устройство периферийных щелей-

компенсаторов на диске (см. рис. 34, б). Такие пилы могут удовлетворительно работать без проковки средней части диска. Их недостатком является сравнительно малый срок службы. Это обстоятельство ограничивает широкое применение таких пил.

На пиле делают четыре-шесть прорезей. Глубина их составляет 25—30 мм (в зависимости от диаметра пилы), ширина 3 мм.

При использовании указанных компенсаторов заточку зубьев следует производить главным образом со стороны их задней грани, чтобы первоначальное положение прорези относительно передней грани зуба сохранялось постоянным. При заточке передней грани зуба прорезь как бы смещается к его вершине, что приводит к поломке зуба и, следовательно, порче пилы. Делать прорезь следует не в самой низкой точке впадины; направление прорези должно быть под некоторым углом к направлению передней грани зуба.

Для прорезей удобен тонкий шлифовальный кружок (толщиной 3 мм). Прорезь может быть удлинена с износом пилы при правильной заточке зубьев и правильном ее расположении.

Особенно целесообразно наличие компенсаторов в круглых пилах с пластинками из твердых сплавов, диаметр которых незначительно изменяется при переточках зубьев. Они исключают деформацию пилы в процессе напайки пластин из-за локального нагрева периферийного кольца пилы.

Компенсаторы уменьшают амплитуду вибрации пилы в несколько раз.

Установка дисковых пил в станок

При установке дисковых пил в станок должны быть соблюдены следующие условия:

опорные плоскости шайб (рис. 49) должны быть строго перпендикулярны оси вращения шпинделя;

пила должна устанавливаться в центре вала, т. е. центр пилы должен совпадать с осью шпинделя;

закрепление пилы шайбами должно быть достаточно прочное и надежное;

направляющие и прокладки должны быть точно пригнаны и отрегулированы;

расклинивающий нож должен быть установлен точно по шиле.

Совершенно недопустимы косоое положение шайб и малейшие выступы на их крепящих поверхностях. И то и другое должно своевременно устраняться, в противном случае распиловка досок будет неправильной: их поверхность будет грубой (рубцеватой).

Биение (перекос) опорных поверхностей коренной шайбы должен быть не более 0,03 мм на радиус шайбы.

Установка круглой пилы центрально на шпиндель может быть осуществлена при условии точного соответствия диаметра центрального отверстия пилы диаметру шпинделя. Допустимый зазор между шпинделем и пилой не должен превышать 0,1 мм. Для пил, внутренний диаметр отверстий которых превышает диаметр шпинделя станка, следует применять соответствующие вставные втулки.

Более рациональным приспособлением для закрепления пил является шайба с центрирующим конусом (рис. 49, б).

На работу пил большое влияние оказывает размер закрепляющих шайб. С увеличением диаметра шайб существенно по-

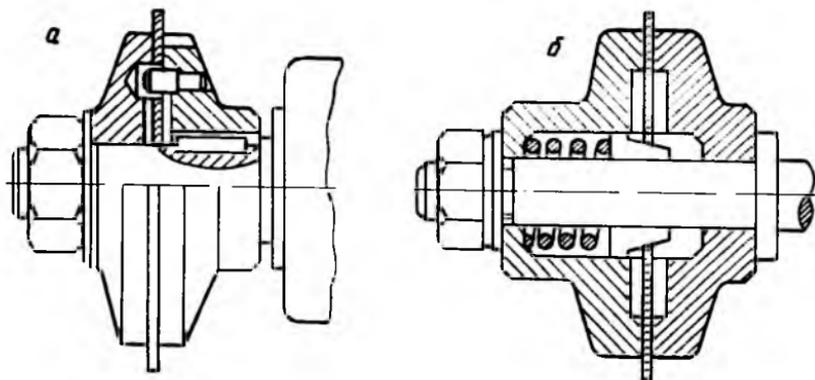


Рис. 49. Приспособление для закрепления дисков пил:
 а — шайба с центрирующей шпилькой; б — самоцентрирующаяся шайба

вышается жесткость и, следовательно, устойчивость круглых пил при резании.

Диаметр шайб зависит от конструкции станка (с нижним расположением шпинделя), диаметра пилы и высоты распиливаемого материала. Эта зависимость определяется эмпирической формулой

$$D_1 = 5 \sqrt{D}, \quad (39)$$

где D_1 — диаметр шайбы, мм;

D — начальный диаметр пилы, мм.

Увеличивать диаметр шайб целесообразно до

$$D_1 = (0,3 \div 0,4) D. \quad (40)$$

Внутренние части обеих шайб имеют выточку в середине для более плотного и надежного закрепления пилы. Зажим пилы шайбами должен быть достаточно сильным, чтобы она не могла провертываться во время работы. Поэтому затяжная гайка должна иметь достаточные размеры и соответствующую резьбу (обратную вращению пилы).

Для закрепления круглых пил большого диаметра (в обрезных, ребровых станках) рекомендуется применять шайбы со шпильками, имеющими назначение поводка и проходящими через соответствующее отверстие (равное диаметру шпильки) в пиле (рис. 49, а). В этом случае зажим пилы шайбами может быть менее сильным. Расстояние центра отверстия под шпильку от центра пилы должно точно соответствовать расстоянию центра шпильки от оси шпинделя.

Торцовое биение опорных поверхностей коренной шайбы должно систематически проверяться и устраняться путем шлифовки на самом станке. Ниже приведены показатели торцового биения шайбы в зависимости от качества ухода и технадзора за станками:

Посредственное	$\frac{0,1}{100}$
Хорошее	$\frac{0,05}{100}$
Отличное	$\frac{0,02}{100}$

Для предотвращения сильного отклонения от нормального положения при резании применяются соответствующие боковые направляющие, называемые штифтами (рис. 50). Направляющие штифты являются боковыми ограничителями колебаний пилы и в случае вибрации заглушают их.

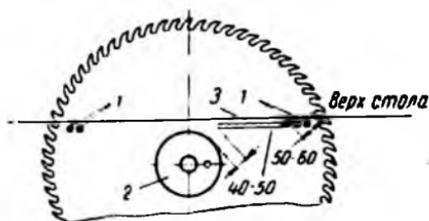


Рис. 50. Ограничители (направляющие) и сальник:
1 — боковые направляющие; 2 — шайба;
3 — сальник

Направляющие штифты рекомендуется изготовлять из текстолита или древеснослоистого пластика. Они вставляются в специальные металлические оправки, которые ввинчиваются в планки или приливы, укрепленные в столе станка. Направляющие штифты должны быть установлены

как можно ближе к режущей части и по возможности выше центра (для пил, режущих верхней частью). Кроме того, их надо устанавливать ближе к плоскости пилы, но ни в коем случае не отгибать пилу в сторону и не зажимать. Круглые пилы для поперечной распиловки обычно не имеют направляющих.

Для выравнивания неравномерного нагревания круглой пилы во время работы и во избежание заклинивания частей древесины между пилой и стенками стола, помимо направляющих штифтов, применяют сальники (плетенки), изготовленные из пакли, пеньки или кожи, пропитанные маслом.

Для отвода от пилы отпиливаемой части дерева применяется предохранительный расклинивающий нож (рис. 51), который устанавливается над столом непосредственно позади пильного диска. Соответственно диаметру работающей пилы расклинивающий нож должен перемещаться горизонтально и вертикально. Передняя кромка ножа (клинообразная) должна быть подведена как можно ближе к зубьям пилы (примерно на

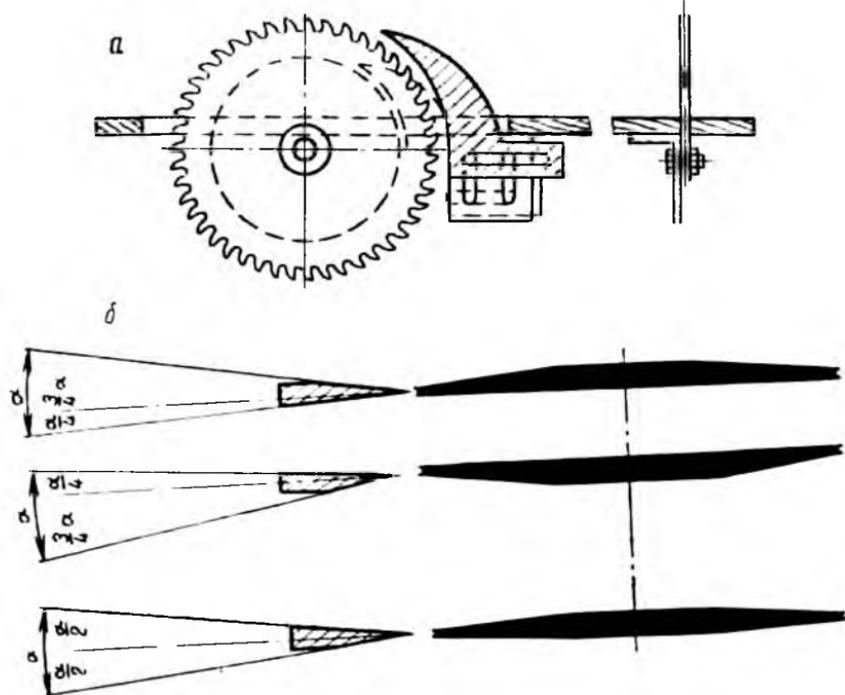


Рис. 51. Положение расклинивающего ножа:

а — общий вид; *б* — применение расклинивающих ножей к коническим пилам

15—20 мм). Тело ножа у задней кромки должно быть несколько толще ширины пропила. Нож служит не только для предупреждения отбрасывания досок восходящими зубьями пилы, но и для облегчения распиловки. Развода (расклинивая) распиленные части дерева, нож облегчает вращение пилы в пропиле, особенно ребровой конической.

При двусторонних конических пилах расклинивающий нож устанавливается симметрично (рис. 51, б). Нож для односторонних конических пил имеет несимметричный угол лезвий и устанавливается таким образом, чтобы с плоской стороны пильного диска приходилась одна четверть угла клина, а со стороны конической — три четверти этого угла.

Общая толщина задней части ножа должна быть больше толщины центральной (плоской) части пилы на 3—4 мм.

ЛЕНТОЧНЫЕ ПИЛЫ

Конструирование ленточных пил

В отечественной деревообрабатывающей промышленности находят широкое применение узкие столярные ленточнопильные станки и резе делительные (ребровые) станки. В лесопилении применяются ленточные станки. На все типы ленточных пил имеются ГОСТ. Производство этих пил осуществляется на Горьковском металлургическом заводе.

Полотно ленточных пил. Размеры полотна ленточных пил характеризуются шириной B ленты, включая зубья, толщиной S и длиной L .

Узкие столярные и ребровые (делительные) ленточные пилы представлены ГОСТ 6532—53 (табл. 29), бревнопильные ленточные пилы ГОСТ 10070—63 (табл. 30).

Таблица 29

Размеры ленточных столярных и делительных пил

Пилы	Длина L (кратная), м	Ширина (с зубьями) B , мм	Толщина S , мм	Шаг зуба t , мм
Сто- лярные	4	100	0,6	6
		150	0,6	6
		200	0,7	8
	6	300	0,8	10
		400	0,8	10
		500	0,9	12
Дели- тель- ные	6	500	0,9	30
		850	1	40
		1000	1	40
	8,5	125	1; 1,2	50
		150	1; 1,2	50
		175	1; 1,2	50

Размеры ленточных пил зависят в основном от конструкции ленточнопильных станков. Так, начальная ширина ленты зависит от ширины пильного шкива, длина ленты — от расстояния l между осями пиль-

Таблица 30

Размеры ленточных пил для распиловки бревен

Ширина (с зубья- ми) B , мм	Толщина S , мм	Шаг зуба t , мм	Длина L (крат- ная), м
230	1,4; 1,6	50; 60	10,4
280	1,6; 1,8; 2	60	12,2
350	2; 2,2	80	14,6
350	1,8; 2; 2,2	60	14,6

ных шкивов и от диаметра D последних. От диаметра пильного шкива зависит также и максимальная толщина ленты.

Указанные зависимости могут быть представлены в следующем виде:

$$L_{\max} = \pi D + 2l_{\max}; \quad (41)$$

$$S \leq 0,001D. \quad (42)$$

Максимальная толщина ленточной пилы обуславливается величиной напряжений, испытываемых ею в процессе работы:

от центробежных сил;
от изгиба ленты на шкивах;
в результате предварительного натяжения;
от сил сопротивления резанию, теплового воздействия на ленту и прочих напряжений, являющихся результатом обработки ленты или установки ее на шкивах.

Напряжения, испытываемые ленточной пилой в процессе резания, распределяются неравномерно по ширине ленты, о чем будет сказано ниже. Суммарная величина этих напряжений не должна превосходить допускаемого напряжения.

Напряжение от изгиба ленты на шкивах в общем балансе напряжений, испытываемых ею в процессе работы, имеет большое удельное значение и является функцией от толщины ленты S и диаметра пильных шкивов D .

На внешней части ленты в результате изгиба возникают растягивающие напряжения, на внутренней — сжимающие.

Напряжение от изгиба ленты на шкивах

$$\sigma = E\Delta = E \frac{S}{D}. \quad (43)$$

После подстановки $\frac{S}{D} = 0,001$ из формулы (42) и модуля упругости для стали $E = 20\,000 \text{ кгс/мм}^2$ определяется величина напряжения:

$$\sigma = E \frac{S}{D} = 20\,000 \cdot 0,001 = 20 \text{ кгс/мм}^2.$$

Временное сопротивление на разрыв ленты в спаянном месте обычно не превосходит $70\text{—}80 \text{ кгс/мм}^2$.

С учетом временного сопротивления на разрыв напряжения, испытываемые ленточной пилой в процессе работы, не должны превышать $30\text{—}40 \text{ кгс/мм}^2$ при минимальном запасе прочности $K = 2$.

Приведенный расчет свидетельствует о большом удельном напряжении от изгиба ленты на шкивах по сравнению с допускаемым. В связи с этим толщина выбираемой ленточной пилы не должна превышать значения, рекомендуемого в формуле (42).

Минимальная толщина ленточной пилы определяется главным образом условиями распиловки и качеством ухода за пилами. При распиловке мягких пород и малой высоте пропила, а также хорошей постановке пилоставного дела целесообразно применять тонкие пилы; при распиловке твердых пород, мерзлой или сучковатой древесины лучше применять более толстые пилы.

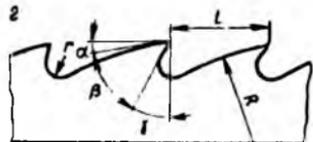
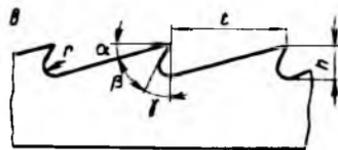
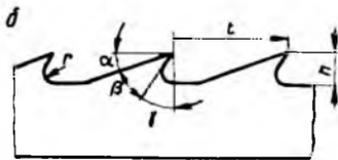
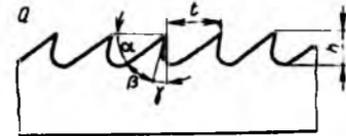
Толщина ленточных пил в зависимости от приведенных условий имеет следующие колебания:

$$S = (0,001 \text{ : } 0,0007) D. \quad (44)$$

Размеры зубьев (мм) столярных и делительных ленточных пил по ГОСТ 6532—53

Тип пил и профиль зубьев		Шаг зубьев l	Высота зубьев h	Радиус закругления впадин r
Столярные пилы		6	2,0—3,0	1,5
		8	4,2—4,4	1,5
		10	4,8—5,0	2,5
		12	6,3—6,5	2,5
Делительные пилы	Профиль I	30	9	3
		40	11	4
		50	13	4
	Профиль II	30	7,5—8	3
		40	10—11	4
		50	14—15	4

При отрезании ленты соответствующей длины необходимо учитывать припуск на спайку; ленту следует отрезать с таким расчетом, чтобы в месте спайки был выдержан общий шаг зуба.



Профиль и размеры зубьев ленточных пил. На рис. 52 представлен профиль зубьев ленточных пил по ГОСТ, а в табл. 31, 32 их размеры.

Профиль зуба столярной ленточной пилы определяется в зависимости от условий распиловки, технологических свойств распиливаемой древесины и характера распиловки.

Ленточные узкие пилы применяются для продольной и криволинейной, т. е. поперечной распи-

Рис. 52. Профили зубьев ленточных пил: а — зуб столярных ленточных пил; б — зуб с плоской впадиной делительных ленточных пил; в — зуб с прямой спинкой делительных ленточных пил; з — зуб с выгнутой спинкой бревнопиляльных ленточных пил

ловки, причем обработка детали по кривой линии с определенным радиусом кривизны в значительной мере зависит от ширины ленточной пилы.

Нормальная работа ленточной пилы в случае криволинейного пропила может быть обеспечена лишь при свободном размещении ее по всей ширине в пропиле. Радиус кривизны ρ ли-

нии пропила зависит от величины развода Δ и ширины пилы B :

$$\rho \approx \frac{0,12B^2}{\Delta}. \quad (45)$$

Если для выпилки кривых деталей применяются пилы большей ширины, чем определяется формулой (45), пила изгибается в пропиле; это приводит к зарезам пропила от намеченной линии и при значительных изгибах ленты может вызвать слетание пилы со шкива или ее разрыв. Однако в определенных пределах возможна выпилка криволинейных деталей с малым радиусом кривизны сравнительно широкими пилами, но при разводе зубьев более двойной толщины пилы. В этом случае развод зубьев в правую или левую сторону осуществляется через зуб, т. е. с оставлением промежуточного зуба без развода.

Профиль зуба столярных узких (до 20—30 мм) ленточных пил изображен на рис. 52, а. Для более широких пил и пил для продольной распиловки волокнистых мягких пород древесины применяется профиль зуба с большим передним углом (до 20—25°).

При заточке зубьев ленточных пил особенно следует избегать образования острых углов во впадинах, так как это неизбежно приводит к разрывам пилы.

Размеры зубьев узких пил зависят в большей мере от ширины пилы. Шаг зубьев подчиняется следующему приближенному соотношению:

$$t = (1,5 \div 2) \sqrt{B}. \quad (46)$$

Высота зуба зависит от его шага и профиля:

$$h = (0,5 \div 0,6) t. \quad (47)$$

Профиль зубьев делительных и бревнопильных ленточных пил может быть либо с прямой спинкой, либо с прямой впадиной, либо с выпуклой спинкой (рис. 52, б, в, г).

При профилировании зубьев передний угол, особенно при распиловке мягких хвойных пород, стараются делать по возможности большим, так как в этом случае уменьшается усилие, потребное на резание, что важно при работе тонкими пилами, и уменьшаются общие горизонтальные усилия (силы отжима), сдвигающие пилу со шкивом назад.

Однако увеличение переднего угла γ должно соотнобразовываться также с технологическими свойствами распиливаемой

Таблица 32

Размеры зубьев (мм) ленточных пил для распиловки бревен по ГОСТ 10670—63

Шаг зубьев t	Высота зубьев h	Радиус закругления впадин r
50	16	5
60	18	6
80	24	8

древесины и требованиями, предъявляемыми к прочности зуба. Последнее обстоятельство зависит от соотношения размеров зуба и угла заострения β .

Угол заострения зубьев делительных ленточных пил следует выдерживать в пределах 40—55°, в зависимости от твердости распиливаемой древесины.

В табл. 33 приведены рекомендуемые практикой значения углов резания зубьев в зависимости от технологических свойств распиливаемой древесины.

Т а б л и ц а 33

Угловые значения профилей зубьев делительных и бревнопильных ленточных пил

Профиль зуба	Угловые значения, град				Примечание
	γ	β	α	σ	
Зуб с прямой впадиной	25—15	45—55	20	65—75	Для твердых пород и мерзлой сучковатой древесины Для мягкой древесины хвойных пород
Выпуклый зуб . . .	30	40	20	60	
Зуб с прямой задней гранью . . .	30	45	15	60	

Выпуклый зуб по угловым значениям и по конфигурации впадины (с большим радиусом закругления) обеспечивает лучшее вмещение и прессование опилок, более пригоден для распиловки мягкой хвойной древесины. Заточка зубьев приведенных профилей осуществляется на специальных автоматах для точки ленточных пил. При заточке зубьев, особенно выпуклых, необходимо следить за правильным профилем точильного круга и подбирать толщину его по размерам зубьев.

Следует обращать особое внимание на профилирование впадины зубьев ленточных пил. В крайних точках впадин зубьев, особенно при резких переходах контура впадины, происходит концентрация напряжений, значительно превышающая средние напряжения по ширине пилы.

Следует избегать увеличения напряжений в отдельных местах ленточных пил в процессе работы. В связи с этим впадина зубьев ребровых ленточных пил должна иметь большой радиус закругления r . Этому требованию лучше отвечает зуб с выпуклой задней гранью.

Размеры зубьев делительных ленточных пил зависят от их толщины и ширины, а также от условий распиловки. Так, шаг плющеного зуба может быть определен по следующей формуле, выведенной на основании практических данных:

$$t = (35 + 40) S. \quad (48)$$

Меньшие значения относятся к распиловке более твердых пород и к более узким пилам. При разводе зубьев указанные размеры шага t уменьшаются на 25—30%.

Соотношение между прочими размерами зуба зависит от его профиля. Для зуба с прямой удлиненной впадиной (см. рис. 52, б):

$$h = (0,25 \div 0,30) t; \quad (49)$$

$$t_1 = (0,4 \div 0,5) t. \quad (50)$$

Для зуба с выпуклой задней гранью (см. рис. 52, з)

$$h = (0,30 \div 0,35) t; \quad (51)$$

$$r = 0,20t. \quad (52)$$

Точность размеров и качество обработки ленточных пил должны удовлетворять требованиям по ГОСТ 6532—53 (табл. 34).

Т а б л и ц а 34

Предельные отклонения по размерам пил

Ширина пилы	Предельные отклонения, мм			Разница в различных местах пилы	
	по длине	по ширине	по толщине	в ширине	в толщине
10—60	± 30	± 2	$\pm 0,04$	0,50	} 0,05
85—175	± 50	± 4	$+ 0,05$	0,75	

По размерам зубьев устанавливают следующие предельные отклонения:

у столярных пил . . . по шагу $+0,3$ мм, по высоте $\pm 0,2$ мм,
по углам $\pm 1^\circ$

у делительных пил . . . по шагу $\pm 0,5$ мм, по высоте $\pm 0,3$ мм,
по углам $\pm 2^\circ$

Разница в шаге зубьев у одной пилы не должна превышать у столярных пил 0,3 мм, у делительных 0,5 мм. Вершины зубьев должны быть расположены на одной прямой линии. Допускается линия вершин зубьев со стрелой вогнутости 0,3—0,5 мм на 1 м длины и выпуклость задней кромки в пределах 0,3—0,4 мм на 1 м длины в зависимости от ширины пилы.

Качество обработки ленточной пилы должно удовлетворять следующим требованиям.

1. Лента должна иметь хорошо отшлифованную поверхность с чистотой не ниже 7-го класса по ГОСТ 2789—51.

2. Трещины, расслоения, царапины, поджоги от шлифования или следы коррозии на поверхности пилы не допускаются.

Вальцевание и правка ленточных пил

Ленточную пилу вальцуют для увеличения поперечной жесткости при натяжении. Такая обработка предупреждает также искривление ее во время работы вследствие растяжения режущей кромки из-за нагрева либо под влиянием сил, действующих на зубья, особенно при значительном их затуплении.

Существуют два способа вальцевания ребровых ленточных пил. Первый из них заключается в удлинении средней части

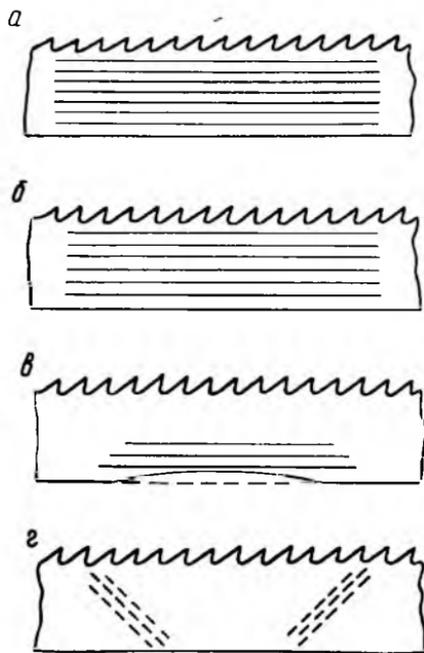


Рис. 53. Схема вальцевания и правки ленточных пил:

а — симметричное вальцевание; *б* — вальцевание на конус; *в* — исправление укороченной тыловой кромки; *г* — исправление перекуса

Первый способ выполняется подобно вальцеванию полотен рамных пил (рис. 53). В зависимости от ширины ленты ($B=50—250$ мм) наносят от одного до одиннадцати следов с одинаковым давлением в зависимости от толщины ленты. Степень давления определяется по опыту. Расстояние между следами составляет 10—20 мм.

Вальцевание, правку и проверку ленточных пил обычно производят на специальных верстаках, на которых установлены вальцовочный станок и выверочная плита с наковальней; пилу,

Этот способ наиболее распространен в отечественной практике, однако для широких ленточных пил не является наилучшим. Второй способ включает вальцевание средней части пилы и задней кромки, вследствие чего передняя кромка становится короче задней. Смысл этого способа состоит в придании наибольших напряжений передней режущей кромке (наиболее коротким частям), так как жесткость пилы при резании зависит преимущественно от напряжений на ее передней части. Во избежание сползания пилы со шкивов наклоняют верхний шкив, поэтому удлинение задней кромки по сравнению с передней является необходимой компенсацией более сильного натяжения на задней кромке, образующегося вследствие указанного наклона шкива. Второй способ обладает преимуществом перед первым.

Ниже подробно рассмотрены оба способа вальцевания.

как видно из рис. 54, подвешивают на деревянных роликах. Для проверки вальцевания пилу изгибают в продольном направлении путем подъема ее специальным роликом над выверочной плитой. Применение такого ролика имеет два преимущества: он поднимает пилу на определенную высоту, что дает постоянную величину изгиба; ролик поднимается от ножной педали, так что обе руки остаются свободными для работы. Пила должна держаться параллельно выверочной плите и опускаться на нее под действием собственного веса. Проверочный

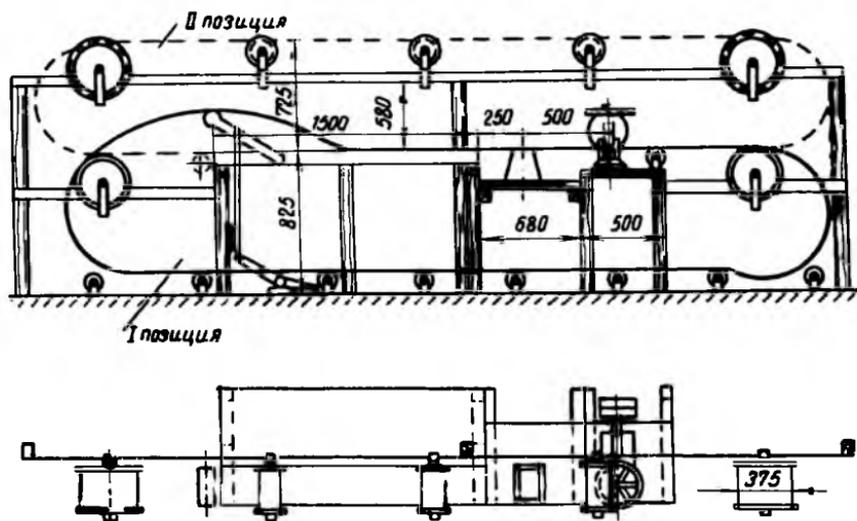


Рис. 54. Стол для правки и вальцевания ленточных пил

шаблон прикладывают поперек пилы, несколько выше плиты. Правильно провальцованная пила должна иметь по всей длине постоянную величину поперечного искривления, определяемую по световой щели между поверхностью изогнутой пилы и прямой гранью шаблона. При проверке пилы с внутренней стороны (см. рис. 54, позиция II) должна получаться такая же картина, как и при проверке внешней стороны (см. рис. 54, позиция I).

Точная проверка вальцевания может быть осуществлена кривым шаблоном со стрелой кривизны, соответствующей изгибу правильно обработанной пилы (рис. 55). В этом случае кривая грань шаблона должна плотно прилегать к изогнутой поверхности пилы.

Степень вальцевания (определяемая стрелой поперечного искривления η) зависит от ряда факторов: ширины и толщины пилы, технологических свойств распиливаемой древесины и выпуклости обода пильных шкивов. О правильности вальцевания можно судить по работе пилы; если пила вибрирует в пропиле,

значит вальцевание или недостаточно, или неравномерно. Чрезмерное вальцевание вызывает трещины в пиле. Стрела поперечного искривления правильно провальцованной делительной пилы равняется (в зависимости от ширины и толщины пилы) примерно 0,1—0,3 мм при прямом ободе шкивов и 0,2—0,4 мм при выпуклом ободе (большие значения η относятся к более тонким и широким ленточным пилам).

Для ленточных пил для распиловки бревен шириной 250 мм и более величина световой щели должна быть в пределах 0,3—0,5 мм.

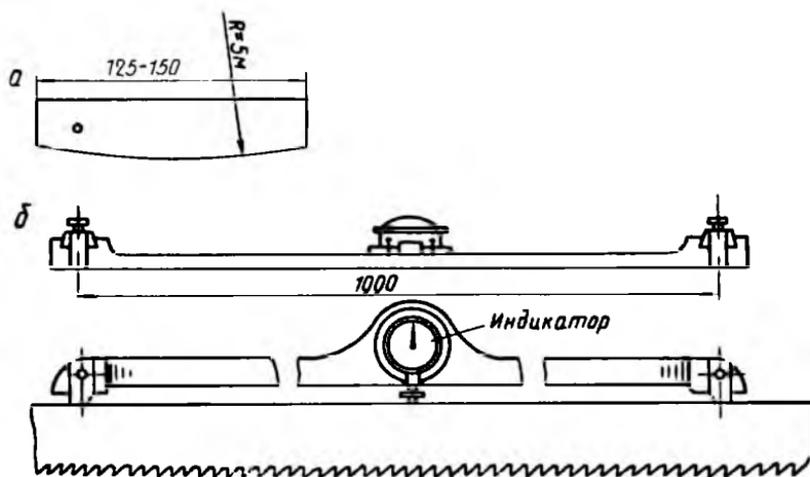


Рис. 55. Измерительный инструмент:

a — выпуклый шаблон для проверки вальцевания; *б* — выверочная линейка для проверки состояния тыловой кромки

При втором способе ленточную пилу вальцуют на расстоянии 15—20 мм от линии впадин отдельными полосами; во время приближения к задней кромке пилы нажим роликов увеличивают (см. рис. 53, б). Вследствие этого передняя кромка оказывается короче задней и при натяжении получает большие напряжения, чем остальные части пилы.

Правильность соответствующего удлинения задней кромки по отношению к передней проверяется по величине выпуклости ее, когда она плашмя лежит на выверочной плите. Если правильно обработанную на конус ленточную пилу в свободном состоянии свернуть по окружности, она примет вид усеченного конуса, так как кромки пилы имеют разную длину (рис. 56). Такая пила, положенная плашмя на выверочную плиту, имеет заднюю кромку, очерченную не по прямой, а по дуге окружности с центром со стороны зубьев. Стрела этой дуги f (выпуклость) на соответствующей длине пилы определяет собой

относительное удлинение задней кромки по сравнению с передней. Стрела выпуклости задней кромки широкой ленточной пилы, провальцованной на конус, должна быть равна примерно 0,2—0,3 мм на длине 1 000 мм; при этом чем уже пила, тем меньше должна быть выпуклость задней кромки.

Влияние способа вальцевания ленточной пилы на разность напряжений, испытываемых передней и задней кромками пилы, может быть установлено путем следующего расчета. Пусть радиус выпуклости задней кромки провальцованной на конус пилы и развернутой в одну плоскость будет R (см. рис. 56). Тогда абсолютное удлинение задней кромки по отношению к передней L_1 — режущей при дуге, отвечающей углу φ , будет

$$\lambda = L - L_1 = R\varphi - (R - B)\varphi = B\varphi,$$

а относительное

$$\Delta = \frac{\lambda}{L} = \frac{B\varphi}{R\varphi} = \frac{B}{R}.$$

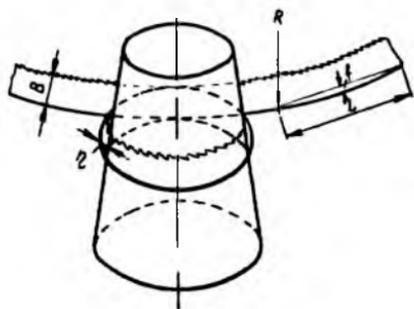


Рис. 56. Схематическое изображение ленточной пилы с удлиненной тыловой кромкой

Отвечающее ему напряжение выразится через

$$\sigma = E \frac{B}{R} \text{ кгс/мм}^2, \quad (53)$$

где $R = \frac{L^2}{8f}$ — приближенное значение.

Отсюда

$$\sigma = 8E \frac{Bf}{L^2}. \quad (54)$$

Так, при ширине пилы $B = 150$ мм и обработке ленточной пилы на конус со стрелой выпуклости $f = 0,3$ мм на длине $L = 1\,000$ мм

$$\sigma = 8E \frac{Bf}{L^2} = 8 \cdot 20\,000 \frac{150 \cdot 0,3}{1000^2} = 4,8 \text{ кгс/мм}^2.$$

Это значит, что вследствие разности длин передней и задней кромок при параллельном расположении осей пильных шкивов передняя кромка будет испытывать напряжение на $4,8 \text{ кгс/см}^2$ больше задней.

Однако из-за уклона верхнего шкива вперед на угол $\mu = 10 \div 15'$ эта разность уменьшается на величину σ_1 , напряжения от наклона шкива, которая отыскивается следующим путем.

Превышение задней кромки пилы по отношению к передней при ширине пилы B и угле наклона μ будет

$$y = B \operatorname{tg} \mu.$$

Относительное удлинение ветвей ленты

$$\Delta = \frac{y}{L_0} = \frac{B \operatorname{tg} \mu}{L_0},$$

где L_0 — расстояние между задними кромками верхнего и нижнего шкивов.

Напряжение на задней кромке от наклона шкива будет больше, чем на передней, на величину σ_μ

$$\sigma_\mu = E \frac{B \operatorname{tg} \mu}{L_0} \text{ кгс/мм}^2. \quad (55)$$

В случае угла наклона шкива $\mu = 10'$ при $L_0 = 3400$ мм и ширине $B = 150$ мм напряжение на задней кромке

$$\sigma_\mu = E \frac{B \operatorname{tg} \mu}{L_0} = 20\,000 \frac{150 \cdot 0,003}{3400} = 2,6 \text{ кгс/мм}^2.$$

Напряжения от наклона шкива σ_μ распределяются по линейному закону с максимальным значением у задней кромки и минимальным у передней. Увеличение напряжений на передней кромке по отношению к напряжению на задней кромке вызывается необходимостью компенсировать ослабление передней кромки в результате ее большего нагревания в процессе резания и воздействия сил сопротивления резанию.

Неблагоприятное распределение напряжений бывает при обычном (симметричном) вальцевании и особенно при необработанном полотне. В этих случаях пила очень неустойчива в боковом направлении; для увеличения жесткости передней кромки необходимо увеличить общую силу натяжения. Неопытные пилоставы вынуждены при этом увеличивать общую силу натяжения ленты в 2 раза и более по сравнению с рекомендуемой при правильной обработке ленты на конус.

Максимальные напряжения от изгиба ленты на шкивах не должны превышать 22 кгс/мм², как было рассмотрено ранее.

Напряжения σ_z от центробежной силы в пределах практических значений скоростей резания соответствуют $0,5$ — 2 кгс/мм². Если учесть, что допускаемые напряжения $\sigma = 35$ — 40 кгс/мм², максимальные напряжения от сил резания и от натяжения ленты (с учетом влияния уклона шкива и неравномерного нагревания пилы) не должны превышать 6 — 10 кгс/мм².

При вальцевании ленточных пил на конус кривизна задней кромки проверяется по всей длине пилы посредством специальной выверочной линейки длиной примерно 1 м.

Выверочные линейки бывают различной конструкции. Лучшими являются линейки с указателем в виде стрелочного индикатора, определяющего выпуклость с точностью до 0,01—0,02 мм (см. рис. 55). Если часть полотна пилы имеет выпуклость кромки больше необходимой, данное место следует провальцевать с увеличением нажима роликов вальцовочного станка от задней кромки к передней, не доходя до линии впадин на 15—20 мм. Одновременно с этим необходимо заботиться о сохранении соответствующего состояния средней части пилы. Если задняя кромка пилы имеет малую выпуклость или вогнутость, значит в ней нет должного удлинения. В этом случае необходимо более сильное вальцевание с нажимом роликов от передней кромки к задней (почти вплотную к последней).

При обработке только средней части пилы (первый способ) необходимо, чтобы задняя кромка во всех точках совпадала с прямой линией; это проверяется посредством длинной прямой линейки. Если указанное условие не будет соблюдено, т. е. если некоторые места тыловой кромки пилы будут вогнуты или выпуклы, она сместится на шкивах и легко с них слетит.

Выявление дефектов широкой ленточной пилы (выпучин, слабых, тугих мест) и их исправление производится так же, как при правке равных пил, однако требуется большая тщательность.

Новые пилы теряют внутреннее состояние быстрее, чем пилы, которые уже были некоторое время в работе. Для нормальной работы новая пила должна предварительно проработать вхолостую в течение получаса, после чего ее следует снять, чтобы проверить ее состояние. Если внутренние напряжения не будут приведены в соответствие с условиями работы пилы, создадутся причины, легко вызывающие ее поломку. После проверки пилу надо снова надеть на шкивы и дать ей поработать около получаса вхолостую; лишь окончательно проверенная и выправленная пила может считаться пригодной для распиловки.

Следует вальцевать и узкие ленточные пилы с ручной подачей. Изгибы и искривление таких пил выправляют легкими ударами молотка по выпуклой поверхности; при этом пила должна лежать на торце твердого дерева; при правке на наковальне между нею и пилой должен быть положен лист плотного картона.

Ремонт полотен ленточных пил

Разрывы ленточных пил чаще всего происходят в местах образования трещин. Ниже перечислены основные причины образования трещин: неправильная установка пыльных шкивов, их биение, чрезмерное натяжение полотна, применение толстых и широких пил на шкивах малого диаметра, чрезмерная величина подачи материала для данной высоты распила, неправильные вальцевание и правка пилы, неправильный профиль и

острые углы во впадинах зубьев, засинение впадины при отточке, дефекты спайки, неровности обода пильных шкивов, неправильная установка направляющих, дефекты стали и пр.

Если пила имеет трещину, размеры которой превышают 10—15% ее ширины, во избежание разрыва пилы в работе участок с трещиной следует вырезать, а концы спаять. Если длина трещины не превосходит 10—15% ширины пилы, для предотвращения дальнейшего увеличения трещины на ее конце высверливают отверстие диаметром 2—2,5 мм. Засечка или накернивание трещин не гарантирует их пресечения.

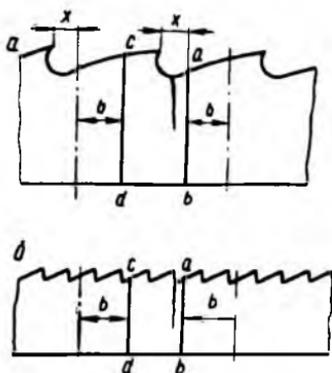


Рис. 57. Разметка ленточной пилы перед разрезанием ее для полотна:

a — широкой; *b* — узкой

Спайка полотен ленточных пил состоит из следующих операций: разметки полотна; обрезки пилы; скашивания концов пилы; подготовки к спайке (механической и химической очистки фасок); спайки; обработки места спайки полотна (термической и механической).

При спайке концов пилы необходимо выдерживать правильные размеры шага зуба в месте шва, для чего перед обрезкой концов пилу размечают. Разметка концов широкого полотна производится из такого расчета, чтобы шов приходился на половине расстояния между вершинами зубьев обоих концов пилы. Ширина *b* шва зависит от ширины пилы; для ребровых ленточных пил она равняется примерно 10—15 мм. Если полотно широкой ленточной пилы имеет трещину во впадине зуба, разметка ее (при плющеном зубе) производится так, как показано на рис. 57. В случае спайки узких ленточных пил (или делительных ленточных пил, зубцы которых разводятся) при разметке приходится учитывать сохранение правильной последовательности развода зубьев, т. е. четное количество зубьев пилы. Ширина шва (фаски) узких ленточных пил равняется 8—10 мм. Размеченные линии должны быть перпендикулярны кромкам полотна.

После разметки пилу разрезают по намеченным линиям *ab* и *cd* (рис. 57). Оба конца пилы после разметки и обрезки скашивают почти на клин в пределах размеченной полосы *b* так, чтобы при наложении скошенных концов друг на друга толщина шва соответствовала общей толщине пилы. Скашивание концов (снятие фасок) удобнее всего производить на специальных фасочных станках. Станки для скашивания концов пил бывают либо с фрезой, либо со шлифовальным кругом — СКЛ 18

(рис. 58). В случае отсутствия специальных фасочных станков скашивание производится на ножеточильном автомате.

Перед самой спайкой поверхности фасок должны быть снова хорошо вычищены шлифовальной шкуркой, после чего следует избегать притрагиваться к фаскам руками.

Спайка пил производится в специальных паяльных аппаратах — прессах. В зависимости от конструкции паяльных прессов нагревание места спайки происходит либо посредством специ-

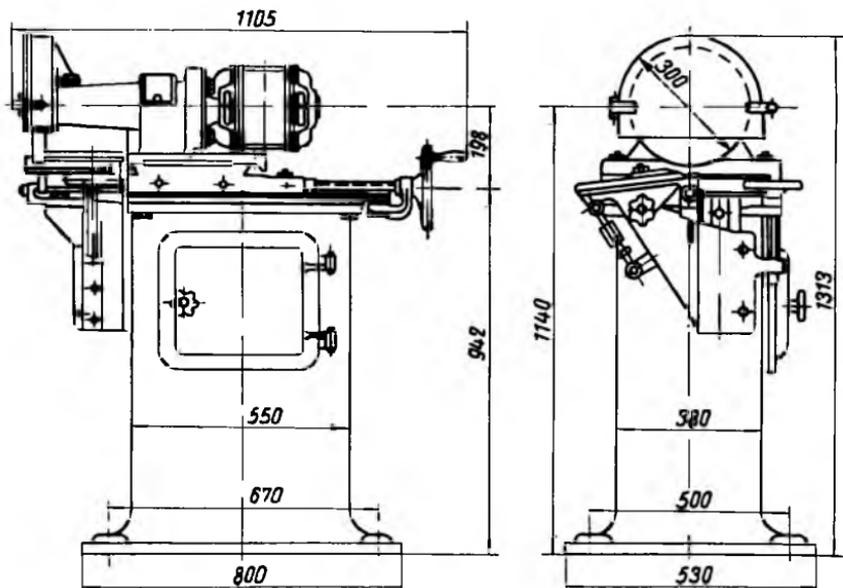


Рис. 58. Станок СКЛ18 для скашивания концов ленточной пилы под паяние

альных паяльных брусков или клещей, предварительно нагретых в муфельной печи (рис. 59, а), либо посредством электрического тока по принципу сопротивления (рис. 59, б). Для спайки делительных ленточных пил обычно применяется паяльный пресс, изображенный на рис. 59, а. Нагревание места спайки в данном случае производится двумя паяльными брусками 1, которые вкладывают по обеим сторонам пилы в соответствующие углубления пресса между опорным клином 2 и колодкой зажима 3 и закрепляют винтом. Паяльные бруски изготовляют из жаростойкой стали.

Подготовка пилы к паянию заключается в установке ее в паяльном прессе и в прокладке припоя вместе с флюсом — обычно бурой. Припой применяется в виде тонкой пластинки (толщиной 0,075—0,15 мм), по длине равной ширине пилы и по ширине несколько большей ширины шва (фаски) спаиваемых концов.

Укрепление пилы в паяльном приспособлении производится следующим образом. На плиту паяльного пресса скошенной поверхностью вверх укладывают между паяльными брусками один

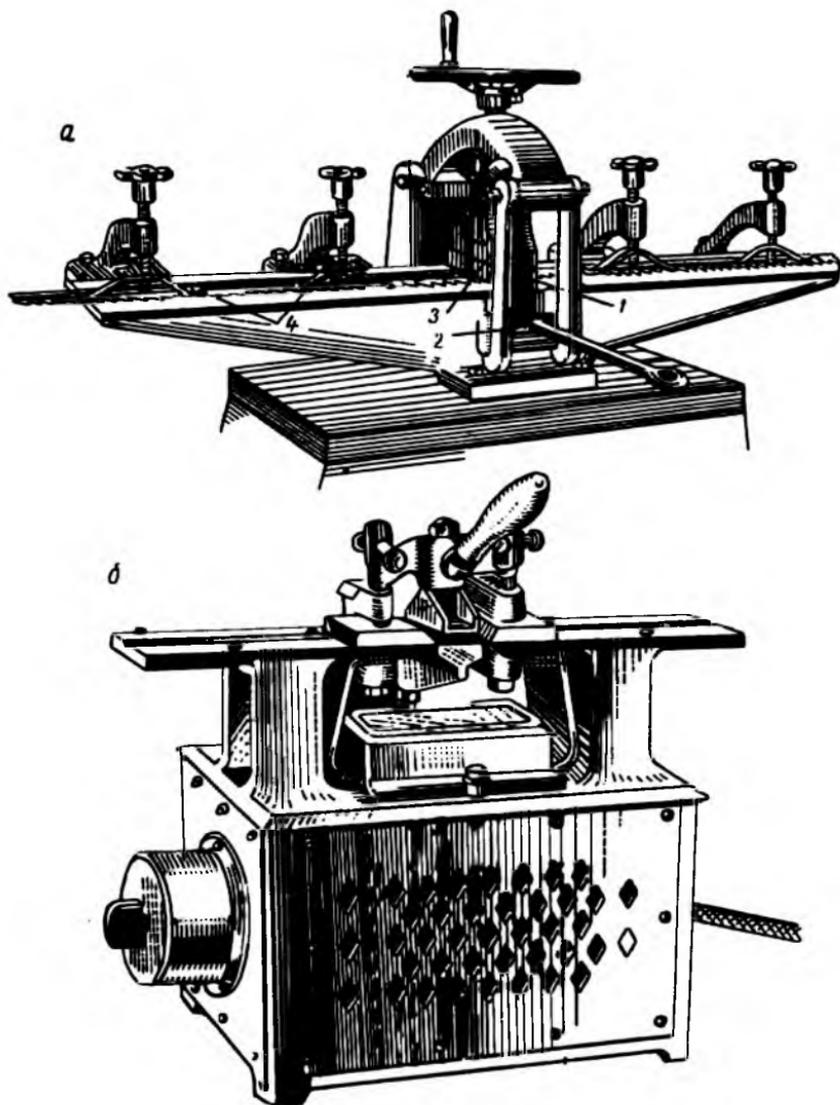


Рис. 59. Паяльные приборы для паяния пил:
а — с паяльными брусками; б — с электрическим нагревом

конец пилы так, чтобы задняя кромка ее прилегала к прямому борту пресса. В таком положении пила зажимается винтами вспомогательных зажимов 4. Другой конец пилы так же укреп-

ляют на второй части пресса, причем фаска его должна точно ложиться на фаску первого конца пилы.

Подготовив таким образом пилу к спайке, производят затем самый процесс паяния, заключающийся в следующем. Нагретые в муфельной печи до определенной температуры паяльники вставляют в паяльный пресс; крепко зажав винтом зажим 3, нагревают места спайки пилы. При установке и закреплении паяльников в прессе винты вспомогательных зажимов 4, закрепляющие пилу, следует ослабить, чтобы пила имела возможность свободно расширяться от нагрева места спайки (в противном случае произойдет сильное коробление). Перед снятием паяльников боковые винты следует снова зажать. После расплавления припоя паяльники надо снять и через некоторое время пилу подвергнуть термической обработке, а затем механической зачистке.

Лучше всего для паяния ленточных пил применять специальные аппараты (рис. 59, б), основанные на принципе электрического сопротивления. Для спайки ленточных пил шириной до 180 мм и толщиной до 1,2 мм отечественной промышленностью выпускаются электропаяльные аппараты ПЛ18 мощностью 4 кВт, для спайки узких ленточных пил — ПЛ6. Концы ленточной пилы для паяния в данном случае укладывают на контактные поверхности и прокладывают между ними припой и флюс. При включении тока соединенные места пилы нагреваются до необходимой температуры, которая может регулироваться реостатом. После расплавления припоя ток выключается, а место спайки обжимают с обеих сторон специальным приспособлением. Спаянное таким образом место пилы, получившее некоторую закалку вследствие сжатия холодными зажимами, снова нагревается до определенной температуры (отпуска), после чего свободно остывает.

Известно, что паяние двух частей металла с помощью припоя заключается в диффундировании последнего. Для более крепкой спайки необходимо, чтобы припой вступил со спаиваемыми поверхностями металла в самый тесный контакт и образовал с ними прочный сплав. Вследствие диффузии при тесном контакте соответствующих компонентов (сталь пилы и припой) сплав их возможен при более низкой температуре, чем температура плавления стали, но и несколько более высокой, чем температура плавления припоя. При паянии ленточных пил необходимо, чтобы температура плавления припоя была не слишком высокой, так как это приводит к перегреву стали, укрупнению ее зернистости и, следовательно, к хрупкости. Перечисленным требованиям удовлетворяют следующие твердые припои: серебряные припои П-Ср-45 и П-Ср-65 и медно-цинковые припои П-Мц-42. Лучшим для спайки ленточных пил является медно-цинковый припой П-Мц-42 или Л-62. Химический состав этих припоев приводится в табл. 35.

Припой для паяния ленточных пил

Марки припоев	Химический состав, %				Температура плавления, °С	Примечание
	Ag	Cu	Zn	при- месц		
П-Ср-45	45	30	24,5	0,5	720	ОСТ — 2984
П-Ср-65	65	20	14,5	0,5	700	ОСТ — 2884
П-Мц-42	—	42	56,5	1,5	820	ОСТ — 2982
Л-62	—	62	38	—	900	ГОСТ 1019—47

Для успешной спайки ленточных пил необходимо применять механический и химический способы очистки спаиваемых мест. Как известно, сталь, соединяясь с кислородом воздуха, покрывается окислами. При нагреве стали во время паяния образование окиси увеличивается. Окись, покрывающая поверхность металла тонкой пленкой, имеет температуру плавления выше, чем температура плавления металла. Вследствие этого окись препятствует соприкосновению металла с припоем и их диффузидированию, затрудняя тем самым паяние полотен. Задачей химической очистки мест спайки является удаление окиси с поверхности металла путем ее растворения. В случае пайки твердыми припоями таким растворителем окиси металла (флюсом) или паяльным веществом является кальцинированная (обезвоженная) бура (борнокислый натр). При нагреве места спайки окись растворяется в паяльном веществе и, перейдя в жидкое состояние, обеспечивает доступ расплавленного припоя к металлу, увеличивая к тому же текучесть припоя.

Обыкновенную буру следует прокалить для удаления кристаллической воды, после чего растолочь в порошок. Буру наносят тонким слоем на спаиваемые поверхности пилы и пластинку припоя.

Прочность спайки зависит от тщательности подготовки пилы, режимов паяния и последующей термической обработки шва.

Следующей операцией является отпуск места спайки до температуры 400—500° (посредством соответственно нагретых паяльников).

Последняя операция паяния ленточной пилы — механическая обработка заключается в зачистке, вальцевании и пр. Спаянное место подвергается зачистке сначала напильником, а затем наждачной шкуркой. Для этого пилу кладут на деревянную полукруглую подушку или на специальное приспособление. Зачистку напильником следует производить вдоль пилы, а не поперек. Толщина пилы в месте спайки должна быть равной толщине всей пилы, либо, что несколько лучше, тоньше на 0,1—0,2 мм. После опиловки место спайки вальцуют, однако в меньшей степени, чем нормальные части пилы. Так как в большинстве случаев зона спайки имеет твердость ниже нор-

мальной, пиластavy во избежание быстрого затупления или отгиба зубьев, расположенных в зоне спайки, не подвергают их расклепыванию или разводке и даже несколько спиливают по высоте, уменьшая тем самым их участие в работе.

Более прочное соединение концов ленточной пилы осуществляется посредством стыковой электросварки. Предел прочности на разрыв зоны соединения концов ленточных пил, спаянных медно-цинковым припоем, составляет $77\text{--}85 \text{ кгс/мм}^2$, сваренных на стыковом электросварочном аппарате — $90\text{--}100 \text{ кгс/мм}^2$.

Стыковая электросварка ленточных пил происходит на специальных аппаратах АСЛП-1 (рис. 60) методом оплавления свариваемых контактных соединений с определенной степенью осадки. К аппарату (в комплекте с ним) прилагается специальное обрезное устройство (ножницы) и шлифовальный аппарат. Ножницы снабжены шкалой, которая облегчает разметку линии обреза с учетом шага зуба и величины припуска на осадку металла при сварке.

Осадка места стыка при сварке зависит от ширины и толщины свариваемых лент и колеблется в пределах $3\text{--}6 \text{ мм}$. После стыковой сварки и отпуска ленточной пилы необходимо зачистить шов от грата. Для этой цели служит специальное шлифовальное приспособление. Техническая характеристика электросварочного аппарата АСЛП-1: напряжение питающей сети 380 в , установленная мощность $19,4 \text{ квт}$, ширина соединяемых пил $30\text{--}175 \text{ мм}$, толщина пил $0,7\text{--}1,6 \text{ мм}$. После сварки концов ленты производят отпуск места сварки, что предусматривается специальным режимом нагрева при соответствующей регулировке аппарата. Время на подготовку, сварку, отпуск и зачистку шва составляет примерно 5 мин , что значительно производительней паяния.

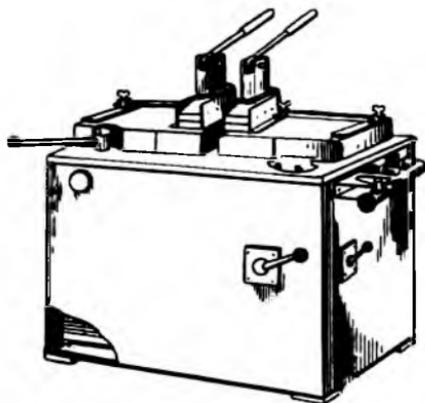


Рис. 60. Электросварочный стыковой аппарат для стыковой сварки ленточных пил АСЛП-1

Установка ленточных пил в станок

Работа ленточнопильного станка, качество распиловки и прочность самой ленточной пилы в значительной мере зависят от правильности движения натянутой на пильных шкивах пилы, ее обработки и состояния станка.

Правильная установка ленточной пилы определяется следующими моментами:

1. Ленточная пила должна быть так установлена на пильных шкивах, чтобы режущая кромка выступала за края ободьев пильных шкивов примерно на высоту зуба; такое положение пилы при ее движении не должно изменяться.

2. Натяжение ленточной пилы должно быть достаточное для устойчивости (жесткости) ее полотна в боковом направлении.

3. Направляющие приспособления должны быть точно пригнаны и отрегулированы по пиле.

Устойчивость движения ленточной пилы (с неизменным положением режущих кромок зубьев относительно краев обода шкивов) возможна, если в месте набегания угол между продольной осью ленты и осью вращения шкива будет прямым.

Так как на ленточную пилу действует в процессе распиловки горизонтальная составляющая силы резания, пила под воздействием этой силы изгибается. Этому способствует также свободная длина ленты между шкивами и сравнительно малая толщина ленты. В связи с этим возникает кинематическое несоответствие между направлением движения шкива и изогнутой лентой. Из-за этого лента сдвигается назад по шкиву.

Во избежание сдвига ленточной пилы в процессе распиловки верхнему углу придают уклон вперед на $\angle \mu = 10 \div 20'$ для создания кинематического соответствия направлений движения ленты и шкива. Необходимость в наклоне верхнего шкива возникает тем больше, чем большие значения приобретает горизонтальная составляющая силы резания, например, при форсированных подачах и большой высоте пропила или при распиловке затупленными пилами.

Для работоспособности и устойчивости ленточных пил имеет значение и их взаимодействие со шкивами, которое зависит от давления ленты на шкив. Симметрично вальцованная лента на плоских шкивах имеет меньшую площадь контакта, чем на выпуклых. Наибольшую площадь контакта имеет лента, вальцованная на конус, на выпуклых шкивах. Характер контакта вальцованной ленты на выпуклых шкивах более стабилен. Это сказывается на стабильности движения ленточной пилы в процессе распиловки.

Современные методы обработки (вальцевания) ленточных пил и наладки станков, заключающиеся в регулировке положения верхнего пильного шкива, дали возможность получить достаточную устойчивость пилы при относительно низких нагрузках на подшипники вала шкивов, вследствие чего удалось облегчить конструкцию станка и увеличить его производительность, не опасаясь сползания пилы со шкива. Вал (ось) верхнего пильного шкива современного делительного ленточного станка (рис. 61) легко изменяет положение в вертикальной и в горизонтальной плоскостях. Рукояткой 2 вал вместе со шкивом можно наклонять вперед или назад, рукояткой 3 разворачивать в боковом направлении. Уклон пильного верхнего

шкива вперед (на рабочего) предотвращает сползание пилы назад по шкиву. Этот уклон очень незначителен, обычно он равен примерно углу $\mu = 10 \div 15'$ ($\text{tg } \mu = 0,003 \div 0,0045$). Большой наклон верхнего шкива не рекомендуется, так как это приводит к сильному перенапряжению задней кромки пилы, особенно в том случае, когда она не вальцуется на конус. Если вслед-

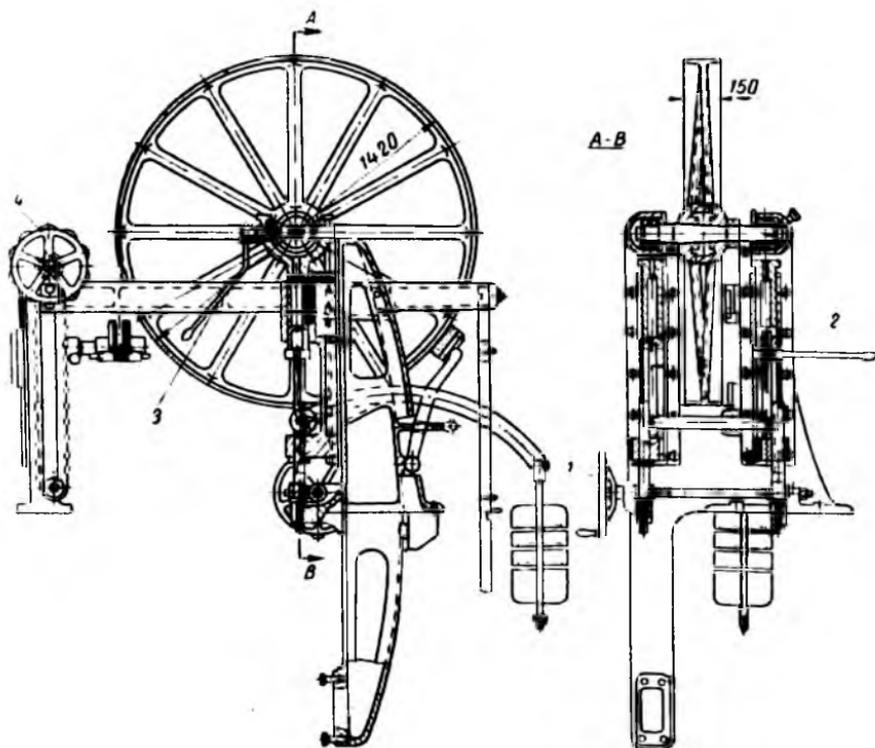


Рис. 61. Верхний пильный шкив ленточнопильного ребрового станка:

- 1 — маховичок для опускания шкива; 2 — рукоятка для наклона верхнего шкива; 3 — рукоятка для бокового разворота шкива; 4 — маховичок для регулирования положения направляющего устройства

ствие изменения состояния в процессе работы (боковой перекос ленты из-за несимметрии режущей силы, потери плоской формы из-за удлинения режущей кромки при затуплении или нагреве) лента получила боковой перекос и сдвинулась со шкива, восстановить ее нормальное положение на шкивах можно также незначительным боковым разворотом верхнего шкива (рукояткой 3). При боковом развороте верхнего шкива рабочей ветвью во внешнюю сторону пила стремится сдвинуться со шкивов вперед, компенсируя тем самым силы, сдвигающие ленту назад.

Боковой разворот верхнего пильного шкива применяется в том случае, когда пила отклоняется в сторону (работает

«в отвал») в результате несимметричного воздействия на нее поперечных составляющих сил резания.

Если пила хорошо и правильно провальцована и условия распиловки нормальные, необходимость в сколько-нибудь значительной регулировке положения верхнего шкива отпадает, так как пила в таком случае движется нормально.

При движении ленты по шкивам возможно периодическое смещение ее по ширине обода шкива при наличии в ней местных дефектов: неправильной спайки полотна, неравномерной вальцовки отдельных его мест и пр. Устранение периодического смещения пилы по шкивам возможно путем исправления дефекта в самой пиле. Смещение пилы по шкивам в процессе работы ни в коем случае не должно допускаться. Пила должна перемещаться, не изменяя своего положения относительно ободьев шкивов, как это было указано выше. Если в процессе работы ленточная пила смещается так, что зубья ее заходят на ободья шкивов, уменьшается развод зубьев или режущая кромка плющенных зубьев с внутренней стороны пилы, что приводит к отклонению ее в пропиле (во внешнюю сторону), т. е. к дефектам распиловки. Кроме того, при набегании на ободья шкивов зубьев пилы происходит сильный их износ, вследствие чего при нормальном положении нарушается правильность натяжения режущей кромки. При периодическом смещении ленточной пилы падает производительность распиловки, так как зубья неравномерно участвуют в резании.

Удержание узкой ленточной пилы на шкивах столярных ленточнопильных станков не представляет особых трудностей (возможное смещение ленты в данном случае менее опасно).

Натяжение ленточной пилы должно обеспечивать достаточную жесткость и нормальное движение пилы на шкивах. Чрезмерно сильное натяжение пилы вызывает быстрый износ ленточнопильного станка и разрыв пилы, слабое натяжение — соскальзывание пилы со шкивов в процессе резания. Среднее напряжение нормально натянутой ребровой ленточной пилы равняется примерно $\sigma_{cp} = 5 \div 6 \text{ кгс/мм}^2$, столярной узкой ленточной пилы $\sigma_{cp} = 3 \div 4 \text{ кгс/мм}^2$.

В большинстве ребровых ленточнопильных станков пилу натягивают подъемом верхнего шкива посредством груза через систему рычагов.

Рычажное (грузовое или пружинное) устройство для натяжения пилы служит и компенсатором удлинения ее вследствие нагревания.

Установка ленточной пилы в станок состоит в следующем. Перед надеванием ее на шкивы снимают задний предохранительный ролик, затем при опущенном верхнем шкиве с задней стороны надевают пилу на оба шкива так, чтобы зубья ее выступали за края ободьев, после чего поднимают маховичком верхний шкив и тем самым включают в действие груз, натя-

двигающийся пилу. При остановках станка более чем на час верхний шкив необходимо опустить маховичком 1 (см. рис. 61), чтобы пила не находилась под натяжением.

Для предохранения ленточной пилы от изгиба вбок применяются специальные боковые направляющие устройства (рис. 62). Как было изложено выше, изгиб (перекручивание) ленты вбок, изменяя направление ее набега на ведущий шкив, приводит к сползанию ленты назад. Направляющие

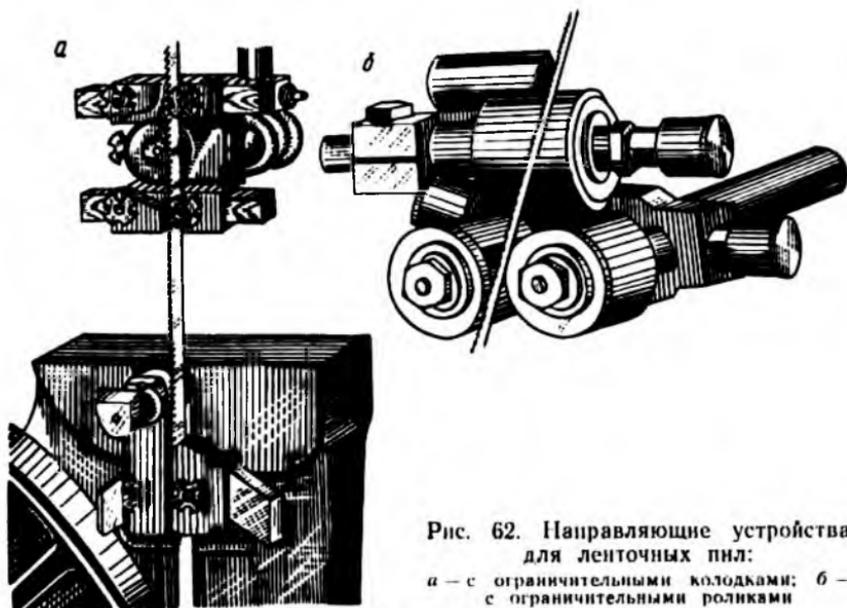


Рис. 62. Направляющие устройства для ленточных пил:
а — с ограничительными колодками; б — с ограничительными роликами

устройства предохраняют ленту от изгиба в боковом направлении и тем самым предотвращают сползание ее со шкива.

Боковые направляющие устройства гасят резонансные колебания ленты. В результате совпадения собственных и вынужденных колебаний амплитуда их может увеличиться в 3—6 раз. Последнее обстоятельство отрицательно сказывается на качестве распиловки. Соприкасаясь в процессе движения с боковыми направляющими, резонансные колебания ленты затухают.

Нижние боковые направляющие устанавливают стационарно под столом станка, верхние могут переставляться в зависимости от высоты распиливаемого материала; их устанавливают возможно ближе к распиливаемому материалу и к режущей кромке пилы (до линии впадин зубьев). Боковые направляющие в виде колодок из ДСП, текстолита (рис. 62, а) или упорных роликов (рис. 62, б) должны быть установлены так, чтобы между ними и пилой было незначительное расстояние (зазор 0,1—0,15 мм) для предотвращения трения.

Помимо боковых направляющих, имеется задний ролик, который предохраняет пилу от сползания со шкивов в случае ненормальной работы. При нормальной работе пила не должна прикасаться к предохранительному заднему ролику.

Интересным предложением ЦНИИМОД являются бесконтактные аэростатические направляющие. Они состоят из двух пар одинаковых нагнетательных аппаратов, установленных по обеим сторонам (попарно) полотна ленточной пилы. Через лицевые плоскости аппаратов по узким щелям нагнетается воздух под давлением 3—4 кгс/см², образующий двусторонние воздушные подушки между ними и движущимся полотном. Применение аэростатических направляющих согласно исследованиям ЦНИИМОД повышает качество распиловки и снижает нагрев пил.

Глава VII

УХОД ЗА ЗУБЬЯМИ ПИЛ

Заточка и штампование зубьев пил

Производительность и правильность распиловки в значительной мере зависит от тщательного ухода за зубьями пилы: правильной их заточки, разводки или расплющивания. Правильная заточка должна удовлетворять следующим требованиям:

1. Профиль зуба должен оставаться неизменным после каждой заточки пилы (у круглых пил профиль зуба после заточки должен оставаться подобным первоначальному).

2. Зубья пилы должны быть остро заточены.

3. Ни в коем случае не следует допускать при заточке зубьев заворотов режущей кромки, крупных заусенцев и засинения вершин зубьев.

4. Режущие кромки после заточки должны находиться в правильном положении по отношению к средней плоскости полотна.

5. Все зубья после заточки должны находиться на одинаковом расстоянии друг от друга и в то же время вершины зубьев у рамных и ленточных пил должны быть на одной прямой, а у круглых пил — на одном и том же расстоянии от центра, т. е. на одной окружности.

Перед описанием способов заточки зубьев следует определить характер их затупления.

Затупление зубьев пил. Степень и характер затупления зависят от качества заточки зубьев, условий распиловки, качества стали пилы и прочих факторов. При нормальных условиях затупление зубьев заключается, как уже было рассмотрено выше, в истирании металла режущих частей: вершины и боковых граней (рис. 63). Вершина зуба закругляется примерно по параболической кривой; закругляются также боковые трехгранные

углы, причем внешний трехгранный угол разведенного зуба затупляется сильнее внутреннего.

Остроту и затупляемость режущего инструмента на производстве определяют на глаз по бликам света, отражающегося от затупившихся участков вершины зубьев.

Зубья пилы, имеющие заусенцы, завороты вершин и прочие дефекты заточки в процессе работы подвергаются значительному излому, режущие их грани частично выкрошиваются, что при последующем истирании приводит к большему затуплению. На затупление зуба особенно сильно влияет присутствие в древесине песка (в неокоренных бревнах с илом или песком), а также клея (при обрезании фанеры или выклеяных деталей).

Способы заточки зубьев. Как было отмечено, основным условием заточки зуба является сохранение его профиля неизменным. Ниже рассмотрены в соответствии с этим способы заточки зубьев различных профилей.

Заточка зуба с прямой задней гранью может производиться посредством сошлифовывания части металла с передней его грани (рис. 64, а) путем снятия отмеченной на рисунке полоски, либо по задней грани (рис. 64, б), либо по передней и задней граням (рис. 64, в). Последний способ, как весьма производительный и рациональный, является наиболее приемлемым и распространенным. Обработка одной передней грани зуба является чрезвычайно экономичной в отношении расхода пилы, но требует более длительного времени на заточку, так как за каждый проход можно снимать лишь определенный слой металла (0,02—0,05 мм). Кроме того, такой способ заточки неизбежно приводит к искажению профиля шлифовального круга, результатом чего являются искажение профиля зуба (уменьшение переднего угла), образование заворотов на вершине зубьев и прочие дефекты. Поэтому считается обязательным точить обе грани зуба соответственно степени их затупления, причем последним проходом обычно снимается только незначительная стружка с задней грани зуба для подчистки заусенцев и прочих дефектов заточки.

Заточка зубьев пил с пластинками из твердого сплава с припайкой их по передней грани производится только по задней грани (рис. 64, г) с последующим формированием впадины зуба.

Заточка зубьев, имеющих подрез задней грани (рис. 64, д), требует специального формирования впадины, для чего профиль

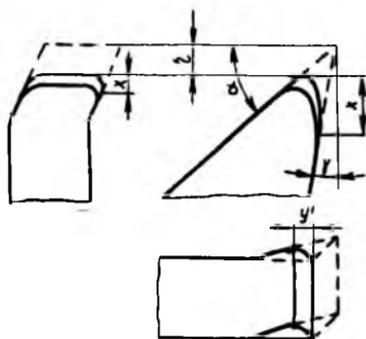


Рис. 63. Вид затупления зуба пилы

шлифовального круга должен путем периодической правки поддерживаться одинаковым, соответствующим профилю впадины. Нижняя часть задней грани шлифованию не подвергается и при углублении впадины должна образовываться по линии, являющейся ее продолжением. Из рисунка видно, что от углубления впадины и заточки передней грани зуб становится уже и слабее, от заточки же верхней части задней грани он приобретает прежние размеры. Передняя грань затачивается для за-

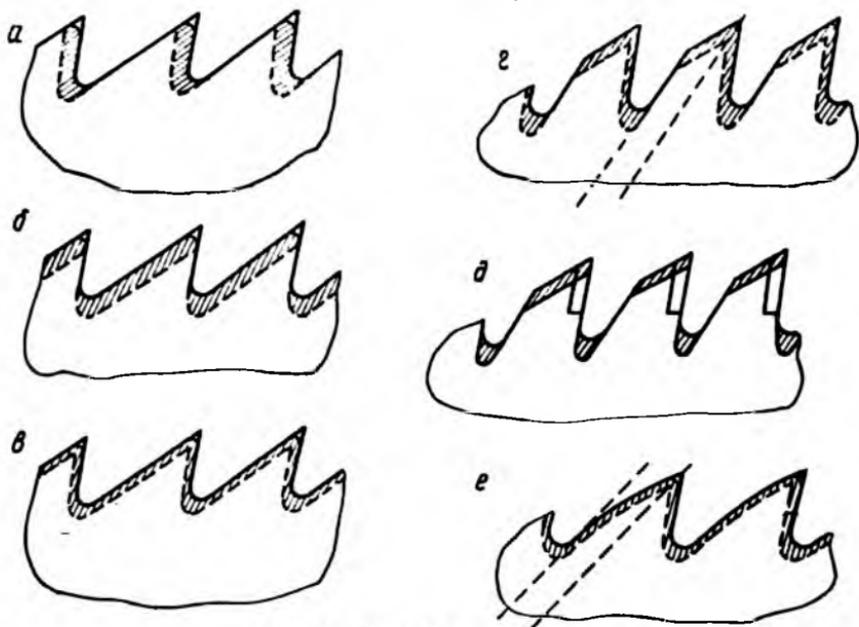


Рис. 64. Способы заточки зубьев

острения зуба, а верхняя часть задней — и для сохранения размеров и прочности зуба. Такая заточка вызывает бóльший расход материала пилы по сравнению с заточкой зуба с прямой задней гранью и значительно труднее.

Рассматривая способ заточки зубьев с выпуклой задней гранью (рис. 64, e) можно установить, что при неизменном сохранении профиля зуба вершина его перемещается по линии, параллельной касательной к задней грани зуба в самом крутом ее месте.

Качество заточки зубьев. В результате заточки шлифовальными кругами нельзя получить идеальную остроту зуба. Процесс заточки шлифовальным кругом представляет собой снятие отдельными зернами мельчайших частиц металла. При этом шлифовальный круг своими шлифующими зернами давит на зуб пилы. Эти нормальные составляющие усилий шлифования в момент заточки кругом вершины зуба либо отгибают режу-

щую кромку (заворачивают вершину), если металл пилы мягок, либо обламывают ее, если металл тверд. Степень обламывания или загиба зависит от нормального давления, действующего при шлифовании на вершину зуба, а также от величины угла заострения и качества металла. Иными словами, чем меньше величина снимаемого слоя металла и чем тверже металл, тем острее зуб. Если за один проход снимать шлифовальным кругом слой толще нормального, на вершине зуба получаются значительные заусенцы и завороты.

Так как при шлифовании с сильным нажимом шлифовального круга на пилу нагревается металл, наряду с образованием заусенцев и заворотов вершины зубьев получается, как было указано ранее, отпуск или вторичная закалка с отпуском подслоя (в зависимости от степени нагрева части зуба), что обычно сопровождается синим цветом побежалости (засинением зуба).

Заусенцы образуются не только со стороны режущей, но и со стороны боковых граней при выходе шлифовального круга по направлению его вращения. При снятии, особенно небрежном, таких заусенцев возможна поломка трехгранных углов зубьев еще до введения пилы в работу.

Форсированная заточка граней шлифовальным кругом (с зернистостью 36) приводит к неровной бороздчатой поверхности граней 3—4-го классов чистоты, что увеличивает коэффициент трения и вызывает аварийный износ лезвий. Повышение качества поверхности граней зубьев рамной пилы путем их отшлифовывания с доведением чистоты рабочих поверхностей до 8-го класса увеличивает износоустойчивость в 1,5—2 раза.

Весьма перспективным способом улучшения качества подготовки зубьев (до 8-го класса чистоты) является доводка их графитизированными корундовыми кругами на пилоточных автоматах с охлаждением эмульсией.

В последнее время появился новый абразивный материал — борозна (или эльбор), представляющий собой зерна кубического нитрида бора. При заточке — доводке зубьев пил кругами из борозна БО зернистостью 8—10 обеспечивается 8—9-й классы чистоты поверхности заточки. Круги из борозна, обладая высокой режущей способностью, позволяют получать высококачественную обработку без прижогов поверхностного слоя.

Производительная и высококачественная заточка зубьев пил с твердосплавными пластинками достигается алмазными кругами с зернистостью АС16. Доводку после заточки осуществляют на алмазном круге зернистостью АС4. В результате заточки и доводки твердосплавных пил чистота поверхности режущих граней должна быть не ниже 9—10-го классов (ГОСТ 2789 — 45), острота режущего лезвия $\rho = 4 \div 8$ мк.

Режимы заточки и доводки зубьев пил в зависимости от вида шлифовальных кругов и материала инструмента следующие:

шлифовальными кругами из борозна стальных пил:
скорость резания 30—35 м/сек; продольная подача 1—3 м/мин;
поперечная подача 0,01—0,02 мм/ход;

алмазными кругами пил с пластинками из твердого сплава:
заточка — скорость резания 20—30 м/сек; скорость продольной подачи 1—2 м/мин; поперечной подачи 0,01—0,02 мм/ход;
доводка — скорость резания 30—40 м/сек; скорость продольной подачи 0,5—1 м/мин; поперечной подачи 0,005—0,01 мм/ход.

Положение режущих кромок зубьев после заточки. При заточке разведенных зубьев положение кромок право- и лево-согнутых зубьев должно быть симметрично относительно средней плоскости пилы. При заточке расплюснутых зубьев положение режущих кромок должно быть строго перпендикулярно плоскости пилы. Ни в коем случае не допустимо несимметричное расположение кромок, так как это приводит к нарушению симметрии режущей кромки пилы, а следовательно, и к дефектам распиловки (зарезам). Несимметричное расположение кромок может произойти в следующих случаях: пила неправильно прижимается к упорному столу пилоточного автомата (косо), стол автомата сместился, косо и нецентрально по пиле установлен шлифовальный круг, пила заточена с неравномерным разводом зубьев.

При заточке зубьев пилы шлифовальный круг должен быть установлен так, чтобы плоскость его была перпендикулярна плоскости пилы и центр его при положении фаски на вершине зуба совпадал со средней плоскостью пилы. Если указанное требование не соблюдено, заточка режущих граней происходит несимметрично, что приводит к дефектам распиловки — «пилы тянут в сторону».

Следует строго следить за положением шлифовального круга, выверяя его по пиле.

Сохранение положения вершин зубьев на одной прямой для рамных и ленточных пил и на одной окружности для круглых, а также равенство шагов всех зубьев имеют большое значение для равномерного участия всех зубьев в работе. В противном случае наибольшую нагрузку будет нести наиболее выступающие зубья с большим шагом, вследствие чего будет происходить их перегрузка, что приведет к уменьшению производительности и ухудшению качества распиловки.

Допустимые отклонения в размерах шагов зубьев в одной и той же заточенной пиле, а также отклонение линии вершин зубьев от прямой линии для рамных и ленточных и от окружности для круглых пил не должны превышать $\pm 0,2$ мм.

Точность размеров зубьев пил должна проверяться специальными шаблонами и мерительными приборами.

Принципы автоматической заточки зубьев пил. Наиболее совершенными точильными станками для заточки зубьев пил являются пилоточные автоматы. Заточка зубьев пилы на автома-

тах происходит легким и равномерным касанием вращающегося шлифовального круга соответствующих граней зубьев, что достигается правильным сочетанием перемещений шлифовального круга и зуба пилы.

Перемещение зуба осуществляется подающей собачкой, упирающейся в переднюю грань зуба при движении вперед. Собачка имеет качательные движения с определенной амплитудой перемещений. При обратном (холостом) движении собачка легко проскакивает через зуб, оставляя пилу неподвижной. Таким образом, движение пилы в автомате осуществляется периодически.

Зуб с прямой задней гранью затачивается при следующем сочетании движений шлифовального круга и зуба пилы (рис. 65). Передняя грань зуба затачивается опускающимся шлифовальным кругом при неподвижной пиле; при подъеме шлифовального круга происходит перемещение зуба вперед, т. е. собачка при рабочем движении перемещает зуб, упираясь в его переднюю грань с такой скоростью, чтобы поднимающийся шлифовальный круг равномерно прикасался фаской к задней грани зуба. Далее собачка, переместив зуб на величину его шага, возвращается в исходное положение, в то время как шлифовальный круг, опускаясь, затачивает переднюю грань зуба. Для заточки задней грани зуба другого профиля необходим иной характер соотношений перемещения шлифовального круга и пилы.

По конструктивному оформлению механизмов пилоточные автоматы можно разделить на две системы: по принципу устройства шлифовальной головки и по способу приведения в периодическое движение пилы и шлифовального круга, определяющему принципы регулировки автомата.

По принципу устройства шлифовальной головки автоматы делятся на два вида:

- со скользящей шлифовальной головкой — суппортные;
- с качающейся шлифовальной головкой — рычажные.

Суппортные автоматы более мощные и обеспечивают плавную работу шлифовального круга, однако они требуют тща-

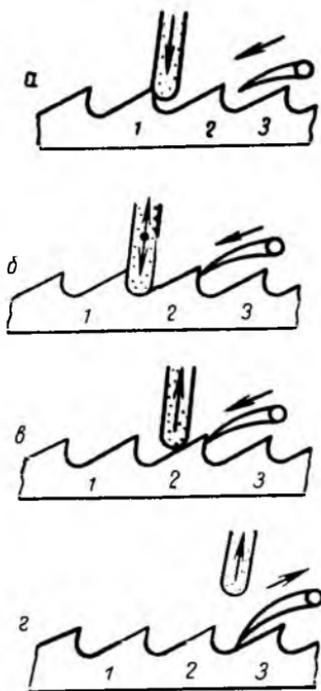


Рис. 65. Последовательное положение шлифовального круга и зуба при заточке пил на автомате:

a — пила неподвижна, круг опускается; *б* — пила начинает двигаться, круг поднимается; *в* — заканчивается совместное движение круга и пилы; *г* — круг поднимается, пила неподвижна

тельного ухода и ремонта. Рычажные автоматы проще по конструкции и требуют менее тщательного ремонта, но более подвержены сотрясениям при вращении шлифовального круга.

По способу приведения шлифовального круга в периодическое движение пилоточные автоматы делятся на следующие виды:

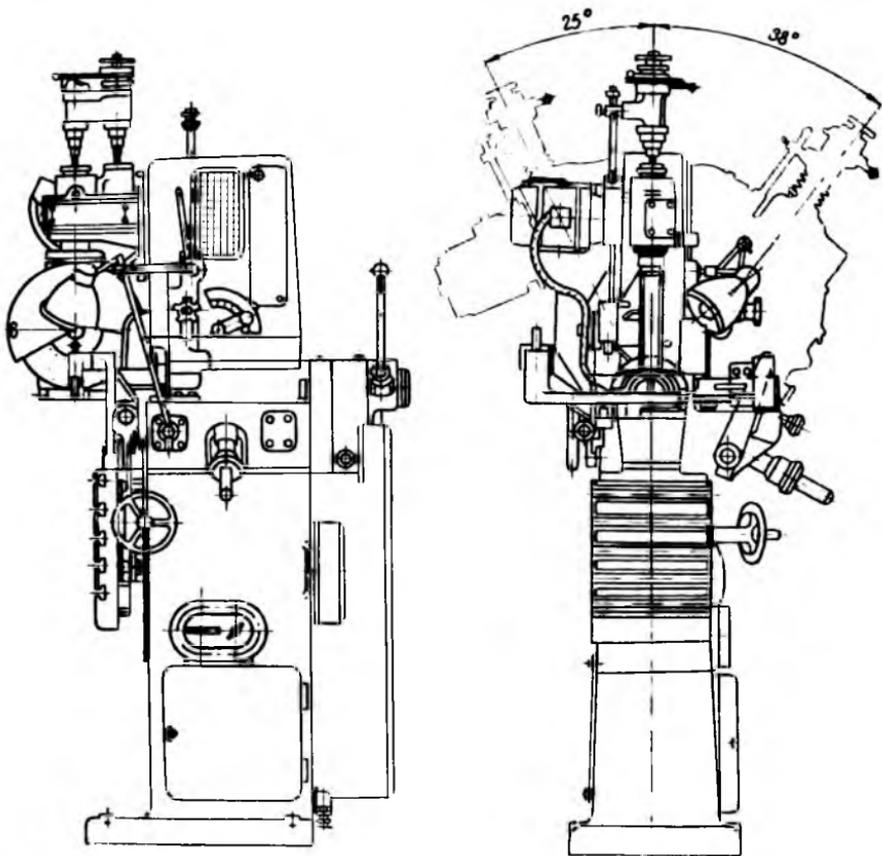


Рис. 66. Пилоточный автомат Т4ПА-3

- с постоянными эксцентриками;
- со сменными фасонными кулачками;
- с копирами — шаблонами.

В отечественной практике в основном распространены суппортные пилоточные автоматы с постоянными эксцентриками или фасонными кулачками.

Дисковые пилы затачивают на полуавтомате Т4ПА-3 (рис. 66), приспособленном для прямой и косой заточки. Совершенствование пилоточных автоматов привело к созданию

новой модели — ТчПР с механогидравлическим управлением. Отличительными ее особенностями являются: подача пилы не посредством толкания собачкой ее зуба, а вследствие перемещения зубчатой рейки, шаг которой соответствует шагу зуба; наличие гидравлического устройства, обеспечивающего определенную толщину снимаемого слоя металла зуба за один проход пилы; автоматический возврат пилы для последующего ее прохода и остановка автомата после заточки пилы при заданном количестве проходов.

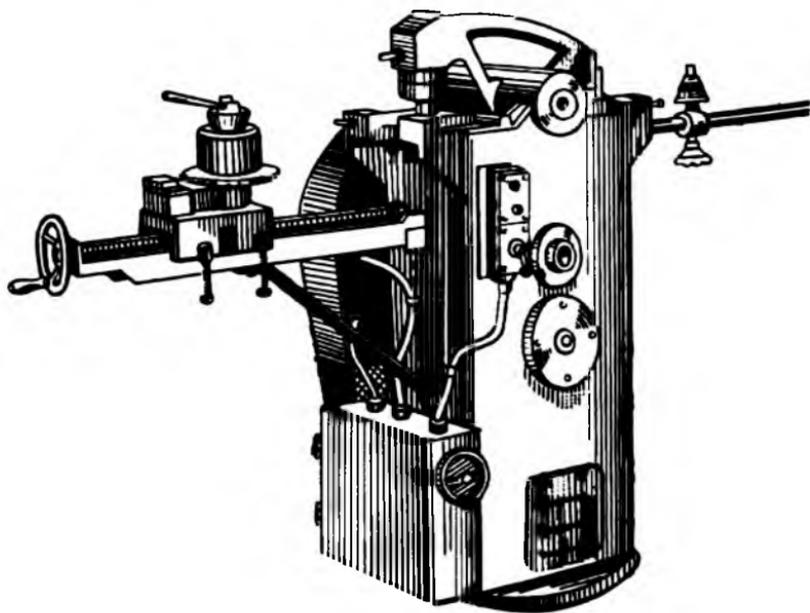


Рис. 67. Штамп-ножницы ПШП-3

Зубчато-реечное устройство для подачи пилы обеспечивает большую точность перемещения зуба на величину шага. В зависимости от шага зуба сменные зубчатые рейки имеют различные параметры. Гидравлическое устройство, автоматически регулирующее работу автомата, облегчает его обслуживание.

Гидрофицированным является и автомат ТчПТ для заточки дисковых пил с пластинками из твердых сплавов. Заточка твердосплавных зубьев производится и на универсальном заточном станке ЗА64М.

Для заточки ленточных пил применяют следующие заточные автоматы: ТчЛ6 — для столярных ленточных пил; ТчЛ18 — для делительных ленточных пил. Автомат ТчЛ6 имеет механизм для автоматического развода зубьев узких пил. Указанные заточные автоматы выпускает Кировский станкостроительный завод.

Штампование зубьев. В результате излома зубьев при распиловке бревен с гвоздями и другими металлическими предметами требуется насечка новых зубьев. Она производится на специальных штампах (прессах). Штампы бывают винтовые и рычажные. Одни штампы (двусторонние) представляют комбинацию из ножниц и пресса, другие (односторонние) могут выполнять функцию ножниц; вторая конструкция, конечно, менее удобна. Более совершенные конструкции штампов имеют механический привод.

Штампы имеют легкосменяющиеся пуансоны и матрицы. Пуансон и матрица должны быть точно пригнаны друг к другу и иметь правильную форму. В противном случае легко может произойти деформация полотна пилы (трещины, смятие, выпучивание и пр.).

Штамповать зубья надо не на полную их форму, а так, чтобы выштампованный контур отстоял от окончательной формы зуба на 1—1,5 мм. Окончательная форма зубьев достигается заточкой их на автомате. Это делается для того, чтобы сточить слой металла с трещинами и прочими дефектами, образовавшимися при штамповании.

Рамные пилы следует устанавливать на направляющей площадке в определенном положении по отношению к штампу. На рис. 67 приведена современная конструкция приводного штампа ножниц ПШП производства Кировского станкостроительного завода. Штамп и ножницы приводятся в движение от специального электропривода. Станок может работать с непрерывными и одиночными ходами. Он оснащен делительным механизмом для штамповки зубьев круглых пил, позволяющим производить насечку зубьев с различным шагом без предварительной разметки.

Развод зубьев пил

Для свободного движения пилы в пропиле, без защемления и трения о боковые поверхности пропила производится развод или плющение зубьев. При разводе зубьев должны быть выполнены следующие требования:

отгибать зуб в сторону не у основания его, а в верхней части, причем граница изгиба каждого зуба в сторону должна располагаться на одной и той же высоте от впадины зуба;

разводить зубья одинаково на каждую сторону;

разводить зубья на определенную величину в зависимости от условий распиловки и конструкции пилы.

Варианты развода зубьев. Ниже рассмотрены наиболее употребительные и рациональные варианты ручного развода: прямой и с разворотом.

Прямой развод наиболее распространен и заключается в отгибе верхней части зуба (на $\frac{1}{3} \div \frac{1}{2} h$ от вершины зуба) в направлении, перпендикулярном плоскости пилы (рис. 68, а).

Развод зуба с разворотом заключается в отгибе в сторону и в одновременном поворачивании его верхней части так, что передняя грань разворачивается в сторону отгиба, а задняя грань в обратную (рис. 68, б). Последний вариант обеспечивает большую устойчивость зуба в работе и лучшее качество распила.

Развод зубьев производится таким образом, что нечетные зубья (по порядку номеров) отгибаются в одну сторону, а четные — в другую.

При разводе зубьев важно обеспечить не только равенство отгибания каждого зуба, но и одинаковый характер изгиба, т. е. необходимо, чтобы положение передней режущей кромки и боковых граней с обеих сторон зуба было симметричным. Это может быть в том случае, если величина отгиба в сторону для всех зубьев одинакова и граница изгиба для каждого из них располагается на одной и той же высоте от впадины.

Отгибать зуб с основания не рекомендуется из следующих соображений: во-первых, при таком отгибе выпучиваются и вытягиваются соседние с зубом места, что приводит к растяжению передней кромки и, следовательно, к меньшей жесткости ее в работе; во-вторых, такой отгиб требует больших усилий и, следовательно, более труден в случае ручной разводки.

Нормы развода зубьев. Оптимальная величина развода зубьев зависит от технологических и физических свойств распиливаемой древесины, вида пилы, величины подачи и прочих факторов. Практика и специальные исследования устанавливают следующую зависимость: чем тверже древесина, тем меньше может быть развод зубьев (это относится также и к древесине промерзшей). Для мягкой, волокнистой и влажной древесины развод должен быть больше. Объяснить это можно тем, что при распиловке древесины волокна ее на боковых поверхностях пропила, обладая некоторой упругостью, как бы разбухают (упругое восстановление древесины), причем тем больше, чем волокнистее и мягче древесина, вследствие чего во избежание трения о пилу и нагревания последней приходится увеличивать развод зубьев (табл. 36).

На степень упругого восстановления древесины при распиловке влияет толщина стружки, приходящаяся на зуб, и степень его затупления. Поэтому при мелкозубых пилах и малых скоростях подачи возможен меньший развод.

Нельзя допускать развода зубьев на величину, большую толщины пилы, так как в этом случае ухудшаются условия реза-

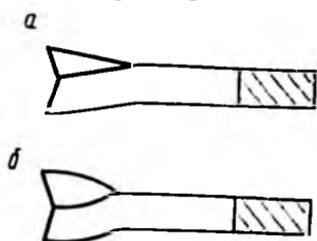


Рис. 68. Варианты развода зубьев:
а — прямой развод; б — развод с разворотом

Величины развода зубьев пил на одну сторону

Пилы	Хвойные породы (сосна, ель) с абсолютной влажностью			Твердые породы (дуб, бук и пр.)
	до 30% (в любое время года)	свыше 30% (зимой)	свыше 30% (летом)	
Рамные	0,60—0,70	0,60—0,70	0,70—0,80	0,45—0,60
Круглые:				
обрезные	0,55—0,65	0,55—0,65	0,65—0,75	0,40—0,50
ребровые *	0,60—0,70	0,60—0,70	0,70—0,80	0,40—0,55
реечные	0,50—0,60	0,50—0,60	0,60—0,70	0,40—0,50
торцовые	0,40—0,50	0,40—0,50	0,45—0,55	0,35—0,45
Узкие ленточные	0,20—0,30	—	—	0,15—0,25

* Конические односторонние пилы для ребровых круглопильных станков при распиловке хвойных пиломатериалов с влажностью до 20% требуют развода зубьев 0,4 мм на плоскую сторону диска и 0,1—0,3 мм и более на коническую сторону в зависимости от толщины доски (10—25 мм).

ния, увеличивается сопротивление резанию и понижается стойкость пилы и развода зубьев, в результате чего распиловка происходит с дефектами (нечистый распил, ребра и пр.).

Приемы развода зубьев пил. Развод зубьев может происходить либо ручным, либо механическим способом на специальных автоматах. В зависимости от конструкции приспособлений развод зубьев производится статическим или динамическим способом (ударами). Самый распространенный, но в то же время наиболее примитивный способ заключается в отгибе зуба при помощи ручных разводок с проверкой специальным контрольным шаблоном. Ручные разводки имеют много разновидностей; одна из них (ПИ-39) изображена на рис. 69. Ширина прорезки разводки должна быть немного больше толщины пилы. Поэтому в соответствии с различной толщиной пил разводки обычно имеют несколько прорезей разных размеров по ширине. Разводку надо накладывать так, чтобы не повредить режущих граней.

При ручной разводке пилу зажимают в специальные деревянные или металлические тиски. Рамные пилы зажимают в щечках посредством эксцентриков, действующих от ножных педалей. В результате нажима на правую педаль эксцентрики посредством тяг и рычагов зажимают пилу в губках. Разжимание губок осуществляется посредством левой педали. Данная конструкция тисков обеспечивает быструю смену и зажим пил.

После каждого отгиба положение зуба проверяют контрольным шаблоном (рис. 70, а), приставляемым сбоку пилы. Выверочный шаблон имеет опорные части и контрольную грань. Расстояние между плоскостью, проходящей через опорные

части, и контрольной гранью должно быть равно величине развода на одну сторону. При правильном разводе контрольный шаблон, плотно приставленный к плоскости пилы, должен точно соприкасаться верхней контрольной гранью с кончиком зуба (впритирку). Ни в коем случае нельзя проверять развод зубьев «в зацепку». Отклонение в величине развода отдельных зубьев пилы не должно превосходить $\pm 0,05$ мм.

Вследствие того, что рабочая грань выверочного шаблона быстро изнашивается, шаблоны надо периодически проверять по контрольной плитке.

Помимо рабочего контрольного шаблона, в распоряжении пилоставной мастерской для точного контроля развода зубьев

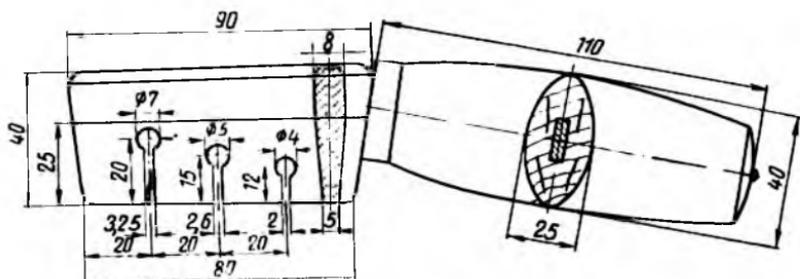


Рис. 69. Ручная разводка ПИ-39

должны быть специальные измерительные приборы. На рис. 70, б приведен измерительный прибор с чувствительным рычагом. Более точное определение величины развода — до $0,01$ мм — обеспечивает контрольный шаблон с индикатором.

Ручной развод зубьев очень кропотлив и длителен.

Точность развода зубьев пил, особенно дисковых, оказывает существенное влияние на чистоту поверхности распиловки древесины (см. табл. 25). В то же время повышенные требования к точности развода требуют высокой квалификации пилоправа и увеличивают трудоемкость развода и контроля его. Ниже приведены ориентировочные показатели точности развода зубьев в зависимости от состояния инструментального дела.

Состояние инструментального дела	посредственное	хорошее	отличное
Точность развода зубьев, мм	$\pm 0,1$	$\pm 0,05$	$\pm 0,02$

Имеются многочисленные конструкции механических разводов и автоматов. При хорошем качестве пил расхождение в величине автоматического развода отдельных зубьев находится в допусковых пределах.

Современные зарубежные автоматы для развода зубьев (фирмы Фольмер, ФРГ) имеют ощупывающее устройство,

которое контролирует величину отгиба зуба. Если развод не соответствует определенной величине, электронное устройство дает команду на повторный развод или переразвод. Благодаря контрольному устройству точность развода зубьев достигает $\pm 0,02 \pm 0,05$ мм.

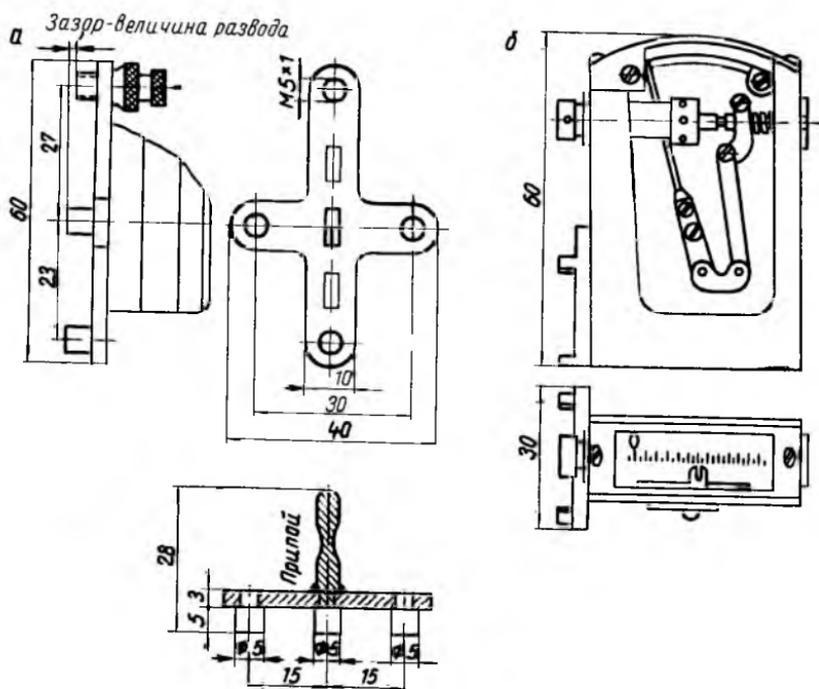


Рис. 70. Шаблоны и контрольный прибор для проверки развода зубьев:
 а — рабочий шаблон; б — контрольный шаблон с чувствительным рычагом

Отечественный полуавтомат РаП8 для развода зубьев круглых пил (Кировского станкостроительного завода) обеспечивает точность развода $\pm 0,05$ мм благодаря переразводу (с последующим отгибом зуба в обратном направлении).

Плющение и формирование зубьев пил

Плющение зубьев заключается в увеличении ширины режущей кромки с целью получения ширины распила большей, чем толщина полотна пилы, для свободного движения ее в пропиле. Плющение имеет по сравнению с разводом ряд преимуществ.

По данным ЦНИИМОД и БЛТИ (проф. А. Л. Бершадского), при рамных пилах с плющенными зубьями (по сравнению с пилами с разведенными зубьями) величина подачи может быть увеличена на 30—50%, толщина пил и ширина пропила — сни-

жена на 10%. Расход пил и шлифовальных кругов тоже значительно снижается. В связи с этим многие отечественные лесопильные заводы перешли на плющение зубьев рамных пил. Для тонких делительных ленточных пил также применяется плющение зубьев.

Ручное плющение и формирование зубьев более трудоемко, чем развод. В американской практике для облегчения труда и увеличения производительности применяют плющилки с пневматическим устройством.

Массовый переход отечественных лесопильных заводов на плющение зубьев рамных пил выдвинул проблему автоматизации плющения. Наряду с автоматическими станками ПХФ для холодного плющения и формирования предложены автоматы ПГ для горячего плющения зубьев в поле токов высокой частоты. В результате творческой инициативы производителей и научных работников проблема автоматизации плющения зубьев пил решена.

Ниже излагаются основные принципы ручного и автоматического плющения и формирования.

Ручное плющение производится посредством специальных плющилок с последующим выправлением зуба формовками. Плющение и формирование включает следующие операции: плющение; снятие заусенцев; формирование зубьев с боков; окончательную заточку. Плющение зубьев производится плющилками разных размеров — в соответствии с толщиной пилы.

Для облегчения правильного формирования необходимо защищать образовавшиеся при плющении заусенцы; это можно выполнить, пропустив пилу один раз через пилоточный автомат, либо пройдя по вершинам зубьев от руки стругом. Вследствие того что после плющения форма «лопаточки» зубьев (расплющенной части) не всегда бывает правильной, производится их обжим с боков специальными формовками или боковое фугование посредством шлифовального приспособления.

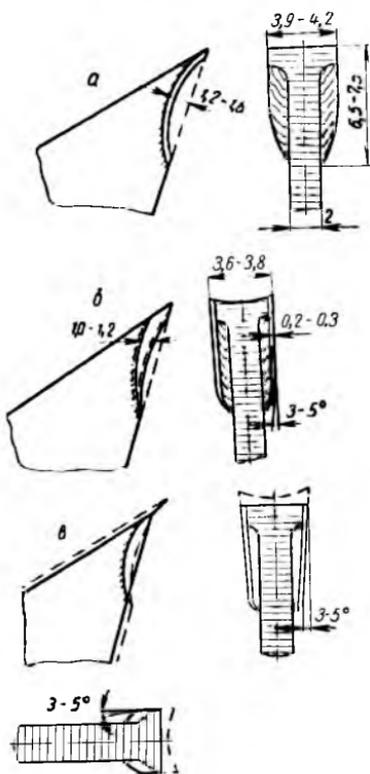


Рис. 71. Последовательные стадии плющения и формирования зубьев: а — после плющения; б — после формирования; в — после заточки

Последней операцией является окончательная заточка зубьев на пилоточном автомате.

На рис. 71 показана последовательность образования плющенного зуба.

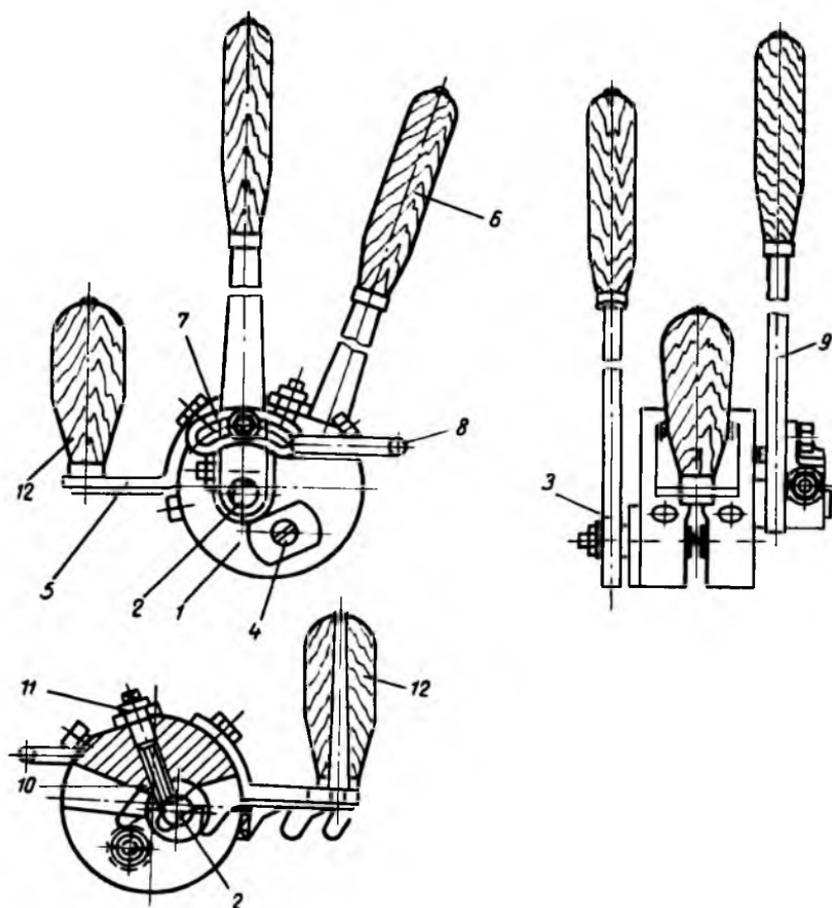


Рис. 72. Ручная плющилка ПРЦ-3:

1 — корпус; 2 — плющильный валик; 3 — зажимной винт; 4 — упорный винт; 5 — упор-планка; 6 — рукоятка зажимного винта; 7 — сектор к плющильному валичку; 8 — задний ограничитель; 9 — рукоятка плющильного валичка; 10 — наковаленка; 11 — нажимной винт наковаленки; 12 — рукоятка упорной планки

Не рекомендуется расплющивать зуб совершенно новой пилы на полную величину за один прием. Зубья новых пил следует расплющивать в два или три приема во избежание возникновения трещин на режущей части; особенно это относится к пилам из твердой стали. Если пила нуждается только в возобновлении плющения после трех-четырех заточек зубьев (в зави-

симости от величины первоначального плющения), то оно может осуществляться в один прием. Оптимальная величина плющения на одну сторону обычно составляет в среднем 0,6—0,8 мм в зависимости от толщины пилы и технологических свойств распиливаемой древесины.

На рис. 72 показана плющилка ПРЦ-3. Верхняя часть зуба со стороны задней грани имеет прочную опору в виде наковаленки 10. Вращением валика 2 (по стрелке) производится расплющивание вершины зуба. Так как отгиб зуба исключен из-за препятствия со стороны наковаленки, часть выжатого металла со стороны передней грани раздается в боковые стороны. Валик 2 плющилки с рабочей стороны профилирован по кривой (архимедова спираль) с величиной ее падения 1,6 мм в пределах центрального угла, равного 90°. Размеры валика зависят от толщины пилы, подвергающейся плющению; так, для делительных ленточных пил наибольший диаметр валика равен 7—9 мм, для рамных и круглых — 11—14 мм.

Существуют разнообразные конструкции плющилок, разница между которыми заключается в форме и некоторых деталях, но все они работают по одному и тому же принципу, описанному выше. Основными элементами плющилки являются: корпус, стальная наковаленка, валик с рукояткой, зажимной винт с рукояткой и направляющие приспособления.

Правильное положение плющилки определяется: плотным прилеганием наковаленки к зубу пилы с расположением вершины его у конечной точки наковаленки; прилеганием валика к передней грани зуба в начальном исходном его положении; правильной установкой направляющей планки; прочным закреплением плющилки на пиле зажимным винтом. После плющения одного зуба плющилку переставляют на другой.

При плющении зубьев больших круглых пил положение плющилки фиксируется не только направляющими планками, но и специальными упорными рычагами.

Правильно выполненное плющение зуба определяется следующим его состоянием: отсутствием надломов и трещин в расплющенном носке зуба; совершенно одинаковым расплющиванием в обе стороны; неизогнутой вершиной.

Производительность ручного плющения посредством плющилок составляет примерно 10—15 зубьев в минуту (в зависимости от квалификации пилостава).

Формование зубьев заключается в выравнивании боковых кромок расплющенного зуба посредством специальной формовки.

Формовки, как и плющилки, имеют разнообразные конструкции, различие которых заключается главным образом в форме корпуса и в способе сжатия плашек — посредством эксцентриков или винтов с прямоугольной нарезкой. На рис. 73 показана формовка ФКЦ. Сжатие плашек в данном случае достигается

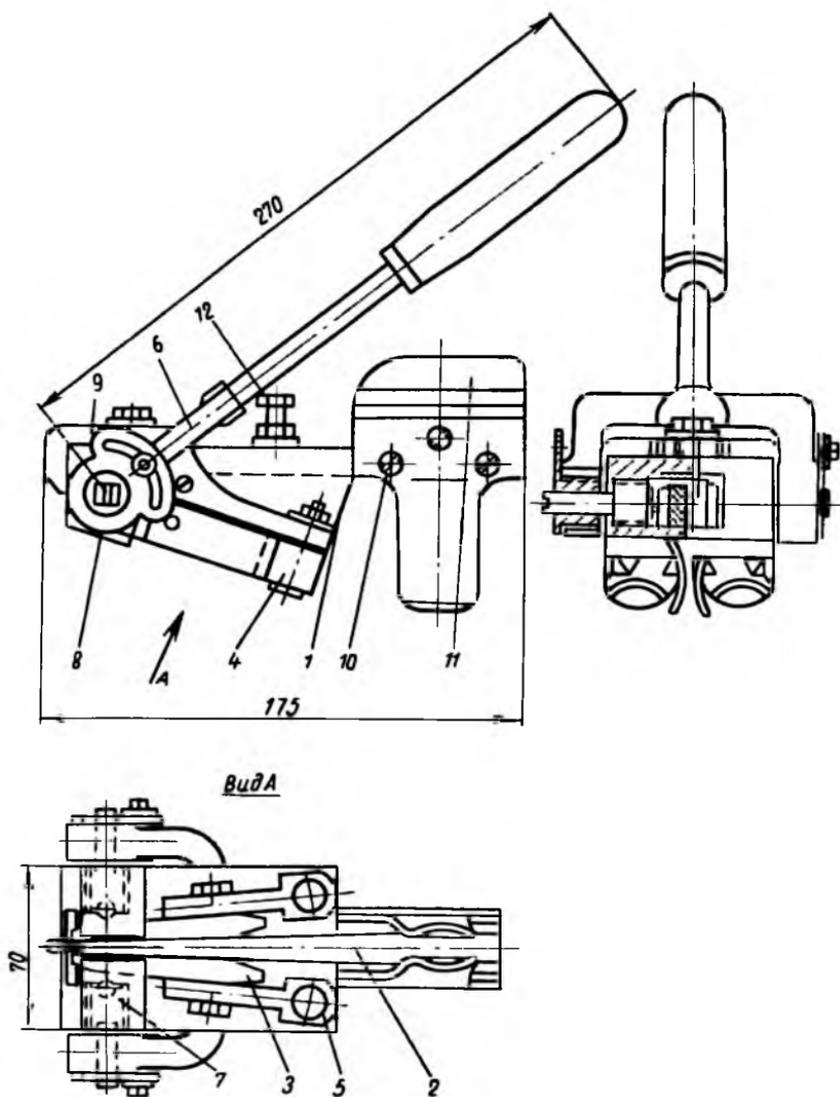


Рис. 73. Формовка ФКЦ:

1 — корпус; 2 — опорная планка; 3 — планка; 4 — держатель планки; 5 — ось держателя; 6 — рукоятка; 7 — нажимной винт; 8 — сектор; 9 — упор для зуба пилы; 10 — щечка; 11 — накладка; 12 — регулировочный болт

поворотом винтов посредством рукоятки; упор служит для удержания формовки. Плашки имеют соответствующие скосы (по форме зуба). Правильное положение формовки относительно зуба достигается посредством регулировки упора, упирающегося в переднюю грань формируемого зуба.

Для холодного плющения и формирования зубьев рамных пил толщиной до 2,5 мм Кировский станкостроительный завод выпускает полуавтомат ПХФ. Для плющения и формирования зубьев делительных и бревнопильных ленточных пил шириной

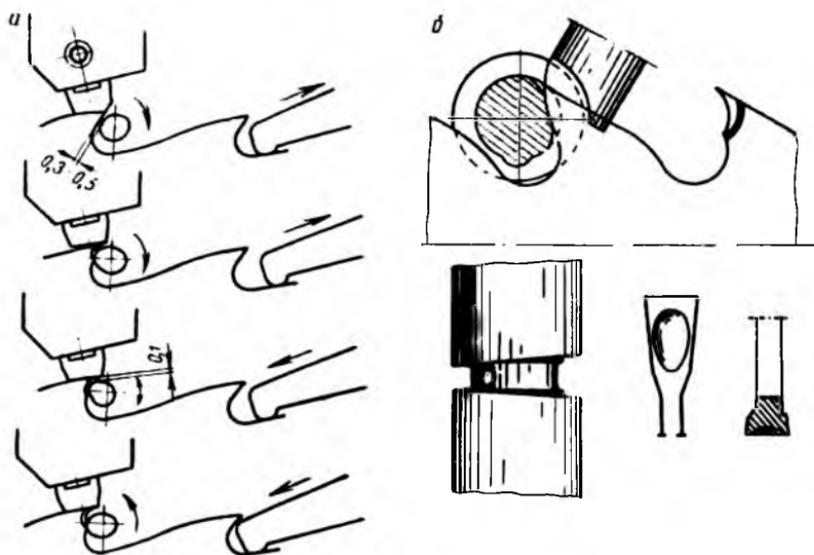


Рис. 74. Плющение зубьев:

a — на полуавтомате ПХФ; *b* — на станке конструкции Кивимаа (Финляндия)

70—350 мм и толщиной 1—2,2 мм предполагается к выпуску полуавтомат ПХФЛ. Ранее выпускаемый полуавтомат ПХ-2 для плющения ленточных пил обеспечивал недостаточное плющение с шириной лопатки на одну сторону 0,5—0,6 мм и не имел механизма формирования. Формование на станке ПФ осуществлялось путем фугования боковых поверхностей зуба шлифовальными кругами. Такой процесс уширения режущей кромки зубьев недостаточно удобен. Архангельские лесопильные заводы производят плющение и формирование зубьев рамных пил на полуавтоматах ПФАЛ-1 (конструкции канд. техн. наук П. И. Лапина).

Плющение зубьев во всех автоматах осуществляется по аналогии с ручным процессом. Когда пила неподвижна, в контакт с зубом входят опускающаяся сверху до примыкания к задней грани наковаленка, а по передней грани — плющильный валик.

Поворотом плющильного валика (по стрелке) происходит расплющивание металла с передней грани в боковые стороны. По окончании плющения наковаленка поднимается, плющильный валик перемещается вбок, а пила — на один шаг посредством собачки (рис. 74, а).

Оригинальным и заслуживающим внимания для внедрения в производство является станок (к сожалению, с применением ручной подачи) для плющения зубьев рамных пил финского профессора Кивимаа, где плющение осуществляется валиком с шариком (рис. 74, б). В результате металл передней части зуба расширяется в бока за счет внутренней его зоны, что способствует лучшему расплющиванию, без растрескивания носка зуба. Одновременно с плющением происходит обжим зуба с боков. Примерно по этому принципу осуществила свою новую конструкцию плющильно-формовочного автомата немецкая фирма Фольмер (ФРГ).

Раздел третий

ФРЕЗЕРНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Глава VIII

ФРЕЗЫ

Основные понятия

Фрезерный инструмент наиболее широко применяется для обработки деталей на фрезерных, калевочных, шипорезных, копировальных и других деревообрабатывающих станках. Этот тип инструмента имеет многочисленные конструктивные формы (цельные фрезы, фрезы со вставными резами или ножами, комбинированный фрезерный инструмент и пр.).

На рис. 75 приведены основные элементы и параметры насадных фрез. Ниже пояснены специфические параметры конструктивных элементов фрез.

Затылочные линии — линии, образуемые пересечением затылочной поверхности зуба с диаметральной плоскостью, проведенной через соответствующие точки режущей грани.

Диаметральная плоскость — плоскость, нормальная к оси фрезы.

Центральный угол зуба W — угол, заключенный между двумя радиусами вершин соседних зубьев фрезы.

Центральный угол затылка зуба W_3 — угол, заключенный между радиусами к вершине зуба и к конечной точке затылочной линии.

Угол выхода токарно-затылочного резца при обработке фрезы W_1 — угол, заключенный между радиусами к вершине зуба и к конечной точке нижней затылочной кривой переднего зуба фрезы.

Ордината профиля детали h — высота, или глубина, профиля в нормальном сечении.

Ордината профиля затылочной поверхности зуба h_r — глубина, или высота, профиля в радиальном сечении зуба.

Торцовые выточки — углубления на торцовых поверхностях фрезы для обеспечения точности опорной шлифованной поверхности или для облегчения веса фрезы. Размеры торцовых выточек определяются радиусами переходов r , глубиной и длиной выточки (разностью радиусов к начальной и конечной точкам выточки).

Выточка во внутреннем отверстии — углубление в цилиндрической поверхности внутреннего отверстия для точности посадки фрезы на шпиндель. Размеры внутренней выточки опре-

деляются параметрами: шириной выточки e и ее глубиной (разностью радиусов выточки и внутреннего отверстия).

Фаска внутреннего отверстия — скос цилиндрической поверхности внутреннего отверстия при выходе к торцам фрезы для легкости посадки ее на шпиндель. Фаски определяются размером по длине и углом наклона (обычно 45°) к торцевой поверхности фрезы ($1,5 \times 45^\circ$).

Основные свойства рациональных конструкций. Рациональная конструкция инструмента должна предусматривать возможность точной станочной обработки его частей (резцов, закрепляющих приспособлений и пр.) с минимальным применением слесарных ручных работ, так как они не обеспечивают необходимой точности изготовления инструмента и к тому же удорожают его стоимость. При изготовлении фрез в условиях мебельных и деревообрабатывающих предприятий, не располагающих сложными станками по обработке металла, особое значение приобретает простота станочного изготовления специального инструмента (простые станочные операции), обеспечивающая в то же время его точность и низкую стоимость при наличии высоких эксплуатационных качеств. Столь же важным свойством фрезерного фасонного инструмента являются легкость и точность заточки, зависящие от конструктивных его форм, правильный выбор которых обеспечивает неизменность режущего профиля и углов резания зубьев при последовательных нормальных их заточках.

В то же время необходимо, чтобы формы и размеры режущих элементов обеспечивали прочность и наибольшую продолжительность службы инструмента (максимально возможное количество переточек).

При проектировании вращающихся инструментов (круглых пил, фрез и пр.) должно быть уделено серьезное внимание условиям безопасности применения инструментов. Такими условиями являются:

ограничение толщины снимаемой стружки при ручной подаче материала;

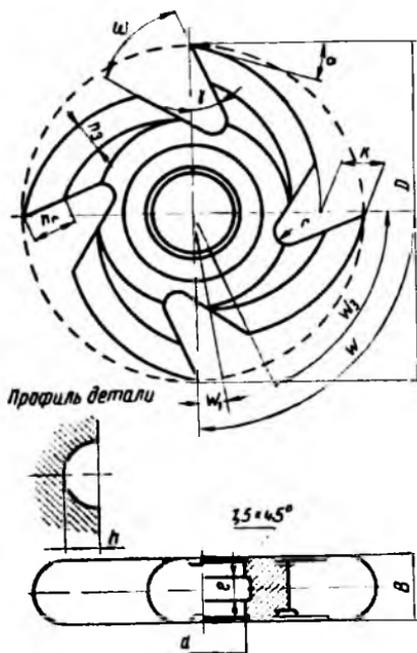


Рис. 75. Основные элементы и параметры фрез

обтекаемая (закрытая) форма инструмента для предотвращения ранений;

прочное крепление вставных ножей и резцов во избежание их вылета;

обязательная проверка прочности напайки пластинок и крепления резцов при повышенном числе оборотов и клеймение прошедших проверку инструментов специальным шифром (с указанием контрольного и допускаемого числа оборотов в паспорте инструмента);

применение на деревообрабатывающих станках надежных защитных кожухов;

балансировка инструментов;

соответствие физико-механических свойств материала и качества изготовления инструмента техническим условиям.

Увеличение скоростей резания для увеличения производительности труда и применение дереворежущих инструментов с пластинками из твердых сплавов требуют повышенной жесткости и точности станков и инструментов, а также исключения их вибрации в процессе работы. По данным зарубежной практики, радиальное биение шпинделя станков не должно превышать 0,02 мм, осевое — 0,03 мм.

Конструкция фрезерного инструмента должна также способствовать быстрой его смене при максимальной точности установки (равенстве радиусов резания резцов). Диаметр фрезы, число зубьев и углы резания инструмента в большой мере связаны с его эксплуатационной характеристикой, т. е. с производительностью и качеством обработки и зависят от условий обработки (технологических свойств материала и пр.).

Выбор той или иной конструкции фрезерного инструмента сообразуется с наилучшим сочетанием отдельных перечисленных свойств фрезы при учете местных условий. Однако решающими и основными свойствами фрезы должны быть: соответствие эксплуатационных качеств определенным условиям резания, безопасность работы и легкость заточки, обеспечивающая в то же время неизменность углов резания и профиля режущей грани зубьев.

Классификация фрез. Многочисленные конструкции фрезерного инструмента могут быть объединены в следующие группы и типы по основным отличительным конструктивным признакам:

I. Насадные фрезы

Цельные фрезы.

Составные цельные фрезы (из цельных фрез).

Фрезы со сменными вставными резцами.

Торцовые фрезы.

Ножевые валы и головки.

II. Концевые фрезы

Цельные фрезы затылованные.

Цельные фрезы незатылованные.

К первой группе относятся фрезы, имеющие отверстие для насадки на шпиндель станка, а ко второй группе фрезы, окан-

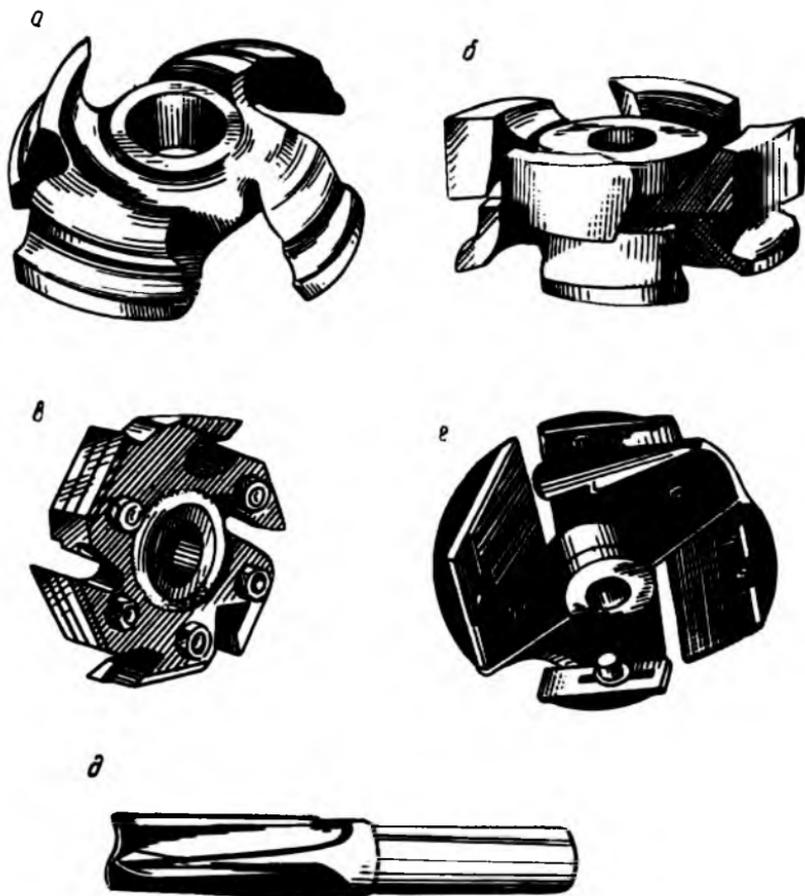


Рис. 76. Конструктивные варианты фрезерного инструмента:
а — цельная фасонная фреза; *б* — составная фреза; *в* — фреза с вставными режущими; *г* — торцевая фреза; *д* — концевая пазовая фреза

чивающиеся стержнем-хвостовиком, посредством которого они укрепляются в специальном патроне или гнезде шпинделя станка.

Цельные фрезы (рис. 76, *а*) выполняются из одной заготовки: за одно целое тело и режущая часть (зубья). Составные фрезы (комплектные) комплектуются из отдельных цельных

фрез (рис. 76, б) и применяются при обработке сложных, двусторонних профилей деталей.

Фрезы со вставными резцами (рис. 76, в) имеют корпус, в котором крепятся различными способами сменные резцы. Торцовые фрезы (рис. 76, г) имеют резцы по торцовой поверхности, причем главную функцию резания осуществляют режущие торцовые кромки.

Каждая из указанных групп фрезерного инструмента в свою очередь разделяется по остальным конструктивным признакам (см. рис. 1) на многочисленные типы, виды и разновидности. Так, по конструкции зуба-резца (главным образом по виду затылочной кривой) фрезы разделяются на следующие типы с прямым затылком (прямолинейные резцы), с кривым затылком (криволинейные резцы), с круглыми резцами, с винтообразным расположением зуба; по направлению вращения: леворежущие, праворежущие и двусторонние; по способу заточки: с прямой передней заточкой — с расположением передней грани параллельно оси фрезы, с косой передней заточкой — с расположением передней грани под углом φ к оси фрезы, с задней заточкой — с заточкой по задней грани.

По технологическим признакам в отдельные группы и типы могут быть объединены различные конструктивные варианты фрез:

- для обработки плоскостей — цилиндрические фрезы;
- для обработки пазов — пазовые фрезы;
- для обработки фасонного профиля детали — фасонные фрезы;
- для обработки шипов и проушек — шипорезные и проушечные фрезы;
- для копировальных работ — копировальные фрезы.

Наиболее многочисленную группу представляют фрезы фасонные (конические, шпунтовые, калевочные, галтельные, угловые и пр.).

Широко распространенным в отечественной практике фрезерным инструментом, в особенности для массовой обработки нормализованных профилей деталей, являются цельные фрезы. Правильная конструкция цельной фрезы в основном удовлетворяет всем перечисленным требованиям, однако ее изготовление представляет некоторые трудности.

Цельные фрезы делятся в основном на два типа: с кривым затылком и с прямым затылком зубьев. Наиболее сложной является цельная фреза с кривым затылком зубьев, применяющаяся преимущественно для профильного фрезерования. Заточка фасонных зубьев цельной фрезы производится со стороны передней грани таким образом, чтобы наклон ее к радиусу всегда оставался постоянным. При правильном конструировании фасонной поверхности затылка обеспечивается неизменность профиля режущей грани и углов резания зубьев фрезы. Заточка фасонных зубьев со стороны передней грани легко

выполшима, и это преимущество цельных фрез является одним из главных.

Фрезы с прямыми затылками зубьев в основном применяются для обработки плоскостей и для выборки прямоугольных пазов и проушин в деталях. К этому типу относятся цилиндрические, пазовые и прорезные фрезы.

Особо выделены различного рода пилки, которые предназначаются для фрезерных работ (выборки пазов, проушин и т. д.).

Каждый из приведенных типов фрезы может в свою очередь различаться по количеству зубьев и размерам.

Конструирование цельных фасонных фрез (теоретические положения)

Основное свойство правильной конструкции фасонной фрезы — сохранение нормальных углов резания и профиля режущих граней зубьев после соответствующих последовательных заточек, что обеспечивает нормальные условия резания и неизменность профиля получаемого изделия; это достигается правильным конструированием затылка зубьев фрезы (задней фасонной поверхности зубьев). Для удовлетворения приведенного требования необходимо, чтобы затылок зуба был описан по соответствующей кривой. Касательные в любой точке кривой должны составлять с направлением вращения этих точек углы (задние), мало отличающиеся друг от друга в пределах длины кривой затылка зуба. В противном случае (искажение заднего угла при стачивании фрезы) будут изменяться и прочие угловые значения зуба вследствие их взаимозависимости, что в свою очередь при сильном искажении углов приведет к искажению профиля режущей грани и, следовательно, профиля обрабатываемого изделия.

Конструирование затылков зубьев фасонных фрез. Существует несколько способов конструирования затылков зубьев фасонных фрез: по логарифмической спирали, по спирали Архимеда, по дуге окружности (центр которой смещен по отношению к центру фрезы) и по прямой линии.

Проектирование затылка фрезы по логарифмической спирали пригодно для внешней затылочной кривой зуба (фрезы для гладкого строгания и пазовые фрезы).

Для фасонных профилей зубьев логарифмическая спираль особых преимуществ не имеет по сравнению с другими кривыми затылка. Поэтому пригону затылков зубьев осуществляют по архимедовой спирали или другим, более простым по построению кривым, что значительно облегчает разметку фрезы при ручной пригонке или расчет и изготовление фрез на токарном затыловочном станке.

Конструирование затылков зубьев по архимедовой спирали показано на рис. 77. Пусть затылок зуба очерчен по архимедо-

вой спирали ABC ; O — центр контура фрезы и спирали; OA — радиус-вектор R ; AK — касательная; Am — перпендикуляр к радиусу-вектору; α — угол падения кривой, соответствующий заднему углу затылка зуба. Уравнение архимедовой спирали в полярных координатах имеет следующий вид:

$$R = a\varphi, \quad (56)$$

где a — коэффициент пропорциональности;

φ — текущий полярный угол.

Известно, что тангенс угла α наклона касательной AK к нормали радиуса вектора в точке A равняется следующему выражению:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\varphi}; \quad (57)$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{1}{\varphi}.$$

Следовательно, $\angle \alpha_B$ архимедовой спирали в отдельных ее точках не остается постоянным, а изменяется в соответствии с изменением текущего полярного угла φ радиусов-векторов точек кривой, т. е. задний угол имеет в разных точках спирали различные значения. Однако эти изменения заднего угла в пределах затылка зуба сравнительно незначительны.

Определим пределы отклонений заднего угла затылка зуба, описанного по архимедовой спирали. Пусть центральный угол затылка зуба фрезы, составленный радиусами-векторами, соединяющими вершину A и конечную точку B кривой затылка, равняется W_B в радианах. Тогда для начальной точки кривой затылка A имеем по формуле (57)

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\varphi}$$

и для конечной точки затылка B

$$\operatorname{tg} \alpha_B = \frac{1}{\varphi - W_B}. \quad (58)$$

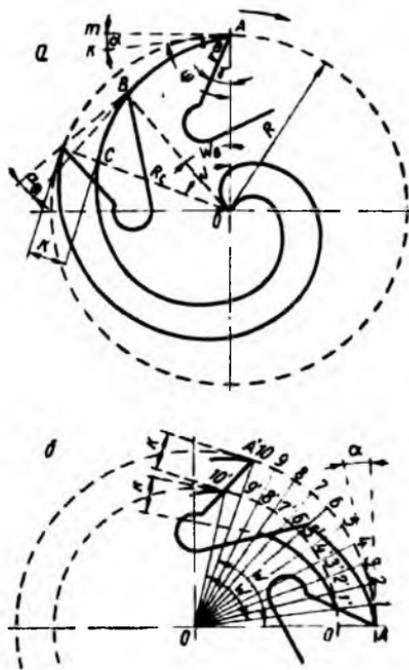


Рис. 77. Конструирование затылков зубьев фасонных фрез:

a — очертание затылка зуба; b — способ его построения по архимедовой спирали

Подставив в формулу (58) вместо φ его значение из формулы (56), т. е. $\varphi = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}$, получим

$$\operatorname{tg} \alpha_B = \frac{1}{\frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} - W_B} = \frac{1}{\operatorname{ctg} \alpha - W_B}. \quad (59)$$

Пример. Для обычной шестизубой фрезы с задним углом резания $\alpha = 10^\circ$ центральный угол затылка зуба W_B примерно равен (в радианах)

$$W_B = Wm = \frac{2\pi}{z} m = \frac{2 \cdot 3,14}{6} \cdot 0,7 = 0,732,$$

где W — полный центральный угол зуба фрезы, составленный радиусами, соединяющими вершины двух соседних зубьев;

m — отношение $\frac{W_B}{W}$ центрального угла затылка зуба к полному централь-

ному углу зуба, равное примерно для данного случая 0,7;

z — число зубьев фрезы.

Тогда

$$\angle \varphi = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} = \operatorname{ctg} \alpha = \operatorname{ctg} 10^\circ = 5,671;$$

$$\operatorname{tg} \alpha_B = \frac{1}{\operatorname{ctg} \alpha - W_B} = \frac{1}{5,671 - 0,732} = \frac{1}{4,939} = 0,2024;$$

$$\angle \alpha_B = \operatorname{arctg} 0,2024 = 11^\circ 27'.$$

Следовательно для данного случая задний угол затылка изменяется к концу зуба на величину:

$$\angle \alpha_B - \angle \alpha = 11^\circ 27' - 10^\circ = 1^\circ 27'.$$

Так как подвергающаяся стачиванию часть затылка несколько меньше полной его длины, изменения заднего угла затылка зуба (в пределах стачивания зуба) имеют небольшие значения, порядка $1-2^\circ$, в зависимости от величины заднего угла ($\alpha = 10 \div 15^\circ$) и прочих размеров зуба. Эти изменения заднего угла затылка при его стачивании мало влияют на условия резания и профиль получаемого изделия, вследствие чего конструирование затылка зуба по архимедовой спирали широко практикуется при изготовлении фрез на токарных станках с затывочным приспособлением.

Для построения затылка зуба фрезы по архимедовой спирали необходимо знать величину падения кривой k (рис. 77, б), представляющую разность радиусов-векторов кривой в пределах полного центрального угла зуба W . Величина падения кривой зависит от заднего угла α и центрального угла W и может быть определена следующим образом.

На рис. 77, а находим для точки A ее радиус-вектор $R = a\varphi$ и для точки C

$$R_C = a(\varphi - W),$$

откуда

$$k = R - R_c = a\varphi - a(\varphi - W) = aW. \quad (60)$$

Гак как

$$W = \frac{2\pi}{z}, \quad a = \frac{R}{\varphi}$$

из формулы (56) и

$$\varphi = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha},$$

то, подставляя эти значения в выражение (60), получим

$$k = aW = \frac{2\pi a}{z} = \frac{2\pi R}{z\varphi} = \frac{\pi D \operatorname{tg} \alpha}{z}. \quad (61)$$

Порядок построения затылка зуба фрезы состоит в следующем (см. рис. 77, б):

1. Определяют для данных D , z и α величину падения кривой k по формуле (61).

2. Дугу окружности фрезы $A'A$, соответствующую центральному углу ее зуба, делят на несколько частей n и проводят через каждое деление радиус.

3. Последовательно на каждом из радиусов от окружности к центру откладывают следующие отрезки:

$$\begin{array}{l} \text{на радиусе } O_1 \dots \dots 1 \frac{k}{n} \quad \text{на радиусе } O_3 \dots \dots 2 \frac{k}{n} \\ \text{» } \quad \text{» } \quad O_2 \dots \dots 3 \frac{k}{n} \quad \text{» } \quad O_{10} \dots \dots k \end{array}$$

4. Соединив отмеченные точки, получают требуемую кривую — архимедову спираль.

Для сохранения профиля зуба неизменным образованием затылка режущей кромки зуба должно происходить по кривым, проходящим на равных расстояниях друг от друга в отдельных осевых сечениях зуба. Это значит, что величина падения кривой, вычисленной для вершинной точки зуба, должна соответствовать величине падения кривой, проходящей через любую другую, например нижнюю точку режущей грани зуба, вследствие чего задний угол нижней кривой будет относительно больше, чем задний угол верхней кривой. Нижележащая кривая затылка зуба строится тем же способом, по тем же размерным данным (рис. 77, б).

Разметка затылков зубьев, часто наблюдающаяся в практике изготовления фасонных фрез на наших мебельных фабриках, может быть произведена более простым способом — по дуге окружности, центр которой смещен относительно центра фрезы (рис. 78). Разделив окружность фрезы на необходимое число зубьев, в точке A строим угол, равный заднему контурному углу зуба α , и из центра проводим окружность, касательную стороне этого угла

$$r_4 = R \sin \alpha. \quad (62)$$

Она будет геометрическим местом центров (1, 2, 3...) тех дуг (с радиусом $1A=r_A$, $1B=r_B...$), по которым приближенно очерчивают затылки зубьев. Изменение заднего угла по длине затылка в этом случае также происходит в пределах $1-2^\circ$, но в отличие от архимедовой спирали в сторону уменьшения α к концу кривой затылка.

Такое очертание затылка зуба вследствие простоты построения может быть рекомендовано для разметки зубьев при ручной пригонке затылков или для вычерчивания фрез, так как с достаточной точностью удовлетворяет вышеприведенным требованиям к конструкции фрезы.

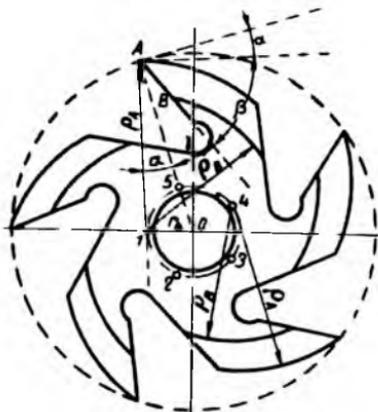


Рис. 78. Способ построения затылка зуба фрезы по дуге окружности, центр которой смещен относительно центра фрезы



Рис. 79. Конструкция фасонных фрез, не удовлетворяющая основным требованиям к конструкции фрезы

В практике изготовления фасонных фрез силами деревообрабатывающих предприятий часто применяют способ конструирования затылка зуба фрезы по прямой линии. Однако нетрудно из рис. 79 убедиться в том, что такие фасонные фрезы совершенно не удовлетворяют основным приведенным требованиям к конструкции фрезы, вследствие чего, несмотря на простоту изготовления, они не должны применяться.

Как видно из рис. 79, величина заднего угла α по длине прямого затылка стремительно уменьшается, приобретая даже отрицательные значения. Поэтому через некоторое время такие фрезы поступают на исправление, что представляет более трудную работу по сравнению с первоначальной пригонкой.

Контурные угловые значения режущих элементов и ординаты профиля зуба. Как видно из рис. 80, значения углов резания α и γ изменяются в соответствии с положением точки на режущей грани зуба, определяемым радиусом резания. Так, если углы резания внешней точки A режущей грани с радиусом

диусов резания $R_A - R_C = h$ и ордината радиального сечения зуба равна h_z , зависимость между ними определится следующим неравенством:

$$h_p > h > h_z. \quad (65)$$

В связи с этим соответственно различаются и профили детали режущей грани и затылка зуба.

Как видно из рис. 80, углы наклона ϵ боковых граней имеют различные значения:

$$\epsilon_p < \epsilon < \epsilon_z. \quad (66)$$

Это различие тем больше, чем больше значения γ , α и h .

С данным обстоятельством приходится считаться при обработке затылков зубьев на затыловочном станке посредством фасонного затыловочного резца, профиль которого должен соответствовать профилю осевого сечения зуба фрезы.

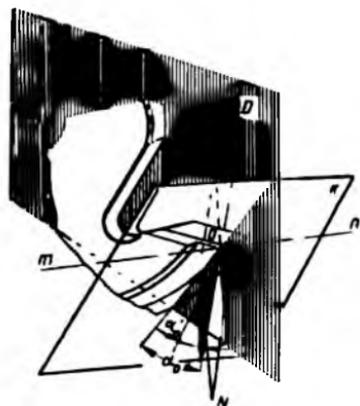


Рис. 81. Задние контурные углы бокового зазора

Взаимозависимость пространственных угловых значений фасонного зуба фрезы. Выше приведены значения контурных углов α и γ зуба фрезы в зависимости от проекции зуба на плоскость, нормальную к оси (диаметральную плоскость).

В частном случае, когда режущая кромка располагается нормально к диаметральной плоскости фрезы, углы резания совпадают с контурными углами зуба. Так, передний угол резания совпадает с углом наклона передней грани, задний угол резания — с задним углом затылочной кривой зуба, так как в этом случае углы эти рассматриваются в одной и той же диаметральной плоскости. Однако для частей режущей кромки, расположенных под углом ϵ , меньшим 90° к диаметральной плоскости, углы резания рассматривают в иных плоскостях. Так, задний угол резания боковых режущих кромок, или угол бокового зазора, рассматривается в плоскости, нормальной к затыловочной поверхности зуба в данной его точке (рис. 81); передний угол резания боковых режущих кромок — в плоскости, нормальной к режущей кромке и передней грани.

Задний угол резания боковых режущих кромок. Задним углом резания боковых режущих частей зуба α' , или углом бокового зазора, является угол, составленный плоскостью, касательной к задней поверхности зуба в данной точке режущей его кромки, и направлением движения этой точки, причем этот угол расположен в плоскости, нормальной к данной касатель-

ной плоскости. Касательная плоскость K к боковой поверхности зуба в данной точке режущей грани определяется двумя линиями, из которых одна является касательной mn к данной точке O профиля осевого сечения зуба, другая — касательной к затылочной кривой, проходящей через точку режущей грани зуба (в диаметральной плоскости фрезы). В соответствии с этим определением легко убедиться в том, что задние углы резания боковых режущих элементов зубьев зависят от заднего угла затылочной кривой в данной точке режущей грани зуба и угла, составленного касательной к профилю осевого сечения зуба в данной точке O и радиусом ее (см. рис. 81).

Аналитическая зависимость угла бокового зазора α_0 в данной точке режущей грани O с радиусом R_0 выражается следующей формулой:

$$\operatorname{tg} \alpha'_0 = \frac{R}{R_0} \operatorname{tg} \alpha \sin \epsilon_3, \quad (67)$$

где R — габаритный радиус резания;

α — габаритный контурный задний угол;

ϵ_3 — наклон касательной к задней поверхности зуба в данной точке режущей грани к диаметральной плоскости.

Определение значений ϵ_3 требует графического построения профиля осевого сечения затылка. С достаточной степенью точности для практических целей можно заменить значение ϵ_3 значением угла ϵ наклона касательной к соответствующей точке профиля детали; тогда формула (67) примет следующий вид:

$$\operatorname{tg} \alpha'_0 \cong \frac{R}{R_0} \operatorname{tg} \alpha \sin \epsilon. \quad (68)$$

Из формулы (68) можно установить, что для элементов профиля детали, имеющих значения $\epsilon = 0$ (боковые кромки зуба, лежащие в диаметральной плоскости, перпендикулярны оси фрезы), $\alpha' = 0$.

Для элементов профиля с углом наклона $\epsilon = 90^\circ$ контурный угол α будет соответствовать заднему углу резания $\alpha' = \alpha$.

Для элементов профиля с углом наклона ϵ от 0 до 90° значения угла α' соответственно изменяются от 0 до α .

Для устранения трения боковых поверхностей зуба, имеющих наклон к диаметральной плоскости фрезы $\epsilon < 6^\circ$, боковую поверхность затылка зуба подвергают кривой боковой обточке под углом $\tau = 2^\circ$ (угол кривой боковой обточки). На рис. 82 изображен зуб с кривой боковой обточкой поверхности — косым затылованием.

Для фрез, имеющих участки профиля режущей грани, расположенные в диаметральной плоскости, иногда прибегают к поднутрению боковых поверхностей зуба под углом λ для определенных профилей.

Передний угол резания боковых режущих кромок. Передним углом резания γ'_n данного режущего элемента зуба фасонной фрезы является угол, составленный плоскостями передней грани и осевой (проходящей через данную точку n режущей грани и ось фрезы) и измеренный в плоскости, нормальной к передней грани и боковой режущей кромке в данной ее точке (рис. 83). В соответствии с этим определением легко убедиться в том, что передний угол резания зависит от контурного угла γ_n наклона режущей грани в данной точке и угла ϵ_n , составляемого касательной к профилю режущей грани в указанной точке n с ее радиусом.

В зависимости от профиля режущей грани передние углы γ'_n

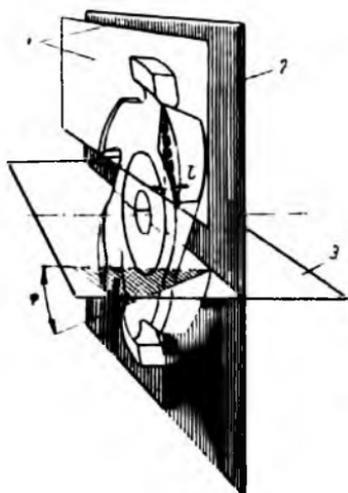


Рис. 82. Косая боковая обточка ($\angle \tau$ и косая заточка передней грани зуба $\angle \varphi$):

1 — параллельные плоскости, проходящие через крайние точки режущих граней; 2 — диаметральной плоскость; 3 — осевая плоскость

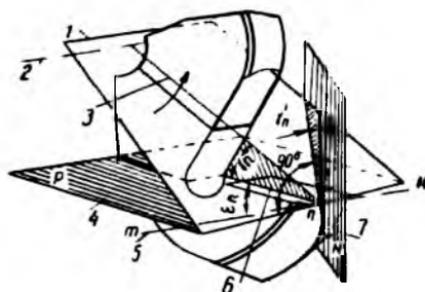


Рис. 83. Передний угол резания фасонного зуба фрезы:

1 — осевая плоскость; 2 — ось фрезы; 3 — радиус точки O ; 4 — плоскость передней грани; 5 — касательная к режущей грани; 6 — линия передней грани; 7 — плоскость, перпендикулярная касательной mn

в отдельных ее участках могут иметь значения от 0 до γ_n и определяются по следующей формуле:

$$\operatorname{tg} \gamma'_n = \operatorname{tg} \gamma_n \sin \epsilon_n \quad (69)$$

или

$$\operatorname{tg} \gamma'_n = \frac{R}{R_n} \operatorname{tg} \gamma \sin \epsilon_n \quad (70)$$

Передний угол резания γ'_n является углом, дополняющим угол резания δ'_n до 90° ($\gamma'_n = 90^\circ - \delta'_n$), и характеризует поэтому условия резания на отдельных участках зуба фрезы. Для участков, в которых передний угол приближается или равен нулю, условия резания менее благоприятны, чем для остальных участков режущей кромки; при конструировании фрез учитывают это обстоятельство и для облегчения резания выполняют зуб фрезы с косым расположением передней грани — с «косой заточкой» передней грани под углом φ (см. рис. 82).

Основные практические положения по конструированию цельных фасонных фрез

Угловые значения фасонных фрез. В практике обработки дерева встречаются цельные фасонные фрезы со следующими контурными углами зубьев (с очертанием затылка по кривой линии).

Фасонные фрезы, употребляющиеся на фрезерных станках с ручной подачей обрабатываемого материала: диаметр фрезы (диаметр окружности, описываемой наиболее выступающей точкой режущей грани зуба) $D=80\div 120$ мм, $z=4\div 6$, контурные углы $\gamma=15\div 30^\circ$, $\beta=65\div 45^\circ$, $\alpha=10\div 15^\circ$ и $\delta=75\div 60^\circ$ (в зависимости от условий работы и профиля зубьев).

Фасонные фрезы для калевочных и строгальных станков: $D=120\div 180$ мм, $z=6\div 8$, $\gamma=30^\circ$, $\beta=50^\circ$, $\alpha=10^\circ$. Приведенные (контурные) значения углов соответствуют только верхним режущим элементам зуба; для боковых и нижележащих режущих кромок значения этих углов, как доказано выше, будут иные в зависимости от их положения (глубины, наклона и пр.).

Для фрез большого диаметра с неглубоким профилем обычно стремятся установить одинаковые габаритные угловые значения для удобства заточки и контроля.

Передние углы резания (углы наклона γ) при фрезеровании различных пород древесины и древесных материалов в зависимости от требуемого качества обработки, по данным французского Научно-исследовательского института технологии древесины, показаны в табл. 37.

Т а б л и ц а 37

Угловые параметры фрез при фрезеровании различных древесных материалов и пластиков

Обрабатываемый материал	Качество обработки					
	среднее		хорошее		отличное	
	γ	a_{cp}	γ	a_{cp}	γ	a_{cp}
Мягкие древесные породы	22	0,20	28	0,10	32	0,03
Твердые древесные породы и древесноволокнистые плиты	18	0,16	24	0,08	28	0,02
Клееная древесина и фанера	14	0,14	19	0,05	24	0,015
Древеснослоистые пластики	10	—	15	0,03	20	0,01

Средняя толщина снимаемой стружки a_{cp} зависит от подачи на резец u_z , глубины снимаемого слоя h , диаметра фрезы D и определяется по следующей формуле:

$$a_{cp} = u_z \sqrt{\frac{h}{D}} \quad (71)$$

При конструировании фасонных фрез для обработки глубоких профилей необходимо правильно выбрать соответствующие

значения углов γ и α для вершинных контурных частей зуба, учитывая, что для нижних режущих частей значения этих углов будут относительно больше, вследствие чего угол заострения в данных частях зуба может получить ненормальные — малые величины, что приведет к его излому.

В соответствии с приведенными положениями следует при конструировании профилей фасонных отделочных деталей избегать линий профиля, составляющих с радиусом фрезы угол меньше, чем $\angle \epsilon \approx 8 + 10^\circ$ (в зависимости от размеров профиля), так как в этом случае обработка детали возможна простыми фасонными фрезами, без косой обточки боковой поверхности. Если профиль детали имеет очень незначительные участки с углом наклона касательных к отдельным точкам меньше нормального, обработка таких деталей бывает возможна фрезами без косой обточки зубьев лишь при частой их заточке и малой скорости подачи детали при фрезеровании.

Для обработки профилей деталей, имеющих участки режущей кромки с $\angle \epsilon = 0$, в практике деревообработки встречаются конструкции фрез с поднутрением боковой грани зубьев (под $\angle \lambda = 1 \div 2^\circ$) во избежание трения боковой плоскости о материал; это значительно проще осуществить, чем косую обточку всей фасонной боковой поверхности зубьев фрезы.

Как было уже указано, для улучшения условий фрезерования во фрезах, имеющих значительные режущие участки с малым передним углом ($\angle \gamma' \rightarrow 0$), затачивают переднюю грань зубьев под углом «косой заточки» ($\angle \varphi = 15 \div 10^\circ$), как показано на рис. 90.

Косая заточка передней грани влияет на профиль режущей грани зуба; это следует учитывать при его конструировании. При двустороннем профиле режущей грани косую заточку зубьев производят с переменным последовательным наклоном для каждого зуба фрезы (обязательно с четным количеством зубьев). Изготовление и заточка таких фрез несколько сложнее, чем нормальных фрез, и требует специальных приспособлений.

1. **Конструирование цельных фасонных фрез.** Вследствие разнообразия профилей фасонных фрез и их размеров, а также отсутствия каких-либо стандартных данных по соотношению отдельных элементов фрез и зависимости конструкции фрезы от способа обработки затылков ее зубьев конструирование фасонных фрез представляет задачу, разрешаемую практическим путем — вычерчиванием с учетом основных, установленных практикой, размеров отдельных элементов типовых фрез. Ниже приведены основные практические указания, порядок проектирования и способы разметки фасонных фрез для фрезерных станков.

Ниже дается порядок проектирования фасонной фрезы для обработки неглубоких профилей деталей ($h < 10$ мм) — рис. 84, а:

1. Из общего центра проводят две окружности: внешнюю радиусом $R = \frac{D}{2}$ и внутреннюю $r = \frac{d}{2}$.

2. Внешнюю окружность делят на равные части соответственно числу зубьев фрезы z .

3. Из полученных на окружности точек $1, 2, 3 \dots$, являющихся вершинами зубьев фрезы, проводят линии передних граней зубьев под углом γ к радиусам в данных точках.

Для упрощения построения линий передних граней зубьев из центра O фрезы проводят вспомогательную окружность радиусом $r_1 = R \sin \gamma$ и из точек $1, 2, 3 \dots$ — касательные (в соответствующем направлении) к ней. Эти линии и являются линиями передних граней зубьев.

4. Для определения центров отверстий впадин зубьев фрезы проводят вторую вспомогательную окружность радиусом r_2 . Точки пересечения данной окружности с линиями передних граней являются центрами отверстий впадин. Из этих центров проводят окружности впадин радиусом r_3 . После этого впадина зуба иногда формируется так, как показано на рис. 84, *a*. Такая форма впадин облегчает заточку режущей грани и применяется для фрез с неглубоким профилем зуба. Для фрез с глубоким профилем зуба впадинам придают несколько иную форму (см. рис. 89). В этом случае центры впадин лежат на соответствующей вспомогательной окружности при таком положении, когда линии передних граней зубьев являются касательными к окружностям впадин.

5. Затылок зуба строят по дуге окружности, центр которой смещен относительно центра O ($r_k = R \sin \alpha$, см. рис. 84, *a*). Кривые затылка зуба проводят через верхнюю и нижнюю точки режущей грани для построения последующих частей зуба.

6. Построение задней, замыкающей части зуба зависит от способа обработки затылков зубьев данной фрезы. При обра-

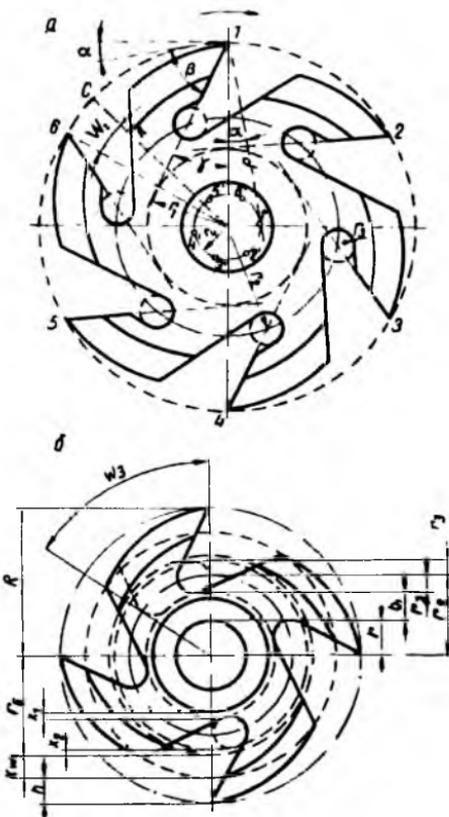


Рис. 84. Проектирование фрезы:
a — способ проектирования; *b* — взаимозависимость конструктивных параметров

ботке затылков зубьев на специальном токарном затыловочном станке положение задней части зуба определяют следующим образом: под углом $W_1 \approx 10 \div 12^\circ$ (в зависимости от числа зубьев фрезы) к начальному радиусу заднего зуба Ob строят второй радиус OC ; через точку K пересечения этого радиуса с нижней кривой затылка зуба проводят прямую, касательную к окружности отверстия впадины до пересечения с верхней кривой затылка. Эта прямая и является задней частью зуба. Угол впадины $W_1 = 10 \div 12^\circ$, образованный начальным и конечным радиусом соседних зубьев, необходим для свободного прохода и возвращения затыловочного резца. Объем впадины в этом случае получается достаточным для свободного вмещения снимаемой стружки. При конструировании задней части зуба стремятся расположить ее так, чтобы она была параллельна или под некоторым углом (сходящимся) к передней грани зуба, сточенного до предела (примерно 20—30% от всего зуба). Это делается для повышения прочности зуба, устранения лишней работы, облегчения веса фрезы. Положение задней части зуба зависит от угла наклона режущей грани, максимальной глубины профиля зуба, формы и расположения отверстия впадин.

Определить диаметр фрезы D и прочие конструктивные размеры фрез в зависимости от профиля обрабатываемой детали h шпинделя и принятых углов резания γ и α можно следующим образом.

Размер r_2 (рис. 84, б) подчиняется следующей конструктивной зависимости:

$$r_2 = r + b_1 + x_1 + r_3, \quad (72)$$

где r — радиус внутреннего отверстия фрезы;

b_1 — ширина опорной торцевой части фрезы, равная ширине прокладного кольца шпинделя; для фрез с внутренним отверстием $d = 20 \div 32$ мм $b_1 = 7,5$ мм; для $d = 40 \div 60$ мм $b_1 = 15$ мм;

x_1 — расстояние от кромки опорной части торца до окружности впадины, равное 3—5 мм (в зависимости от диаметра фрезы);

r_3 — радиус закругления впадины; для фрез $D = 120$ мм $r_3 = 3,5 \div 4,5$ мм, для $D = 140 = 180$ мм $r_3 = 6$ мм.

Отношение $\frac{r_2}{R} = m$ колеблется в пределах 0,5—0,7, в зависимости от D и h .

Радиус фрезы R определяется по следующей конструктивной зависимости:

$$R = r_2 + r_3 + x_2 + K_{W_3} + h, \quad (73)$$

где x_2 — равняется 3—5 мм, в зависимости от диаметра фрезы;

K_{W_3} — величина падения затылочной кривой в пределах центрального угла затылка зуба W_3 ;

h — ордината профиля детали.

Из рис. 84, б видно, что при такой зависимости конструктивных параметров изношенный зуб (изображен пунктиром) будет иметь нормальные условия резания. Для нормализации типовых размеров фрез диаметр их D следует округлять до значений нормальных диаметров в сторону больших размеров. В этом случае соответствующие коррективы вносят в значение коэффициента m , определяющего размер r_2 .

При конструировании фасонных фрез следует иметь в виду, что число зубьев зависит от характера профиля зуба. Так, при глубоких профилях практикуют меньшее количество зубьев ($z=4$), что облегчает конструирование. Надо по возможности выдерживать нормализованные размеры фрез, в частности диаметр внутреннего отверстия; шпиндели фрезерных станков должны также иметь одинаковые размеры. Для фрез, имеющих профили зубьев средних размеров, следует обеспечить также однотипные контурные данные углов зубьев, что облегчает изготовление фрез, их заточку и контроль.

При конструировании фрез необходимо предусмотреть соответствующую ширину с припусками против ширины обрабатываемой детали (в зависимости от соответствующих размеров заготовки последней). Для фрез с соосточными боковыми поверхностями зубьев следует учесть к тому же величину смещения профиля режущей грани зубьев при стачивании — уменьшение ширины зуба.

Конструкция фрез в торцовой их поверхности предусматривает неглубокую выточку для облегчения шлифования средней опорной части фрезы (см. рис. 87). В широких фасонных фрезах выточки в торцовой части делают более глубокими для облегчения веса фрезы и заточки режущей грани. При этом размеры и конфигурацию выточки следует делать, сообразуясь с достаточной прочностью зубьев и возможностью получения равномерного нагрева фрезы при закалке, в противном случае неравномерный нагрев отдельных частей фрезы, особенно при наличии острых углов выточки, может явиться причиной образования трещин и поломки фрез от закалки вследствие действия внутренних напряжений.

Конструирование фрез с пластинками из твердых сплавов. При конструировании цельных фрез с припаянными пластинками из твердых сплавов основным вопросом является выбор способа припайки пластинки к телу зуба фрезы, обусловливаемый формой и расположением гнезда. На рис. 85 приведены варианты расположения припаяваемых пластин в гнезде тела зуба фрезы.

Каждый из этих вариантов имеет свои преимущества и недостатки. Выбор варианта в основном зависит: от способа заточки: по передней или по задней грани; от рабочей длины стачивания пластинки; простоты и точности припайки пластинок; прочности припайки пластинок; характера напряжений,

испытываемых в шве спайки от сил резания и сил инерции; от возможности повторно использовать корпус фрезы; от обеспечения производительной и высококачественной заточки и доводки зубьев.

Первый вариант пригоден для фасонных профилей, которые затачивают только с передней грани. В этом случае рабочая длина стачивания относительно невелика.

При прямолинейных кромках зубьев фрез возможна заточка с передней и задней граней. Рабочая длина стачивания по передней и задней граням равна $l_1 + l_2$ (рис. 85, а).

При заточке только по передней грани можно использовать корпус фрезы под повторную напайку новых пластинок.

Заточка по передней грани происходит только по грани пластинки, без захвата тела зуба, и может производиться быстро и высококачественно алмазными кругами (без опасения износа круга в случае одновременной заточки пластинки и корпуса).

Некоторую трудность представляет припайка пластинок в открытое гнездо. Однако она преодолевается либо путем применения специальных фиксирующих штифтов, временно вставляемых в отверстия впа-

Рис. 85. Схема расположения пластинки из твердого сплава в гнезде тела зуба фрезы:

а — гнездо, открытое по передней грани зуба; б — гнездо, открытое по задней грани зуба; в — закрытое гнездо; г — гнездо, полузакрытое по передней грани зуба

дины зуба и прижимающих пластинку к стене гнезда в процессе пайки, либо путем фиксирования пластин упорными графитовыми цилиндриками и асбестовым шнуром, либо благодаря технологической перемычке, стачиваемой после напайки пластин.

Второй вариант — припайка в гнездо, открытое по задней грани, — можно применить при заточке зуба по передней грани. Рабочая длина переточки пластинки (рис. 85, б) в этом случае определяется параметром l_2 и сравнительно с другими способами наибольшая.

Однако трудности базирования и закрепления пластинок в процессе паяния, возможный отрыв пластинки из-за неблагоприятного воздействия сил инерции и сил сопротивления резанию, невозможность повторного использования корпуса фрезы и прочие недостатки не способствуют применению этого способа.

Третий вариант — припайка пластинок в закрытое гнездо — обеспечивает наибольшую прочность крепления. Однако, по

данным заграничной практики, этот способ не рекомендуется применять при длине пластинок больше 40 мм, так как в противном случае возникают вредные напряжения и трещины из-за разности термических линейных расширений твердого сплава и стали корпуса фрезы. Как видно из рис. 85, *в*, при заточке по передней и задней граням (в случае прямолинейного немерного профиля зуба) рабочая длина стачивания l имеет значительные размеры. Недостатком этого варианта является необходимость последовательных стачиваний тела зуба шлифовальными кругами и затем уже заточка лезвия пластины алмазным кругом.

Четвертый вариант — припайка пластинок в гнездо, полузакрытое по передней грани (рис. 85, *г*), — имеет преимущество

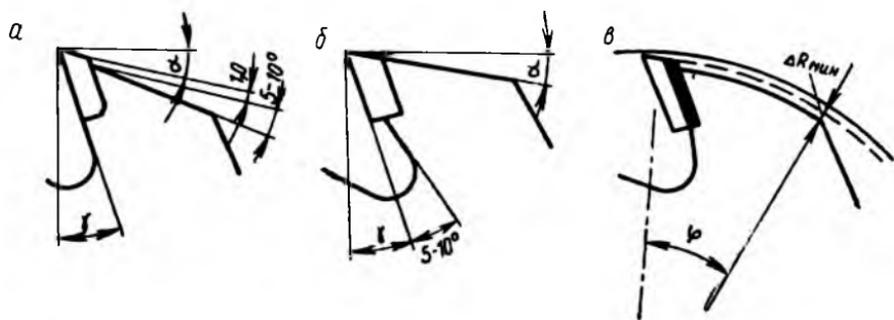


Рис. 86. Схема заточки зубьев фрез:

а — по задней грани; *б* — по передней грани; *в* — по передней грани в фасонных фрезах

в отношении надежности базирования пластинки при ее припайке. Однако для отдельных случаев из-за соотношения линейных параметров пластинки и зуба фрезы это преимущество может стать нерациональным с точки зрения использования рабочей длины пластинки.

Наиболее широко распространена в отечественной и зарубежной практике припайка пластин по передней грани.

При высококачественной пайке в пластинках без внутренних дефектов предел прочности шва спайки по первому способу значительно превышает напряжения, возникающие в процессе работы фрезы. Для безопасности в этом случае необходима обязательная проверка прочности пластинок и припайки при удвоенном числе оборотов фрезы в специальных испытательных стальных камерах-шкафах.

При конструировании цельных фрез с пластинками из твердых сплавов следует так располагать гнездо для пластинки и конструировать сопредельные контуры тела зуба, чтобы облегчать шлифовку пластинки. На рис. 86 показаны варианты расположения пластинки в гнездах и контуры сопредельных элементов зуба, облегчающие заточку лезвия пластинки.

На рис. 86 *а* пластинка выступает над задней частью зуба

па 1—1,5 мм; задняя часть зуба образует расходящийся угол с задней гранью пластинки. В результате такого положения пластинки при шлифовании ее задней грани задняя часть зуба не затрагивается. На рис. 86, б показан другой вариант конструктивного оформления зуба, обеспечивающий заточку только пластинки по передней грани. На рис. 86, в дан вариант конструкции задней части тела зуба фрезы без затыловки (сложной и трудоемкой операции) благодаря выдвиганию пластинки над уровнем окружности, по которой образована задняя поверхность тела зуба. В этом случае для предотвращения заедания древесины концом задней поверхности зуба фрезы необходимо, чтобы

$$\Delta R_{\text{мин}} = \frac{\varphi}{W} a_{\text{макс}}, \quad (74)$$

где W — центральный угол зуба.

Типовые конструкции цельных фрез и фрез с пластинками из твердых сплавов

Фасонные фрезы для фрезерных станков. Фасонные фрезы, применяемые на фрезерных станках, имеют разновидности в соответствии с профилем обрабатываемой детали. Внешний диаметр фасонных фрез составляет 80; 100; 120 мм, в зависимости от диаметра шпинделя и глубины обрабатываемого профиля детали. Реже применяются (в производстве гармоний, логарифмических линеек и пр.) фасонные фрезы $D=40$ и 60 мм.

Большое количество цельных фасонных фрез нормализовано (нормаль машиностроения) и изготавливается централизованным путем на Томском инструментальном заводе.

Принятые размеры внешнего диаметра фрез являются наиболее ходовыми в практике обработки дерева для различного типа станков (легких, средних и тяжелых). Диаметры внутреннего отверстия (посадочного места) приняты по следующей градации: 12—16—20—27—32 мм, что в большинстве случаев совпадает с существующими размерами оправок фрезерных станков по дереву.

На рис. 87 приведены чертежи фрезы для штапов и галтельной фрезы. Как видно из рис. 87, профиль изделия несколько видоизменен против формы правильных полуокружностей. Так, во избежание трения боковых поверхностей зубьев фрез, касательные к крайним точкам которых составляют с плоскостью, нормальной к оси фрезы, угол ϵ , близкий к $0-10^\circ$, фасонный профиль в этих частях несколько раскашивается — под $\epsilon=10^\circ$ (см. рис. 88). Это более упрощает изготовление фрезы, чем косая боковая обточка поверхностей зубьев, при наличии которой к тому же (при стачивании зубьев цельной фрезы) не обеспечивается неизменность профиля обрабатываемой детали.

Влияние «раскоса» на геометрию обрабатываемой детали незначительно. Вследствие этого угол бокового зазора (задний

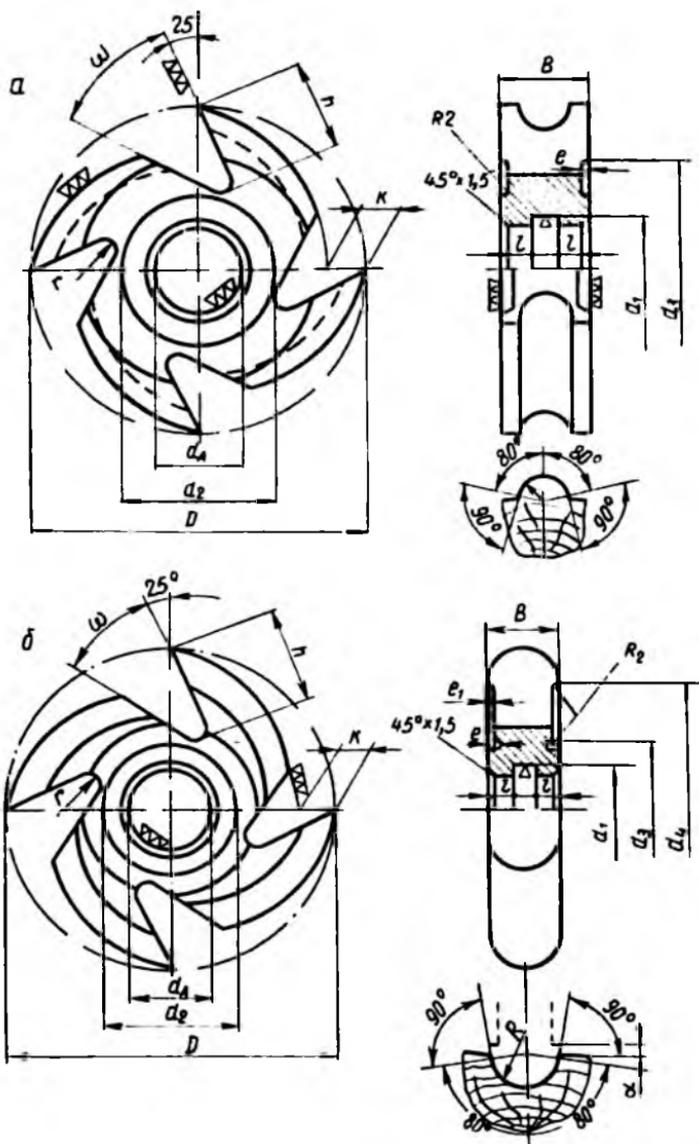


Рис. 87. Нормальные фасонные фрезы:
 а — фреза для обработки штапов; б — фреза для обработки галтелей

угол боковых режущих кромок) в раскошенных участках будет соответствовать по формуле (68) при данных значениях контурных углов углу $\alpha' = 1,5^\circ$, что вполне допустимо.

Как видно из рис. 89, в зависимости от глубины, или высоты профиля обрабатываемой детали h изменяются внешний диаметр D и угол впадины зуба ω . Указанное обстоятельство диктуется необходимостью соблюдения нормального значения угла выхода резца $W = 8 \div 12^\circ$ при затыловке зубьев на токарно-затыловочных станках.

Получение $\angle W_1$ в пределах $8-12^\circ$ при различных глубинах h профиля изделия может быть осуществлено путем изменения либо диаметра фрезы, либо угла впадины. Последнее обстоятельство, однако, в значительной степени уменьшает длину затылка зуба и, следовательно, срок службы фрезы.

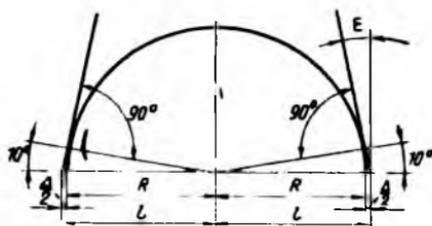


Рис. 88. Геометрия профиля штапа, исключающая необходимость кривой боковой обточки зубьев фрезы

Для предотвращения излома зубьев, переточенных до минимального значения, в конструкциях фрез, особенно для обработки глубоких профилей, предусматриваются предохранительные (ограничительные) фаски (рис. 89, в), исключающие дальнейшее использование

фрезы. Оставшаяся часть тела зуба обладает достаточной прочностью, поэтому излом таких зубьев в работе исключается.

В случае обработки зубьев фрез на токарно-затыловочных станках на чертеже нормали обычно указывается величина падения кривой затылка $\left(k = \frac{\pi D \operatorname{tg} \alpha}{z}\right)$, а не значение заднего угла α .

Допускаемые отклонения размеров фрезы принимаются обычно для диаметра центрального отверстия по второму классу точности, для остальных размеров — по пятому классу точности.

Фасонные фрезы для строгальных тяжелых станков. Эти фрезы имеют конструкцию и размеры, нормализованные в практике строгания досок. Фрезы для гладкого строгания и отбора четверти — фальцевания выполняются цельными, фрезы для выборки паза и гребня — составными из двух половин, с соединением зубьев в замок (см. рис. 100). Внешний диаметр таких фрез 180 мм, внутренний — 60 мм. Число зубьев 6. Контурные углы зубьев также нормализованы и соответствуют следующим значениям, град:

Передний угол γ	30	Задний угол α	10
Угол заострения β	50	Угол кривой боковой обточ-	
		ки τ	2

Крепление фрез с диаметром внутреннего отверстия 60 мм производится на специальной головке (см. рис. 122), укрепленной в свою очередь на шпинделе станка.

Пазовые фрезы. Имеются многочисленные разновидности фрез для выборки паза или фальца. Одна из конструкций таких фрез изображена на рис. 90. Затылок зуба образован по соответствующей кривой подобно фасонным фрезам. Зубья данной фрезы затачивают со стороны передней грани, причем для улучшения условий резания боковых режущих кромок эта грань имеет последовательную разностороннюю косую заточку ($\varphi = 15 \div 20^\circ$). Для выборки фальца фреза может иметь лишь односторон-

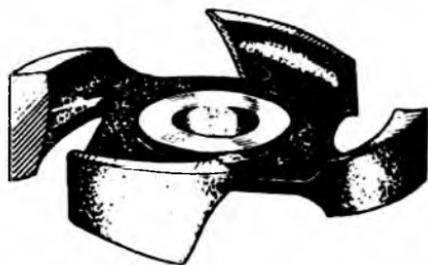
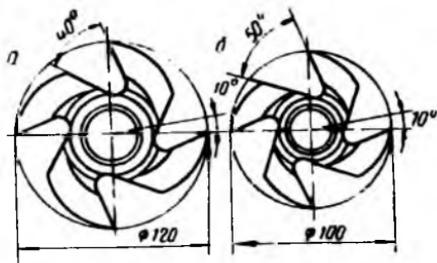


Рис. 89. Фасонные фрезы:
а и б — конструктивные варианты; в — фреза с ограничительными фасками

Рис. 90. Фреза для выборки паза с передней косой заточкой и боковой косой обточкой боковых поверхностей

нюю косую заточку передних граней, так как в этом случае лишь одна из боковых режущих кромок участвует в резании.

Изготовление фрез с двусторонней косой заточкой передних граней представляет некоторые трудности; фреза в этом случае при затыловке на затыловочном станке должна обрабатываться через зуб разными резцами. Угловые (габаритные) значения зубьев данной фрезы и фасонных фрез идентичны.

Во избежание трения о поверхности паза детали боковыми поверхностями зуба последние должны быть образованы под углом к плоскости, нормальной к оси фрезы, путем боковой косой обточки ($\angle \tau = 1 \div 2^\circ$). Вследствие этого ширина зуба фрезы будет уменьшаться при стачивании, что является недостатком фрез при выборке точных пазов.

Другой вариант пазовых фрез с кривым затылком представляет конструкция, изображенная на рис. 91, а. Зубья фрезы в данном случае имеют поднутрение боковых поверхностей под

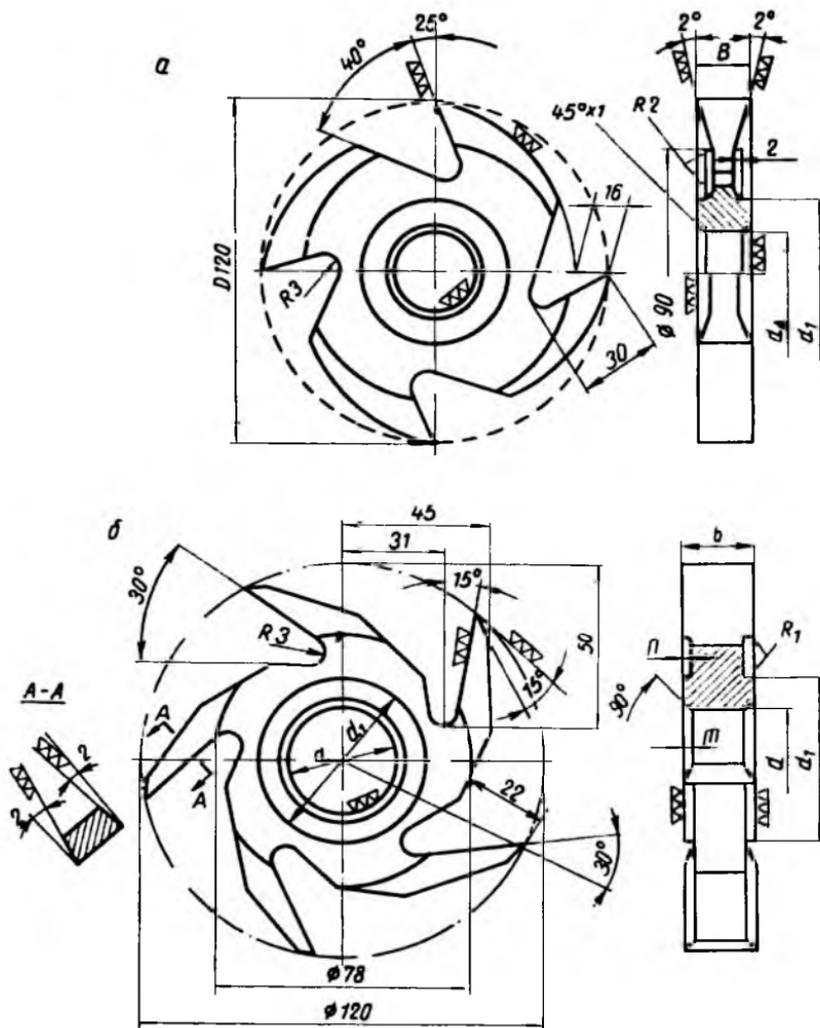


Рис. 91. Пазовые фрезы:
a — с передней заточкой; *б* — с задней заточкой

углом $\lambda = 1 \div 2^\circ$, вследствие чего устраняется трение их о боковые поверхности паза.

Угловые значения зубьев: передний угол $\gamma = 20 \div 30^\circ$, угол заострения $\beta = 45 \div 60^\circ$, задний угол $\alpha = 10 \div 15^\circ$, угол бокового поднутрения $\lambda = 1 \div 2^\circ$.

Конструкция пазовой фрезы с прямым затылком зубьев изображена на рис. 91, б. Как видно из рисунка, боковые поверхности зубьев имеют косую боковую обточку под углом 2° .

Заточка их осуществляется со стороны затылка, вследствие чего ширина режущей грани остается неизменной.

Габаритные и угловые размеры пазовых фрез, применяемых на фрезерных и продольно-фрезерующих станках, приведены в табл. 38.

Таблица 38

Основные размеры пазовых и фальцовочных фрез

Фрезы	Габаритные размеры, мм				Угловые размеры, град				
	D	d	z	B	γ	α	β	τ	λ
Фрезы с кривым затылком зубьев с косою боковой обточкой	120—150	25—32	4—6	12—20	20—30	10—15	60—70	2	—
Фрезы с кривым затылком зубьев с поднутрением боковых поверхностей	120—180	25—60	4—6	4—20	20—30	10—15	60—70	—	1—2
Фрезы с прямым затылком зубьев с косою боковой обточкой	120—180	25—32	5—8	4—20	20—30	10—15	60—70	2	—
Фрезы с комбинированным зубом	100—160	20—40	10—40	—	20—30	15—20	60—70	—	2

Прорезные фрезы (крючья). Фрезы, применяемые для обработки ящичных шипов, изображены на рис. 92. Формы зубьев этих фрез приведены на рис. 93. Зуб a имеет боковые поверхности, образованные посредством боковой косою обточки под углом, равным $\angle \tau = 1 \div 2^\circ$. Заточка зубьев такой конструкции фрезы осуществляется со стороны затылка, образованного по прямой линии. Зуб b имеет поднутрение боковых поверхностей под углом, равным $\lambda = 1 \div 2^\circ$. Заточка зуба осуществляется в этом случае с передней ее грани. Зубья v имеют косою боковую обточку или узкую фаску вдоль боковых кромок ($f = 0,5$ мм). Зубья этой разновидности затачиваются со стороны затылка, образованного по прямой линии.

Внешний диаметр D и диаметр отверстия d крючьев зависят от типа станка, на котором они применяются (фрезерный, ящичный станки или рамный шипорез), и глубины проушин обрабатываемых деталей.

Ширина режущей кромки зависит от ширины ящичных шипов или проушин рамных соединений и колеблется от 4 до 14 мм с градацией через 2 мм.

При изготовлении прорезных фрез необходимо обеспечить точность ширины режущей кромки и толщины ступицы.

Нормали фрез, применяемых на фрезерных станках и ящичных шипорезах, приведены соответственно на рис. 92. Угловые значения зубьев фрез зависят от породы обрабатываемой древесины и колеблются в следующих пределах $\angle \alpha = 15 \div 20^\circ$, $\angle \gamma = 25 \div 30^\circ$, $\angle \delta = 60 \div 65^\circ$.

обеспечивающего безопасность работы. Целесообразнее и производительнее зашивку ящичных дощечек осуществлять на специальных ящичных шипорезах с механической подачей (с горизонтальным шпинделем станка).

На фрезерных станках крючья должны укрепляться на фрезерных оправках с верхним подшипником (см. рис. 121).

Фрезы с пластинками из твердых сплавов. Высокая износостойкость фрез с пластинками из твердых сплавов делает их применение экономически эффективным при обработке древеснослоистых пластинок, склеенной и цельной древесины. Особенно целесообразно применять пластинки из твердых сплавов для мерных фрез (пазовых) или фрез сложной конфигурации

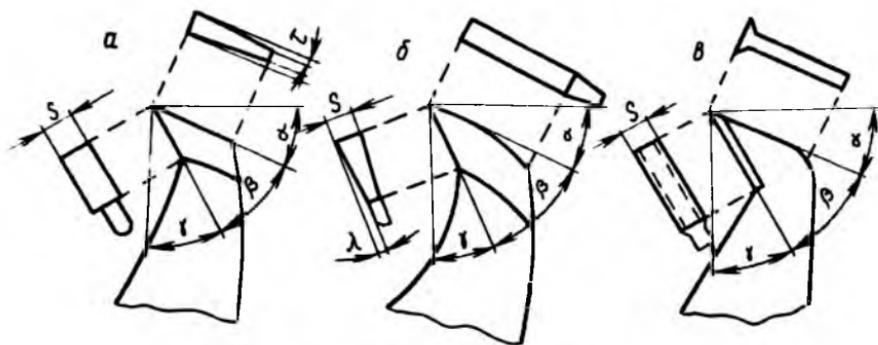


Рис. 93. Режущие элементы двузубых фрез (крючьев)

(цилиндрических со спиральным зубом), заточка которых представляет определенные трудности.

Применение фрез с пластинками из твердых сплавов целесообразно и в автоматических станочных линиях для уменьшения времени на перестановку инструмента. Кроме того, в автоматических станочных линиях при их высокой производительности скорости подачи относительно невелики. При высоком числе оборотов шпинделей ($n=6000$ об/мин) толщина стружек, приходящаяся на один зуб, имеет малые значения. Фрезы из легированной стали быстро затупляются и не обеспечивают высокого качества фрезерования. Наиболее пригодны в этих случаях фрезы с пластинками из твердых сплавов.

В деревообрабатывающих производствах встречаются многочисленные типы фасонных фрез для обработки деталей различных изделий. За последние годы, однако, наблюдается резкое сокращение производства брусковых деталей с фасонной поверхностью из-за широкого внедрения унифицированной щитовой мебели, мебели из выклеенных деталей, щитовых дверей и унификации профилей оконных переплетов. В связи с этим и главным образом с точки зрения экономики нормализация и

риодический характер стружкообразования отражается на условиях работы станка, вызывая вибрацию шпинделя, ухудшает качество обработки и сказывается на ее производительности.

У фрез с винтообразным расположением режущих кромок, в отличие от прямозубых, режущие кромки входят в контакт с обрабатываемой деталью не сразу всей своей кромкой, а постепенно, и так же постепенно выходят из него (рис. 95).

При работе фрез с винтовыми зубьями усилия резания тоже изменяются, периодически увеличиваясь и уменьшаясь, но эти изменения менее резкие. Благодаря резанию древесины в про-

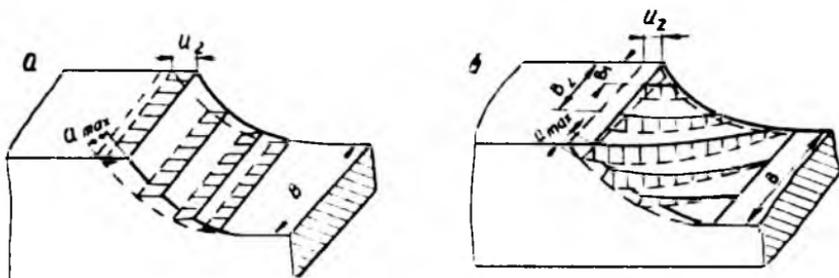


Рис. 95. Схемы поперечного сечения стружки, снимаемой цилиндрической фрезой:

a — с прямой кромкой зубьев; *b* — с винтообразной кромкой зубьев

дольно-поперечном направлении улучшаются условия стружкообразования, что исключает возникновение заколов обрабатываемой древесины по поверхности обработки. На рис. 95 представлены схемы изменения геометрии стружки (ее поперечного сечения) у фрез с прямыми и винтообразными режущими кромками зубьев.

Положение винтообразной кромки зуба характеризуется углом наклона ее к оси фрезы ω или шагом ее H при данном диаметре:

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{\pi D}{H}.$$

На рис. 96 показана нормаль цилиндрической фрезы с винтообразным расположением зубьев. Фреза имеет четыре зуба с углом наклона винтовой линии к оси фрезы 25° . Пластинки впаивают в открытое гнездо при помощи технологических штифтов, которые после пайки шлифуются.

Форма фрезы винтообразная, та же, что и у фрез для обработки металла (ГОСТ 2209—55, форма 36, № 3607), с дополнительной заточкой передней грани под углом $\gamma = 30^\circ$, и характеризуется поперечным сечением a , b , длиной l , номинальным наружным диаметром D и углом наклона ω .

Ширина фрез B принята двух размеров: 50 и 77 мм. Это объясняется размерами пластинок: у фрез шириной 50 мм впаивают две пластинки на зуб, а у фрез шириной 77 мм — три пластинки. Пластинки впаивают в шахматном порядке, чтобы стыки перекрывались отдельными зубьями.

Цельные пазовые фрезы с прямым затылком зубьев. Для выборки пазов и проушек применяют фрезы с пластинками из твердых сплавов, имеющими косую боковую обточку (задние

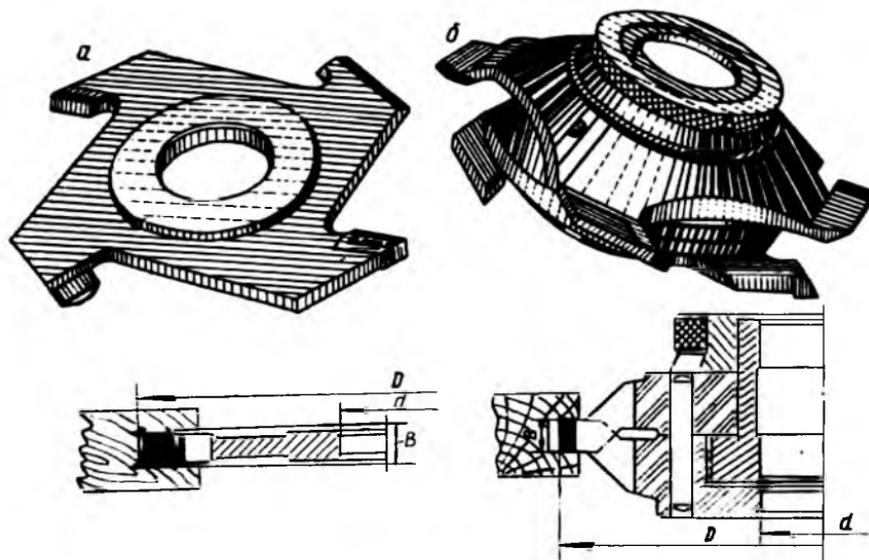


Рис. 97. Общий вид и конструкции фрез для выборки пазов:
 а — нерегулируемая фреза; б — комплект фрез с регулировкой ширины обрабатываемого паза

углы боковых поверхностей пластинок $\alpha_1 = 10^\circ$). Зубья затачивают с задней грани. На рис. 97 показана четырехзубая пазовая фреза.

Конструкция таких фрез с пластинками из твердых сплавов представлена ГОСТ 11291—65. Диаметр фрезы $D = 80 \div 180$ мм; ширина режущей кромки B от 4 до 20 мм с градацией через 2 мм.

Для сокращения типоразмеров пазовых фрез целесообразно применять регулируемые пазовые фрезы, представленные на рис. 97, б. Сдвигая и раздвигая две фрезы по отношению друг к другу до определенного предела на специальной установочной головке за счет перекрытия режущих кромок, можно одной фрезой выбирать различные пазы: $B = 4 \div 7,5$ мм; $B = 6 \div 11,5$ мм; $B = 7 \div 13,5$ мм, в зависимости от ширины режущих частей зубьев.

Для уменьшения типоразмеров фрез с пластинками из твердого сплава, находящихся в обращении на производстве, целесообразно применять фрезы с регулируемыми размерами режущей части. Эти фрезы имеют преимущество и в отношении настройки их на точный размер операции (с учетом погрешностей станка и инструмента).

Составной и комбинированный фасонный фрезерный инструмент

Составные фасонные фрезы, зубья которых имеют косую боковую обточку, применяются для точной обработки двусторонних фасонных деталей (рис. 98). В цельных фрезях с зубьями, имеющими косую обточку, двусторонний профиль их режущей грани изменился бы (уширился) при стачивании, что привело бы к искажению профиля обрабатываемой детали. Для обеспечения постоянства профиля обрабатываемой детали применяются составные фасонные фрезы. Регулировка положения отдельных фрез относительно друг друга осуществляется по-разному.

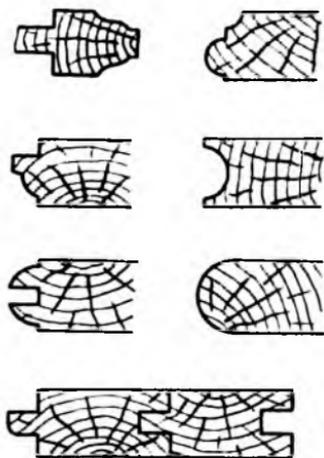


Рис. 98. Двусторонние профили деталей

Наиболее рациональные составные фрезы — саморегулирующиеся. В других конструкциях боковая регулировка относительного положения фрез в соответствии со стачиванием достигается посредством прокладочных колец разной толщины, упорных винтов либо кругового смещения. Некоторые составные фрезы делаются в замок, т. е. внутренние части режущих зубьев последовательно перекрывают друг друга, чтобы не оставались следы разъема зубьев на поверхности обрабатываемой детали.

Изготовление составных фрез с соединением зубьев в замок представляет значительные трудности в отношении обработки и пригонки боковых опорных плоскостей и косой боковой обточки поверхности зубьев. Наиболее разнообразны по конструкции составные пазовые и гребневые профильные фрезы (рис. 99); основные из них схематически освещены ниже.

Двойные составные саморегулирующиеся гребневые фрезы широко применяются для выборки гребней досок (обшивочных, половых и пр.) на продольно-фрезерующих станках. На рис. 100 приведены наиболее характерные и распространенные в практике строгания фрезы, зубья которых соединяют в замок. На схемах *в* и *г* изображены два соседних зуба составной фрезы

(со стороны затылков) и профиль обрабатываемого гребня. Как видно из рисунка, профили режущих граней зубьев правой и левой фрез дополняют друг друга; при этом профиль режущей грани каждого зуба правой фрезы подобен профилю режущей грани соседнего зуба левой фрезы и наоборот. Вследствие этого гребень обрабатываемой детали имеет с обеих боков в верхней части симметричное закругление.

Составные пазовые фрезы (саморегулирующиеся). Из многочисленных конструкций составных пазовых фрез (из двух, трех и четырех цельных фрез) наиболее распространенными и вместе с тем рациональными являются фрезы, изображенные на

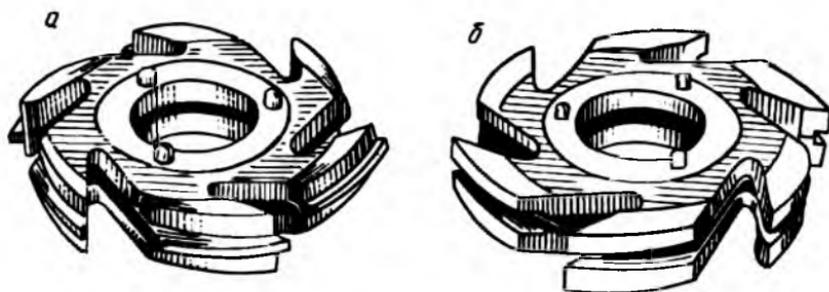


Рис. 99. Составные фрезы:
а — пазовая; *б* — гребневая

рис. 99, *а*; они обеспечивают постоянство профиля (паза) обрабатываемого изделия. Зубья этой составной фрезы соединяются в замок.

Конструктивная схема фрезы и схема обработки паза приведены на рис. 100, *а, б*, из которых видно, что режущие кромки зубьев b_1 и b_2 производят гладкое строгание доски, в то время как паз выбирается последовательно гребнями зубьев b_0 и b_0' . Гребень первого верхнего зуба и опорная его часть, примыкающая к левой фрезе, имеют косую боковую обточку. Такую же обточку имеет опорная часть зуба левой фрезы ($\angle \tau$). Второй составной зуб имеет обратный порядок расположения зубьев отдельных фрез и т. д. Вторая сторона каждого гребня зуба противоположна той, которая имеет косую боковую обточку, и отстоит от диаметральной плоскости, проходящей через боковую плоскость паза, на 0,5 мм (для новых фрез), т. е. не режет. Таким образом, боковые стенки паза последовательно оформляются только режущими кромками гребней, имеющих боковую обточку, что обеспечивает неизменность профиля получаемого паза и необходимо во избежание трения всей этой стороны гребня о боковую стенку паза. При стачивании зубьев их гребни, утончающиеся в задней части (вследствие косой боковой обточки одной стороны), перекрывают друг друга на

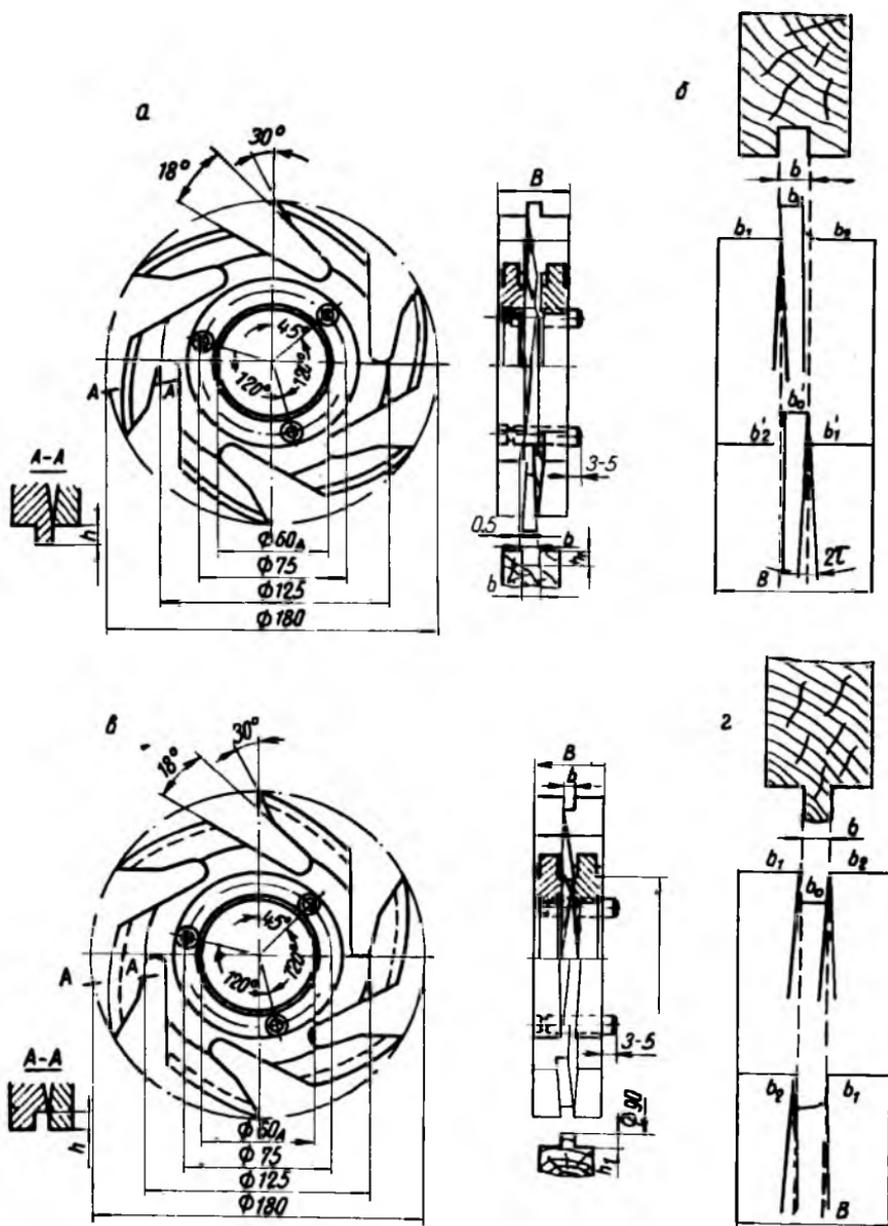


Рис. 100. Нормали составных фрез:

а — пазовая фреза; б — схема обработки паза; в — гребневая фреза; г — схема обработки гребня

большую величину (компенсируя тем самым уменьшение ширины гребня) так, что расстояние между диаметрными плоскостями, проходящими через боковые кромки гребней зубьев, остается неизменным и равным ширине паза. Это происходит вследствие смещения фрез друг относительно друга из-за стачивания опорных частей зубьев, имеющих косую боковую обточку боковых поверхностей, в чем легко убедиться из рис. 100, б. Общая толщина фрезы уменьшается на ту же величину, на которую увеличивается перекрывание гребней друг другом. Точность получающегося профиля паза зависит от точности размеров гребней и точности косой обточки боковых режущих и опорных поверхностей зубьев.

Составные фрезы для обработки фасонных деталей. Составные фасонные фрезы имеют много разновидностей в зависимости от профиля обрабатываемой детали. В деревообработке применяются также комбинации цельных фасонных фрез с прочим фрезерным инструментом: пилками, дисками или ножевыми головками.

На рис. 101 даны варианты сборных фрез с пластинками из твердых сплавов для обработки деталей оконных переплетов и профильных деталей на строгально-калевочных и фрезерных станках. На рис. 101, а показана сборная фреза для обработки паркетной дощечки. Паз в дощечке выбирает средняя прорезная фреза типа пилки. На рис. 101, б дана сборная саморегулирующаяся фреза для выборки гребня в заготовках (досках для пола). Эта фреза состоит из двух фрез, зубья которых выполнены в замок. Фрезы с пластинками из твердых сплавов, применяемые на строгально-калевочных станках, имеют, как правило, шесть зубьев и диаметр 180 мм. На рис. 101, в показана сборная фреза для обработки деталей оконных переплетов. Для измельчения отрезаемых от древесностружечных плит кусковых отходов с целью облегчения их эксгаустирования посредством пневматического транспорта применяют сборные фрезы, показанные на рис. 101, г. Они состоят из круглой пилы и набора фрез типа прорезных, в данном случае четырехзубых фрез с диаметром резания на 4—5 мм меньшим, чем диаметр пил. Ширина режущей кромки фрез 8—10 мм.

Заточка фрез. Заточка зубьев цельных и составных фрез осуществляется на специальных заточных станках. При заточке очень важно соблюдать неизменность переднего угла γ . Это достигается посредством соответствующего расположения фрезы перед шлифовальным кругом — ось фрезы должна быть смещена против боковой рабочей плоскости шлифовального круга на величину $x = R \sin \gamma$ (рис. 102). Для заточки фрезы следует применять специальные тарельчатые шлифовальные круги; в случае применения плоских шлифовальных кругов износ их боковой плоскости приводит к искажению угловых значений зуба фрезы. Ни в коем случае нельзя допускать заточку зубьев

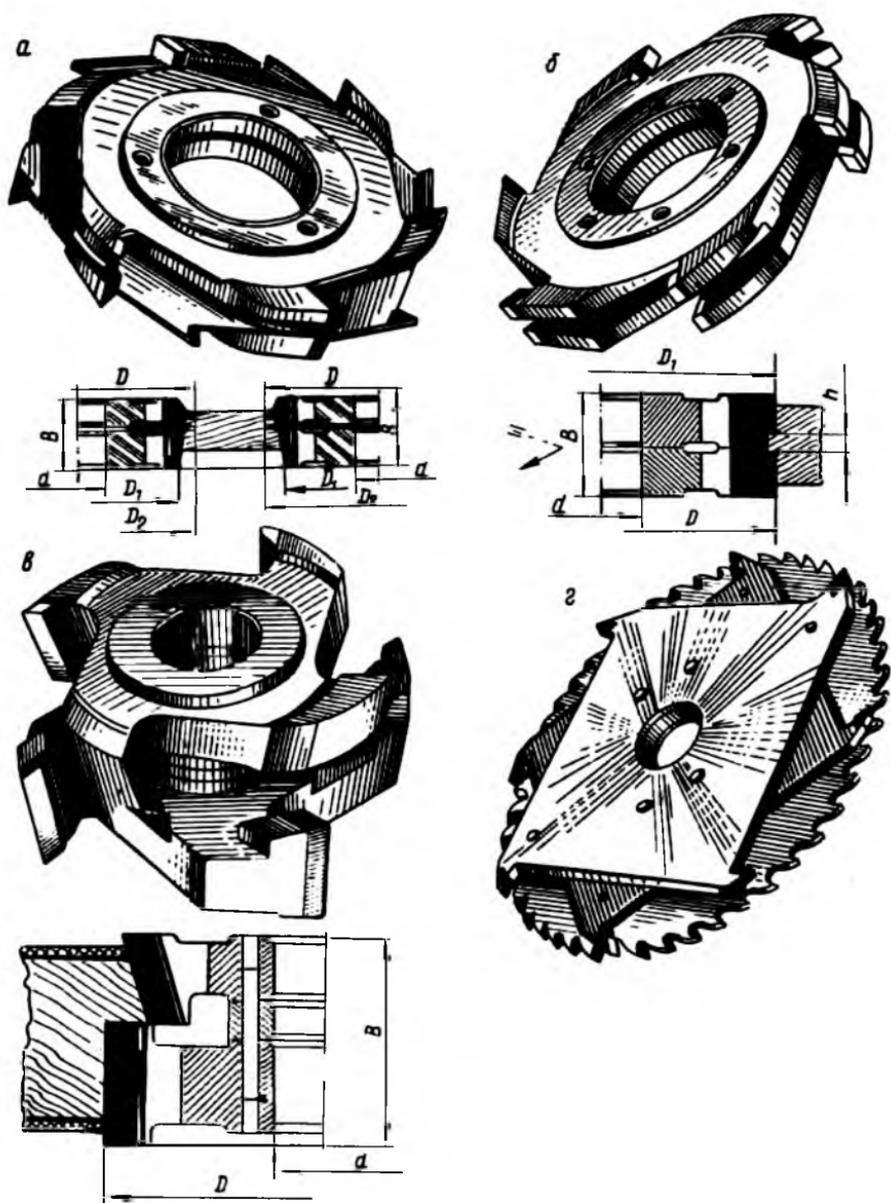


Рис. 101. Общий вид и конструкции сборных фасонных фрез:

а — фреза для обработки паркетных досочек; *б* — фреза для выборки гребня; *в* — фреза для обработки деталей оконных переплетов; *г* — фреза с пилой для обрезки плит и измельчения кусковых отходов

фрез непосредственно от руки, без направляющего приспособления, так как это неизбежно приводит к искажению угловых значений зуба, а следовательно, к искажению профиля обрабатываемых деталей.

Имеется много разновидностей станков для заточки фасонных фрез. По принципу действия их можно разделить на ручные, полуавтоматические и автоматические. В ручных станках подача фрезы на шлифовальный круг и поворот ее для заточки следующего зуба осуществляется вручную; в полуавтоматах вручную подается лишь фреза на шлифовальный круг, поворот зубьев фрезы происходит автоматически.

Отечественная промышленность (Кировский станкостроительный завод) выпускает ручные (ТчФ) и автоматические (ТчФА) станки для заточки фрез. Фрезы с пластинками из твердых сплавов затачивают на универсальном заточном станке ЗА64.

Контроль угловых значений зубьев производится соответствующими шаблонами. Точность заточки — равенство радиу-

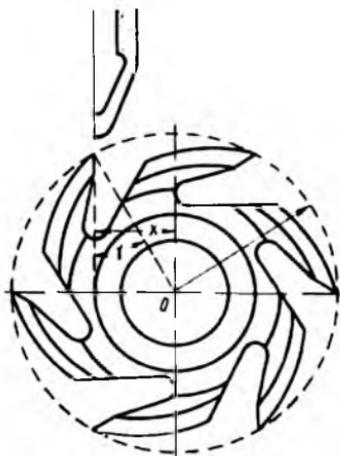


Рис. 102. Схема заточки зубьев фрезы

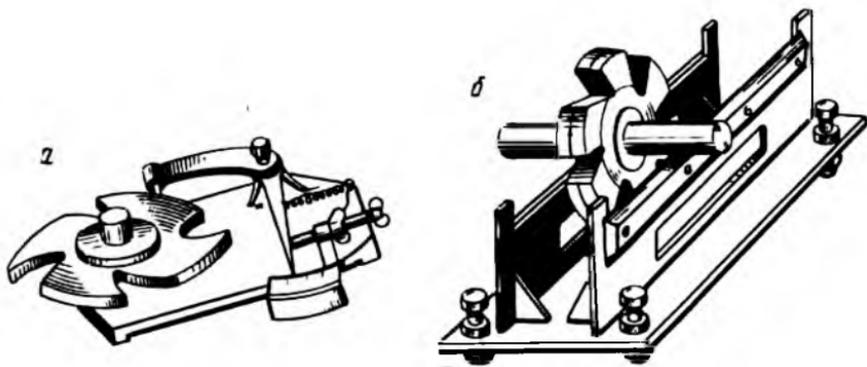


Рис. 103. Приспособления для выверки фрез:

а — для проверки зубьев на радиальное биение; *б* — для проверки уравновешенности фрезы

сов резания — проверяется на приспособлении, имеющем стрелочный указатель, или индикатор (рис. 103).

Точность и качество обработки фрез. Общими требованиями, предъявляемыми к точности изготовления цельных фрез, являются: точность размера посадочного места фрезы (диаметра

внутреннего отверстия), совпадение режущих кромок всех зубьев фрезы с одной поверхностью вращения (отсутствие радиального биения), параллельность торцовых опорных плоскостей фрезы и расположение боковых режущих кромок на одной поверхности (отсутствие торцового биения). Особое требование предъявляется к точности размера режущей кромки мерных фрез, так как он определяет точность обработки детали в соответствии с системой допусков и посадок на детали из древесины (ГОСТ 6449—53).

Расчет допуска на размеры фрез (пазовых, проушечных и пр.) по ширине производится с учетом разбивки паза. Разбивка паза является следствием неточности положения рабочего органа станка, его состояния и прочих факторов.

До получения результатов исследований, которые должны быть весьма многочисленны и обработаны по методу математической статистики, можно пользоваться допусками на ширину режущей части мерного фрезерного инструмента по скользящей посадке третьего класса точности (C_3 по ОСТ 1013), что и представлено во всех нормалях пазовых и проушечных фрез.

Допуски на остальные размеры фрезы должны удовлетворять следующим значениям.

1. Внешний диаметр фрезы должен быть в пределах седьмого класса точности (B_7 по ОСТ 1010).

2. Диаметр внутреннего (посадочного) отверстия должен быть в пределах второго класса точности (A по ОСТ 1012).

3. Радиальное биение зубьев фрезы не должно превышать 0,05 мм.

4. Торцовое биение боковых граней зубьев не должно превышать 0,04 мм на сторону.

5. Отклонения значений контурных углов зубьев от номинальных должны быть в пределах $\pm 1^\circ$.

6. Отклонения значений углов поднутрения и косой боковой отточки от номинальных должны быть в пределах $0 \div 30$.

7. Дисбаланс фрезы не должен превышать 2 г.

Точность положения режущих кромок зубьев фрезы проверяется на специальном приспособлении с индикатором или чувствительным рычагом (рис. 103, а). Уравновешенность фрезы проверяется на балансировочном приспособлении (рис. 103, б).

Внешний вид фрез должен удовлетворять следующим требованиям:

1. На поверхности фрез не должно быть трещин, раковин, черновин, выкрошенных мест, следов коррозии и поджогов от шлифования.

2. Поверхности зубьев, опорные торцы и отверстие должны быть чисто отшлифованы. Нешлифованные поверхности фрез следует обдуть песком, чтобы они имели ровный матовый цвет.

3. У посадочного отверстия должны быть сняты фаски.

4. Все острые углы кромки, за исключением режущих, необходимо закруглять.

5. Зубья фрез должны быть остро заточены. Завал режущих кромок не допускается.

Технические требования к качеству и внешнему виду фрез с пластинками из твердого сплава должны подчиняться следующим условиям:

1. Чистота обработанных поверхностей фрез и пластинок должна соответствовать условным обозначениям, приведенным в проектах нормалей.

2. Корпус фрез не должен иметь трещин, раковин, черновип, забоев, зазубрин, заусенцев и следов коррозии, а также острых углов и кромок.

3. Трещины, выкрошины, царапины и другие дефекты пластинок не допускаются.

4. Места пайки пластинок должны быть зачищены. Слой припоя у каждого зуба фрезы должен быть тонким, непрерывным, без разрывов и черноты.

5. Режущие кромки зубьев должны быть остро заточены и доведены. Завалы, выкрошины, трещины и поджоги не допускаются.

6. Все не обрабатываемые после термообработки поверхности корпуса фрез должны быть обдuty песком и иметь ровный матовый цвет.

7. На торцах или торцовых выточках фрез должны быть нанесены знаки маркировки, предусмотренные в проектах нормалей на данный тип и вид фрезы, хорошо видимые невооруженным глазом и несмываемые.

8. Все фрезы, оснащенные пластинками из твердых сплавов, следует контролировать по внешнему виду и наличию дефектов, по размерам и допускам на отрыв пластинок и разрыв корпуса из-за действия центробежных сил и по твердости корпуса и пластинок. Для предохранения фрез с пластинками из твердых сплавов от выкрошивания режущих частей при ударах во время транспортировки и хранения их следует укладывать в деревянные футляры с посадкой фрезы на вкладыш из дерева. При транспортировке фрез от завода-изготовителя режущие части должны быть покрыты толстой защитной пленкой пластмассы (смола), легко снимающейся с зуба фрезы.

Глава IX

ФРЕЗЕРНЫЙ ИНСТРУМЕНТ СО ВСТАВНЫМИ СМЕННЫМИ РЕЗЦАМИ

Фрезы со вставными резцами имеют наибольшее количество разновидностей и обладают характерной особенностью — сменностью резцов и постоянством радиуса резания. Фрезы со вставными резцами в основном различаются по форме резцов (плоские, кривые, круглые), по числу резцов ($z=2\div 12$) и по

конструкции закрепляющего приспособления (круглые и квадратные головки, зажимные шайбы и пр.). Сменные фасонные резцы легко изготовить, что является основным их преимуществом. Поэтому применение указанных фрез целесообразно в случае обработки малого количества деталей разнообразных профилей. Некоторые сменные фасонные резцы — плоские и круглые — благодаря своей форме, дающей возможность использовать заготовку с небольшими отходами, могут изготавливаться из специальных высококачественных легированных инструментальных сталей.

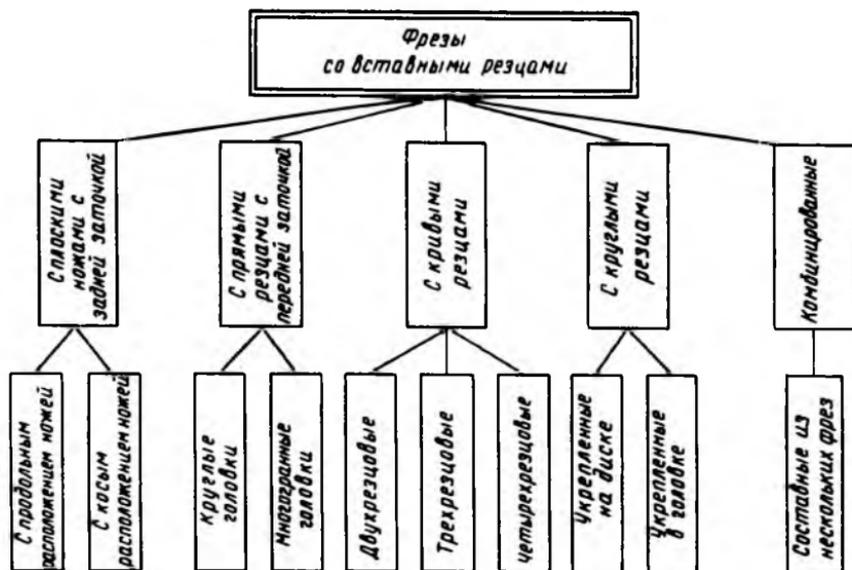


Рис. 104. Схема классификации фрез со вставными резцами

Применение тех или иных конструкций фрез со вставными резцами обуславливается различными свойствами таких фрез и условиями производства.

Как видно из схемы классификации насадных фрез со сменными резцами (рис. 104), разделение их на типы осуществляется по признаку формы резцов и на виды — по форме корпуса, числу резцов или положению резцов в корпусе.

Для обработки деталей на фрезерных станках с ручной подачей целесообразно применять двух- трехрезцовые фрезы со вставными кривыми резцами. Применение таких фрез особенно удобно при фасонной обработке деталей на фрезерном станке по кольцу в приспособлении (цулаге), так как вследствие постоянства радиуса резания отпадает необходимость регулирования приспособления или подбора упорных колец па фрезер-

ном шпинделе. Фрезы с большим количеством вставных резцов ($z=6\div 8$) обычно применяются на строгальных станках.

Особое внимание при конструировании фрез со вставными (сменными) резцами должно быть уделено обеспечению безопасности их работы.

Лучшими конструкциями являются закрытые обтекаемые фрезы с надежным креплением вставных резцов. Помимо крепления резцов к корпусу, в конструкции инструмента соответствующего типа должны быть предусмотрены предохранительные шпильки, предотвращающие вылет резцов, и центрирующие шайбы с шаровой поверхностью, обеспечивающие надежный зажим всех резцов при фланцевом креплении. В последнее время в зарубежной практике все больше находят применение на фрезерных станках с ручной подачей ограничительные кольца (ограничивающие толщину снимаемой стружки) для безопасности работы.

Ножевые головки с фасонными плоскими ножами с задней заточкой

Характеристика. Плоские фасонные ножи, закрепленные на квадратной ножевой головке, представляют собой старый и небезопасный фасонный фрезерный инструмент со сменными резцами (рис. 105). Фасонные плоские ножи применяются для фасонной обработки небольшого количества деталей (вследствие сравнительно малой стоимости и быстроты изготовления таких ножей), а также не особо тщательной профильной обработки деталей. Ряд недостатков, присущих этому инструменту, — трудность правильной заточки задней профильной поверхности ножа; неизбежная неточность установки, влияющая на качество обработки; неуравновешенность; пониженная скорость вращения; опасность в работе заставляет отказываться от него, особенно при нормализации и стандартизации форм фасонной обработки деталей изделия данного предприятия. Фрезерный инструмент такого типа категорически запрещается применять на фрезерных станках с ручной подачей.

Профилирование фасонных ножей. Построение профиля фасонного ножа по профилю обрабатываемой детали осуществляется на основе приемов начертательной геометрии.

Порядок графического построения профиля фасонного ножа для данной ножевой головки по профилю обрабатываемой детали состоит в следующем (рис. 105).

Вычерчивается в натуральную величину вертикальная и горизонтальная проекции головки с ножами. Ножевая головка располагается относительно плоскостей проекций так, чтобы ось ее вращения была перпендикулярна горизонтальной плоскости проекции, а передние плоскости ножей были параллельны вертикальной плоскости проекции.

На плоскости H из точки O — горизонтальной проекции оси вращения — проводят радиусом $R_{\text{мин}}$ горизонтальную проекцию параллели, описываемой точкой 4, наиболее близкой к ножевой головке. Минимальный радиус резания ножа $R_{\text{мин}}$ должен быть несколько больше, чем радиус окружности R_0 , описываемой наиболее выступающими точками гаек прижимных болтов:

$$R_{\text{мин}} = R_0 + (2 - 3) \text{ мм.}$$

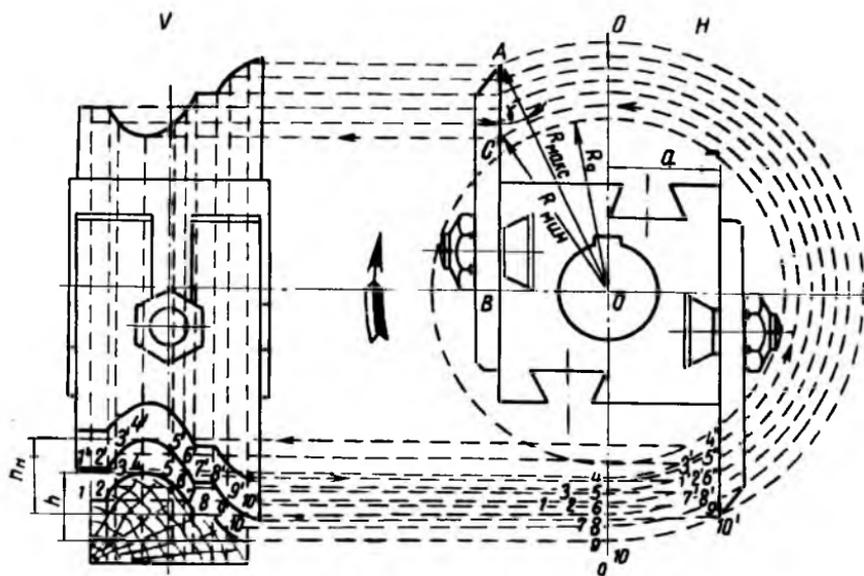


Рис. 105. Графическое построение профиля ножа по профилю изделия:
 V — вертикальная проекция; H — горизонтальная проекция

Далее вычерчивают заданный профиль обрабатываемой детали, причем его располагают так, чтобы направляющая прямая обрабатываемой поверхности была перпендикулярна вертикальной плоскости проекций; тогда вертикальная проекция $1-2-3 \dots 9-10$ заданного профиля даст его истинную величину и форму. Эту проекцию помещают ниже вертикальной проекции ножевой головки, чтобы ближайшая к ножевой головке точка 4 профиля изделия отстояла от вертикальной проекции оси вращения на величину $R_{\text{мин}}$.

Как известно из теории профилирования, линия $1-2-3 \dots 10$ должна совпадать с осевым (меридиональным) сечением поверхности вращения, описываемой лезвиями ножей. Следовательно, она представляет собой вертикальную проекцию линии пересечения названной поверхности вращения с ее осевой плоскостью, параллельной плоскости проекции V . Отмеченные на профиле детали, а следовательно, и на осевом сечении поверх-

ности вращения точки описывают при вращении ножевой головки параллели поверхности вращения. Вертикальные проекции этих параллелей будут прямыми линиями (1—1', 2—2', 3—3' и т. д.); их проводят перпендикулярно вертикальной проекции оси вращения через точки 1—2—3 ... 10 вертикальной проекции профиля детали.

На горизонтальную плоскость рассматриваемые параллели проектируют в истинной величине и форме, т. е. концентрическими окружностями, проведенными из точки O , как из центра, через точки 1—2—3 ... 10 — горизонтальные проекции точек, взятых на заданном профиле детали.

Как известно, профиль лезвия ножа является линией пересечения поверхности вращения, описываемой линией 1—2—3 ... 10, с плоскостью, проходящей через переднюю грань ножа. Эта плоскость для проектируемого ножа параллельна плоскости проекции V , поэтому горизонтальные проекции 1'—2'—3' ... 10' точек искомой линии пересечения сразу могут быть отмечены в точках пересечения горизонтальных проекций соответствующих параллелей с горизонтальным следом плоскости, проведенной через переднюю грань ножа.

Для построения вертикальной проекции линии пересечения проектируют точки 1'—2'—3' ... 10' на вертикальные проекции соответствующих параллелей и получают линию 1'—2'—3' ... 10', определяющую собой истинную форму лезвия ножа.

Последовательность графических построений можно проследить по стрелкам, поставленным для точки 4 профиля.

Аналитическое выражение максимальной ординаты профиля ножа (или любой другой) можно установить следующим образом (рис. 105). Пусть известны: R_{\max} — максимальный радиус резания точки режущей грани ножа и $a = \frac{A}{2}$ — расстояние плоскости ножа от оси ножевой головки. Требуется определить максимальную ординату профиля ножа и $h_{\text{н}}$.

Зная R_{\max} , определяют минимальный радиус резания в точке профиля ножа, равный

$$R_{\text{мин}} = R_{\max} - h,$$

где h — максимальная ордината профиля изделия.

Тогда из рис. 105 имеем: из $\triangle OAB$ и $\triangle OCB$

$$h_{\text{н}} = AC = AB - CB = l - l_1,$$

$$l = R_{\max} \cos \gamma,$$

где

$$\angle \gamma = \arcsin \frac{a}{R_{\max}};$$

$$l_1 = R_{\text{мин}} \cos \gamma_1 \text{ и } \angle \gamma_1 = \arcsin \frac{a}{R_{\text{мин}}},$$

откуда

$$h_{\text{н}} = R_{\max} \cos \gamma - R_{\text{мин}} \cos \gamma_1. \quad (75)$$

Эта формула может быть выражена и в другом виде. Так как

$$\cos \gamma = \sqrt{1 - \sin^2 \gamma}; \quad \text{а} \quad \sin^2 \gamma = \frac{a^2}{R_{\text{макс}}^2},$$

то

$$\cos \gamma = \sqrt{1 - \frac{a^2}{R_{\text{макс}}^2}}. \quad (76)$$

Подобно этому

$$\cos \gamma_1 = \sqrt{1 - \frac{a^2}{R_{\text{мин}}^2}}, \quad (77)$$

откуда, подставив значения (76) и (77) в формулу (75), получим

$$h_n = R_{\text{макс}} \sqrt{1 - \frac{a^2}{R_{\text{макс}}^2}} - R_{\text{мин}} \sqrt{1 - \frac{a^2}{R_{\text{мин}}^2}},$$

или

$$h_n = \sqrt{R_{\text{макс}}^2 - a^2} - \sqrt{R_{\text{мин}}^2 - a^2}. \quad (78)$$

Точное графическое построение профиля ножа особенно необходимо для сопряженных профилей, в то время как для простых и неглубоких фасонных работ это не имеет решающего значения, вследствие чего обычно применяются более простые, но менее точные способы определения профилей ножей.

Когда не требуется большая точность профиля изделия, может быть применим следующий способ определения профилей ножа. Определив геометрически для данной ножевой головки соответствующий угол наклона ножа γ , распиливают под этим углом образец изделия и, изготовив по полученному профилю сечения образца шаблон, пригоняют по нему профиль ножа. При отсутствии готового образца изготавливают его от руки, соответственно чертежу. Для фрезерного (вращающегося) инструмента этот способ не является точным, так как не учитывает влияния изменения $\angle \gamma$ в зависимости от глубины профиля, что было выражено в формуле (75). Ординаты профиля полученного сечения могут быть приближенно выражены следующей формулой:

$$h_n \approx \frac{h}{\cos \gamma}, \quad (79)$$

что несколько не соответствует действительным значениям ординат профиля ножа, вычисленным по формуле (75). На рис. 106, представляющем графическое оформление практического и теоретического способов определения профиля ножа, видна разница в построении этого профиля. Неточность сказывается тем больше, чем глубже профиль ножа и больше отношение $\frac{a}{R}$, что следует учитывать при пользовании этим способом построения.

Шипорезные ножевые головки. Ножевые головки шипорезных станков бывают двух видов: крыльчатые двухножевые с толстыми ножами (рис. 107, а) и круглые трехножевые с тон-

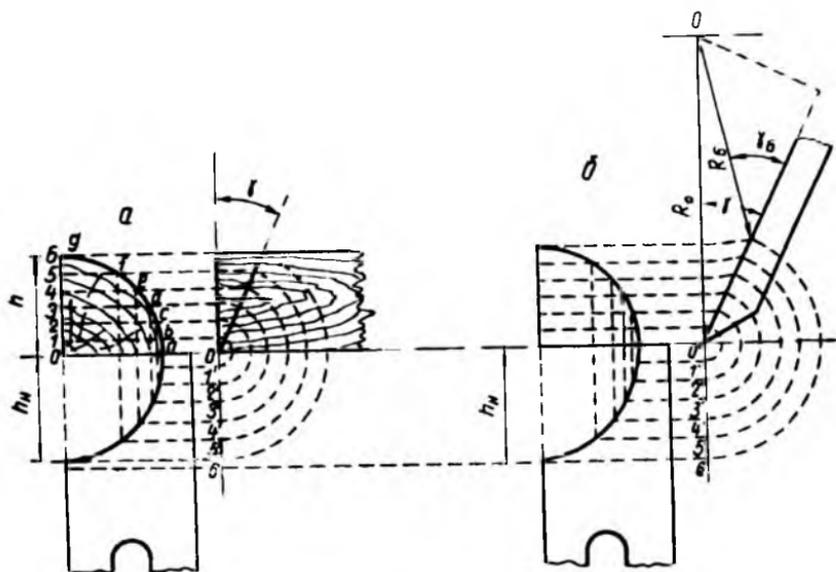


Рис. 106. Графическое оформление способов построения профиля ножа:
а — практического; б — теоретического

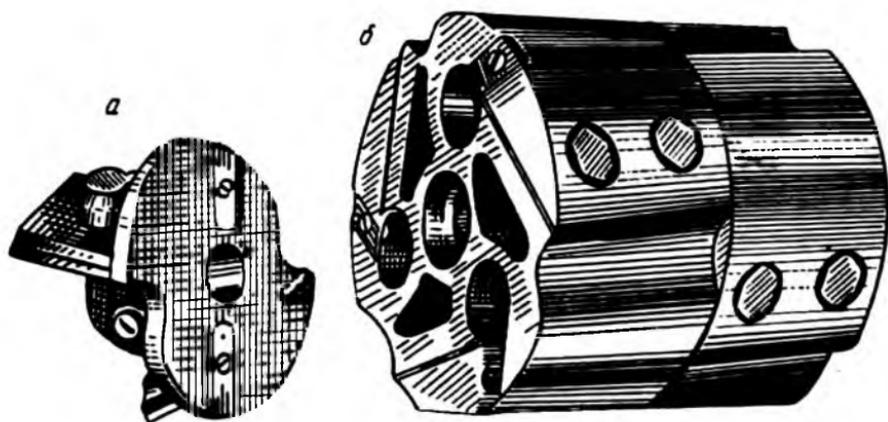


Рис. 107. Шипорезные головки:
а — крыльчатая; б — круглая

кими ножами (рис. 107, б). Тело ножевой головки второго вида иногда изготавливается из легких сплавов. Крыльчатые головки опасны, так как могут нанести травмы. Кроме того, открытая необтекаемая их форма создает большое сопротивление вращению

и сильный шум, поэтому крыльчатые головки следует заменять круглыми шипорезными. Общей специфической особенностью последних является расположение ножей под углом к оси ($\angle \varphi = 10 \div 15^\circ$), вследствие чего лезвия ножей прикасаются к обрабатываемой поверхности не сразу по всей длине, а постепенно. Это обеспечивает благоприятное распределение усилий резания и высокое качество фрезерования.

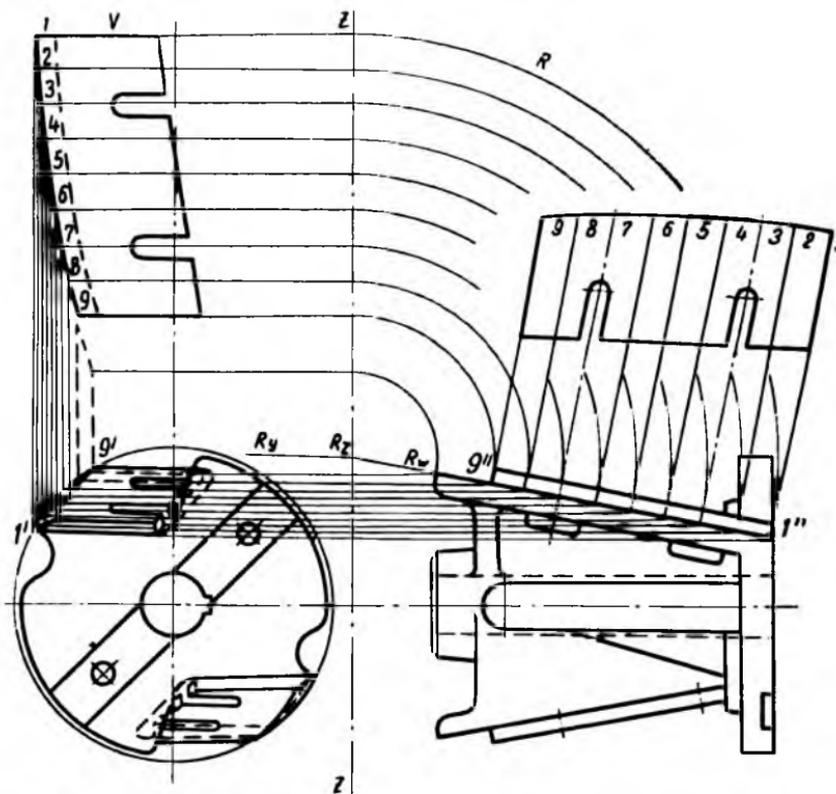


Рис. 108. Графическое построение лезвия шипорезного ножа

Для лучшей чистоты обработки в торцовом направлении головки имеют подрезатели в виде двух или трех гребенок, зубья которых должны выступать за окружность резания ножей примерно на 0,5 мм. Положение гребенок можно регулировать.

Вследствие того, что в шипорезных головках передняя грань ножа лежит в плоскости, образующей с осью головки угол φ , действительная форма лезвия является линией пересечения поверхности прямого кругового цилиндра, описываемого лезвием, плоскостью передней грани ножа. Как известно, при пересечении названного цилиндра плоскостью, наклонной к его оси, по-

лучается эллипс. Следовательно, лезвие шипорезного ножа будет оформлено по дуге эллипса (рис. 108).

Дуга эллипса, очерчивающая лезвие шипорезного ножа, может быть выполнена способом начертательной геометрии — совмещения или перемены плоскостей проекций.

Определение формы лезвия шипорезного ножа способом совмещения состоит в следующем (см. рис. 108).

Нанегают точки $1-2-3 \dots 9$. Вертикальные их проекции $1' \dots 9'$ лежат на окружности, которая представляет собой вертикальную проекцию цилиндрической поверхности, описываемой лезвием ножа, а профильные проекции $1''-2''-3'' \dots 9''$ располагаются на профильном следе R_w профильно-проецируемой плоскости R , совпадающей с плоскостью установки передней грани ножа.

Плоскость R совмещают с плоскостью V , вращая ее вокруг вертикального следа R_w . При этом вращении профильные проекции $1''-2''-3'' \dots 9''$ намеченных точек будут перемещаться по дугам окружности, проведенным из точки схода следов R_z , как из центра, а вертикальные проекции $1' \dots 9'$ будут двигаться по прямым линиям, параллельным оси ZZ . Совмещенные с плоскостью V положения точек лезвия отмечены цифрами $1-2-3 \dots 9$, а соединяющая их плавная кривая есть искомая дуга эллипса.

Заточка шипорезных ножей по эллиптической кривой должна производиться на специальных заточных станках.

Основные данные шипорезных головок приведены в табл. 39.

Т а б л и ц а 39

Основные данные шипорезных головок

Головка	Размеры, мм		Размеры углов град			
	головки D	ножей s	γ	β	α	φ
Крыльчатая двухножевая . .	180—200	8—10	—	35	10—15	10—15
Круглая трехножевая	160—200	3—4	—	40	10—15	10—15

Для фальцевания применяются ножевые головки по типу круглых шипорезных. Обычно ножевые фальцовочные головки имеют два тонких ножа. На торце фальцовочной головки укрепляют подрезатель-гребенку. Диаметр фальцовочных головок, употребляющихся на фрезерных станках, не превосходит 100—120 мм, а высота головки составляет 50—100 мм.

Проушечные и подсечные диски. Проушечные диски применяются для выборки проушин и прямых шипов на рамном шипорезе или фрезерном станке. Конструкции проушечных дисков различаются главным образом по способу закрепления резцов в диске. Наиболее простая и распространенная конструкция

проушечного диска приведена на рис. 109, а. Резцы 4 (в данном случае их три) укрепляются в V-образных прорезях диска 1 распором клиньев 2 путем подкручивания распорных винтов 3. Клинья, как и грани прорезей диска, имеют соответственно V-образную форму во избежание смещения клиньев и резцов в боковом направлении.

В различных изделиях применяются примерно следующие размеры проушин: по глубине от 35 до 100 мм, по ширине от 8 до 16 мм с градацией через 2 мм.

Размеры дисков по диаметру резания находятся в следующей зависимости от размера проушин по глубине:

$$D = 2H + d_1 + 2c,$$

где H — глубина проушины;
 d_1 — диаметр прокладного кольца или установочной головки;
 c — припуск, равный 25—40 мм.

Наиболее употребительны диски с диаметром 250; 300; 350 мм. Толщина дисков, в зависимости от размеров резцов по ширине, изменяется в пределах 7; 9; 12 мм. Диаметр отверстия диска зависит от способа его закрепления на шпинделе станка; при непосредственном закреплении диска на шпинделе диаметр отверстия обычно равен $d = 30$ мм, при закреплении диска на установочной головке $d = 60$ мм.

Для выборки пазов большей ширины применяются два или три диска либо набор из строгальных круглых пил и диска.

Толщина резцов изменяется в пределах 8—10 мм, в зависимости от ширины резцов B . Во избежание трения боковые поверхности резца должны иметь косую боковую обточку под углом 8° . Заточка таких резцов производится со стороны задней грани.

Подсечные диски (рис. 109, б) применяют для выборки (подсечки) фасонного углубления и заплечиков шипа. Резцы в этом случае имеют заднюю фасонную поверхность и затачиваются со стороны передней грани. В подсечном диске фасонные резцы имеют винты для регулировки их положения.

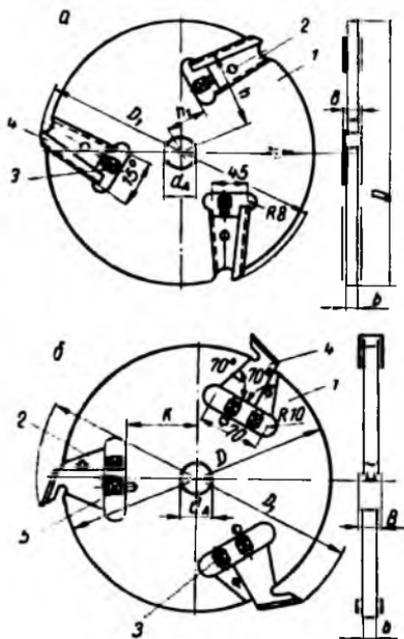


Рис. 109. Фрезерные диски:

а — проушечный; б — подсечный; 1 — диск; 2 — клинья; 3 — винты; 4 — резцы; 5 — винт резца

В случае применения установочной головки (рис. 110) диаметр отверстия диска равняется 60 мм. Диски с посадочным отверстием 30—40 мм укрепляют на шпинделе станка посредством прокладных колец и затяжной гайки. Диски с отверстием 60 мм укрепляют на специальной регулируемой установочной головке (рис. 110).

Установочная головка для закрепления подсечных дисков на вертикальных шпинделях фрезерных или шипорезных станков имеет микрометрическое устройство для регулирования точного положения дисков по отношению друг к другу (на размер шипа по толщине).

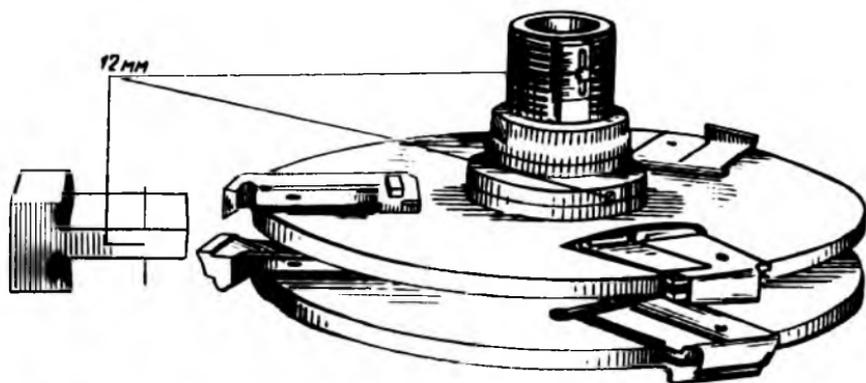


Рис. 110. Установочная головка для проушечных и подсечных дисков

В связи с поднутрением или косой боковой обточкой боковой поверхности и заточкой резцов с передней грани положение боковой режущей кромки с износом резцов изменяется по отношению к опорной плоскости диска. Правильное расстояние между дисками должно обеспечиваться соответствующими размерами промежуточной шайбы или, что более удобно, посредством микрометрического устройства установочной головки.

Установочная головка имеет две шкалы: 1) движок, перемещающийся при повороте гайки (с укрепленным верхним диском), с миллиметровой шкалой; 2) коническое кольцо со шкалой, цена деления которого 0,1 мм.

Фрезы со вставными резцами с передней заточкой

Фрезы со вставными прямыми резцами. Основной недостаток плоских фасонных ножей, заключающийся в трудности их заточки, устраняется в конструкциях резцов, имеющих верхнюю фасонную поверхность. Заточка таких резцов осуществляется со стороны плоской режущей грани и не представляет трудностей.

Однако углы резания прямых резцов с передней заточкой, укрепленных в соответствующих фрезерных головках, в некоторых конструкциях больше средних нормальных. Это обстоятельство вызвано тем, что задние углы фасонной поверхности резцов из-за конструктивных особенностей формы резцов и их закрепления имеют размеры больше нормальных ($\angle \alpha = 30 \div 45^\circ$), вследствие чего, сохраняя предельное значение угла заострения ($\angle \beta = 35 \div 40^\circ$), уменьшают значения угла наклона $\angle \gamma$. В некоторых конструкциях таких фрез значения задних углов приближают к нормальным. Это возможно осуществить конструк-

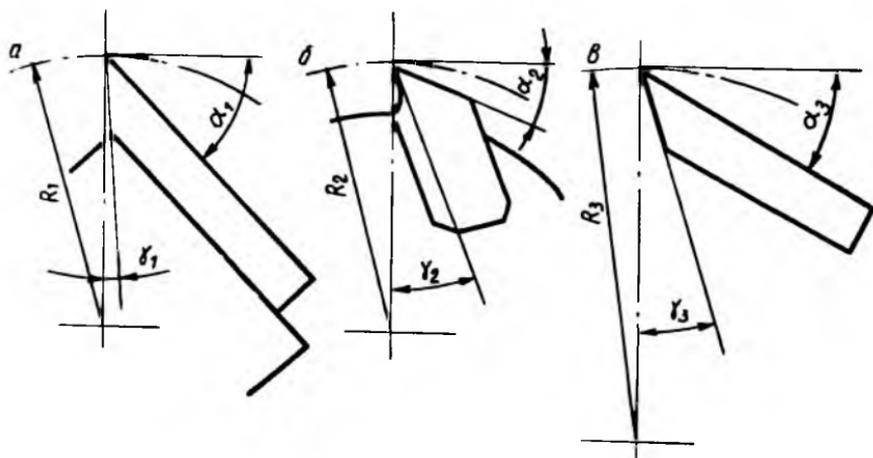


Рис. 111. Схема положения резцов во фрезерных головках

тивно при ином положении резцов за счет уменьшения длины резца (рис. 111, а, б) либо за счет увеличения диаметра (рис. 111, в).

Квадратные ножевые головки со вставными фасонными ножами (резцами). Фасонные ножи с передней заточкой, укрепляемые на квадратной ножевой головке, отличаются от обычных фасонных плоских ножей несколько большей толщиной и тем, что передняя часть верхней поверхности этих ножей имеет фасонный профиль, а режущая их грань образована под углом к нижней прижимной плоскости.

Имеются различные варианты конструкций ножевых головок. На рис. 112, а приведены конструкции четырехножевых головок (горизонтальной и вертикальной), предусматривающие положение резцов, указанное на рис. 111, а. Нормаль ножевой головки для фасонных прямых резцов с передней заточкой приведена на рис. 112, б. Ножевые головки указанной конструкции могут применяться только на строгальных станках с механической подачей. Для большей прочности головки пазы для болтов, закрепляющих нож, сделаны не вдоль оси, как обычно бывает

в простых квадратных головках, а поперек. Ножи при этом для лучшего и надежного закрепления и прочности имеют направляющие выступы.

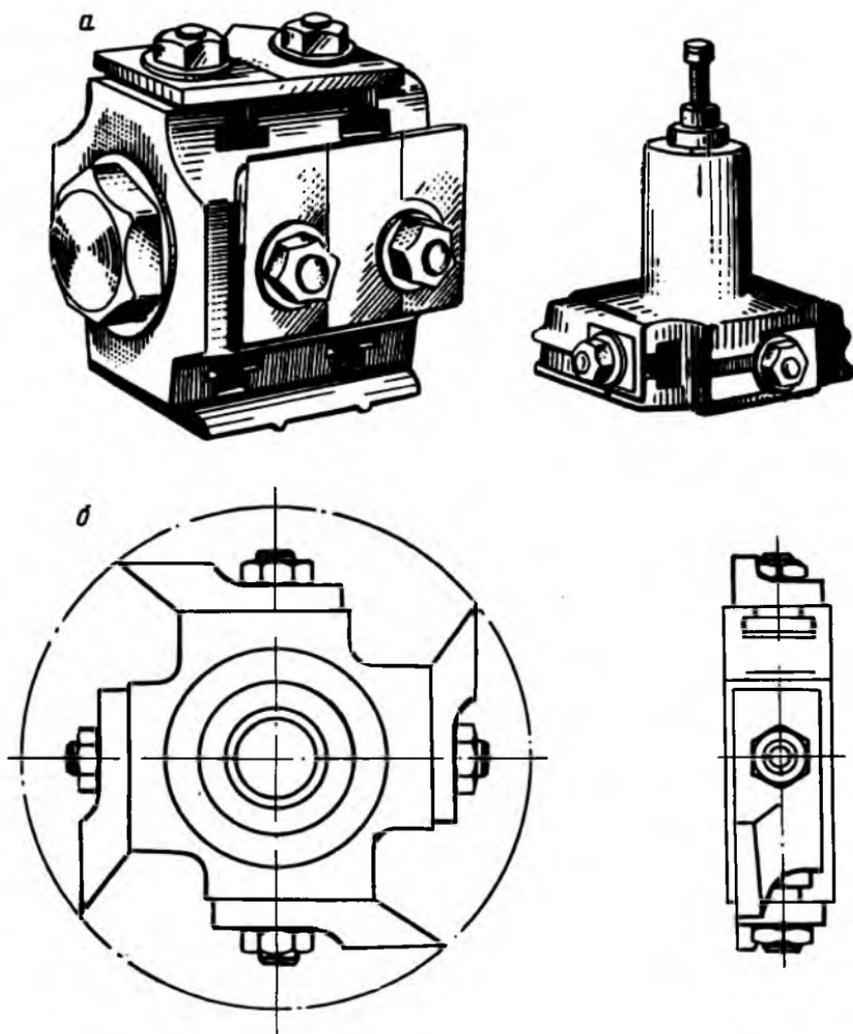


Рис. 112. Фрезерные головки с фасонными прямыми резами:
а — общие виды головок; *б* — схемы

Размеры ножевой головки обычно следующие: $A=115$ мм, $d=32\div 40$ мм, $B=40\div 60$ мм.

Профиль верхней фасонной поверхности ножа (поперечного сечения) определяется аналитически или графически (рис. 113). Ножи затачивают со стороны режущей грани при обязательном

соблюдении первоначального угла заострения β , что вследствие выдвижения ножей в первоначальное положение (после заточки) обеспечивает постоянство профиля обрабатываемой детали.

Многорезцовые фрезерные инструменты со вставными прямыми резцами. С увеличением числа резцов свыше четырех

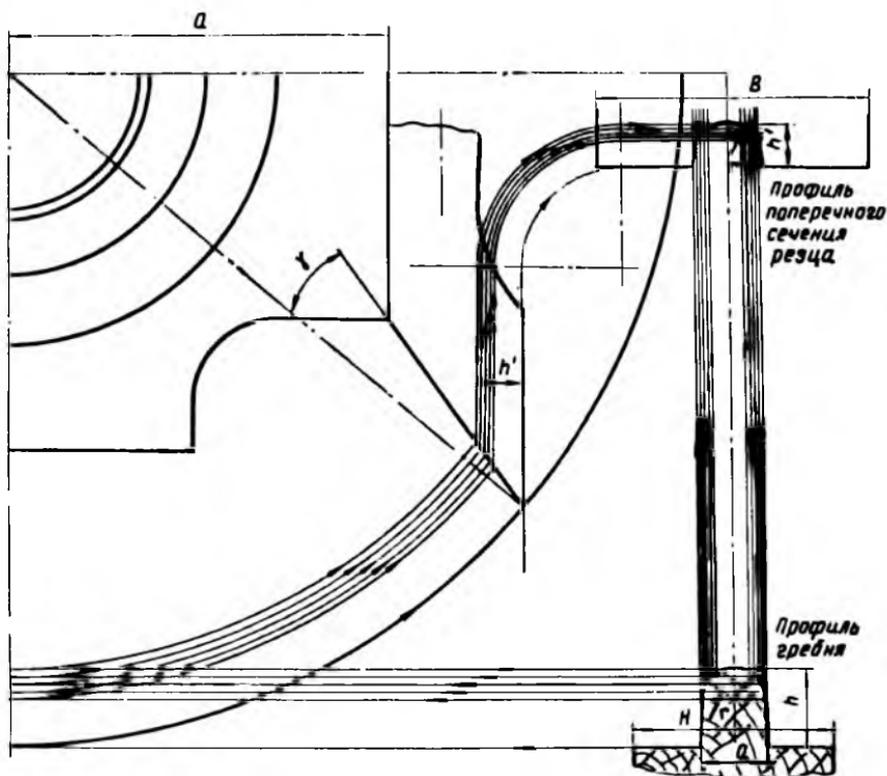


Рис. 113. Графическое построение профиля поперечного сечения резца по профилю изделия

конструкции корпусов фрез (см. рис. 111) приобретают вид многогранника. Резцы закрепляют либо между фланцами многогранной формы, либо, как показано на рис. 114, посредством планок 8 и 9, прижимающих резец к корпусу 1 болтом 10. Такие многорезцовые фрезерные головки применяются в строгальных станках.

Основные данные фрез: диаметр $D=180\div 200$ мм, в зависимости от числа резцов ($z=6\div 8$), задний угол резцов $\angle \alpha = 20\div 30^\circ$.

Приведенная на рис. 114 фреза с установочной головкой закрепляется посредством обжима шпинделя станка кониче-

ской разрезной втулкой 2, помещенной в конической полости 6. Как видно из рисунка, при вращении гайки 4 винта 3, свободно вращающегося в головке, коническая разрезная втулка 2, перемещаясь вверх по внутренней конической части головки, обжимает внутренними поверхностями шпиндель станка. Винт 7 с контргайками 5 предназначен для регулировки положения фрезерной головки по высоте.

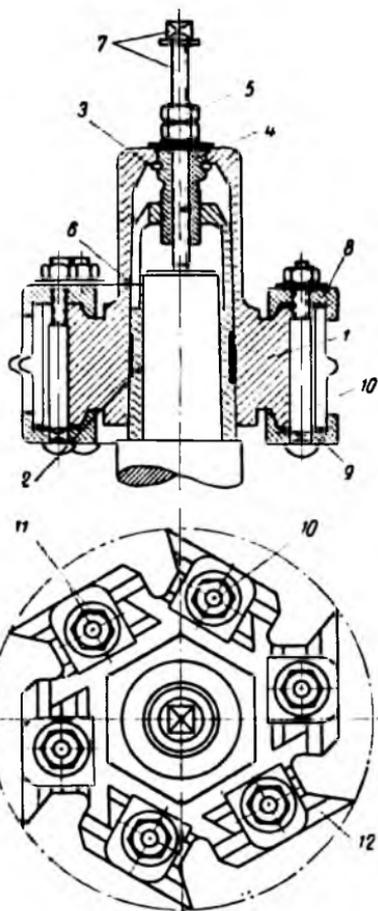


Рис. 114. Многолезная фрезерная головка с прямыми резцами:

1 — корпус фрезерной головки; 2 — разрезная втулка; 3 и 7 — винты; 4 — гайка; 5 — контргайка; 6 — коническая полость; 8 и 9 — планки; 10 — болт; 11 — гайки; 12 — резцы

Для надежного закрепления резцов их поверхность, примыкающая к корпусу фрезы, а также поверхность последнего делают рифлеными. Резцы такой фрезы могут быть изготовлены из сортовой стали прямоугольного сечения без больших отходов материала, вследствие чего является рациональным применение для них специальной высококачественной легированной инструментальной стали.

Для надежного закрепления резцов их поверхность, примыкающая к корпусу фрезы, а также поверхность последнего делают рифлеными. Резцы такой фрезы могут быть изготовлены из сортовой стали прямоугольного сечения без больших отходов материала, вследствие чего является рациональным применение для них специальной высококачественной легированной инструментальной стали.



Рис. 115. Круглая фрезерная головка со вставными резцами

Круглые головки со вставными резцами. Разновидностью другого типа фрез со вставными прямыми резцами с задней фасонной поверхностью являются круглые фрезерные головки (рис. 115), положение резцов в которых соответствует схеме на рис. 111, б. Задняя опорная поверхность таких резцов имеет рифление. Постоянство радиуса резания резцов достигается

путем выдвигания их из гнезда. При соблюдении постоянного радиуса резания и заточке резцов по передней грани с неизменным сохранением угла заострения β профиль режущей грани и угловые параметры резцов остаются неизменными.

Фрезы со вставными кривыми резцами. Основным конструктивный недостаток фрез со вставными прямыми резцами, заключающийся в малых диапазонах значений углов резания, устранен во фрезерных головках с кривыми резцами. Вследствие кривого очертания задней фасонной поверхности резца в этих фрезях можно укреплять резцы таким образом, что задние углы α примут нормальные значения ($\angle \alpha = 10 \div 15^\circ$). Остальные углы резца приобретут более широкие значения, как и в цельных фрезях.

Фрезы со вставными профильными кривыми резцами очень разнообразны. Наиболее простыми в изготовлении являются фрезы с двумя и тремя вставными резцами. Процесс их изготовления (резцов и зажимных шайб) в основном состоит из токарной обработки, тогда как обработка зажимных шайб пяти и шестирезцовых фрез возможна лишь на затыловочном приспособлении к токарному станку. Фрезы с двумя и тремя вставными резцами в большинстве случаев применяются при ручной обработке деталей на фрезерном станке с малыми скоростями подачи. Для обработки на высокопроизводительных станках с механической подачей применяются фрезы с пятью и шестью вставными резцами.

Рис. 116. Фрезерная головка с двумя вставными дугообразными резцами:

1 — втулка; 2 и 3 — фланцы; 4 — сферическая шайба; 5 — гайка; 6 — шайба; 7 — предохранительный штифт

Однако в отечественной практике они встречаются редко вследствие применения стандартных цельных фасонных фрез, что при массовом производстве стандартных деталей следует признать целесообразным и более удобным.

Фрезы с двумя и тремя вставными фасонными резцами. На рис. 116 и 117 изображены наиболее простые двух- и трехрезцовые фрезы со вставными кривыми фасонными резцами. В конструкции двухрезцовой фрезы, как видно из рис. 116, предусматривается закрепление резцов между фланцами 2 и 3 посредством прижатия их на втулке 1 центрирующей сферической шайбой 4, шайбой 6 и гайкой 5. В трехрезцовой фрезе конструкции инж. В. С. Белавенцева (рис. 117, а)

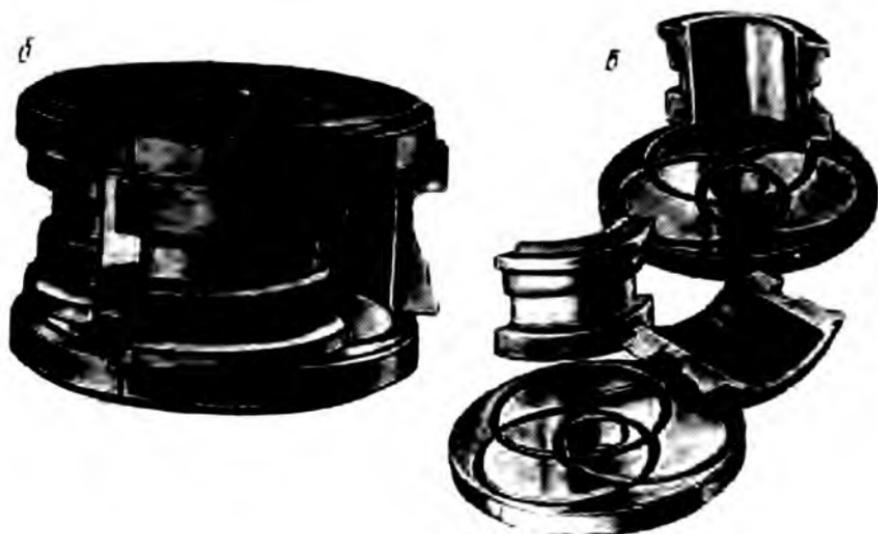
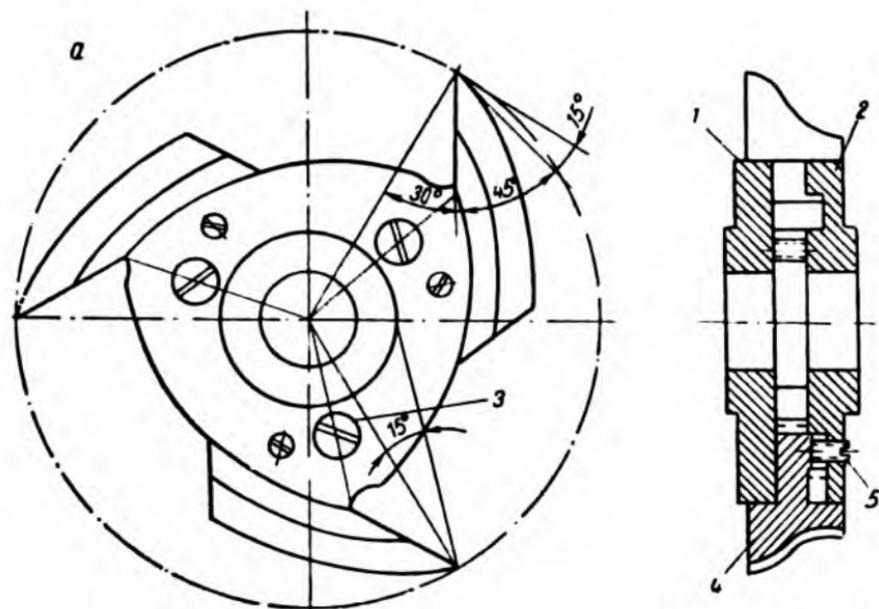


Рис. 117. Трехрезцовые фрезерные головки:

a — конструкции В. С. Белавенцева; 1 и 2 — фланцы; 3 — винты; 4 — резцы; 5 — предохранительный штифт; *б* — фирмы Стенберг (Швеция); *а* — фирмы Стенберг в разобранном виде

резцы 4 закрепляются между фланцами 1 и 2 посредством скрепления их винтами 3. В обеих конструкциях для безопасности работы предусматриваются предохранительные штифты.

Заточенные резцы указанных фрезерных головок закрепляются во фланцах и выверяются в отношении равенства радиусов резания на специальном контрольном приспособлении с индикатором (см. рис. 103, а).

Изготовление зажимных шайб и выборка пазов производятся на токарном станке, для чего шайба укрепляется эксцентрично на планшайбе этого станка. Фасонные резцы изготавливаются из фасонного кольца соответствующего радиуса путем его разрезания. Фасонное кольцо обрабатывается на токарном станке. Нижняя часть резца (хвост) имеет Т-образный либо Г-образный профиль в зависимости от конструкции шайб. Последний легче изготавливается и может быть применен для нешироких профилей резцов. Нижняя часть фасонного резца (хвост) должна точно, без заметных слабых входить в паз шайбы (скользящая посадка второго класса точности), что обеспечивает правильное положение резцов фрезы в случае правильного изготовления пазов зажимных шайб.

На рис. 117, б показана трехрезцовая фрезерная головка шведской фирмы Стенберг (в разобранном виде). Кольцевые пазы во фланцах не имеют выхода на наружную поверхность, что исключает вылеты резцов во время работы.

При изготовлении фасонных резцов следует учитывать, что профиль осевого сечения фасонного кольца, из которого нарезаются резцы, будет отличным от профиля изделия. Графическое построение профиля осевого сечения фасонного кольца по профилю изделия и основным данным фрезы D , $\angle \gamma$ и $\angle \alpha$ приведено на рис. 118.

Вставные резцы сложных фрез затачивают на специальном приспособлении к заточному станку. Для этой цели резцы укрепляют в шайбах (подобных зажимным шайбам, но не имеющих вырезов для шлифовального круга) таким образом, чтобы все резцы лежали на одной окружности. Вставные резцы затачивают аналогично заточке цельных фрез, т. е. с сохранением постоянного переднего угла резца $(\angle \gamma = \arcsin \frac{a}{R})$, где

a — величина смещения центра фрезы от плоскости шлифовального круга. Правильная заточка таких резцов от руки, без зажатия в шайбе трудновыполнима, так как затачивать надо под определенным постоянным углом к поверхности резцов ($\angle \beta = \text{const}$). Следовательно, положения режущих граней после ряда отточек не должны быть параллельны своему прежнему положению, т. е. толщина снимаемого слоя с режущей грани должна быть относительно больше в вершине резца, чем в его нижней части (по аналогии с заточкой цельных фрез).

Для изготовления вставных резцов к фрезе, представлен-

ной на рис. 117, а, требуется заготовка большого диаметра (см. рис. 118), что в некоторых случаях затруднительно. В этом отношении фреза, изображенная на рис. 117, б, имеет преимущество, так как резцы для нее изготавливаются из заготовки малого диаметра.

Фрезы со вставными круглыми резцами. Основными характерными особенностями фрез с круглыми резцами наряду

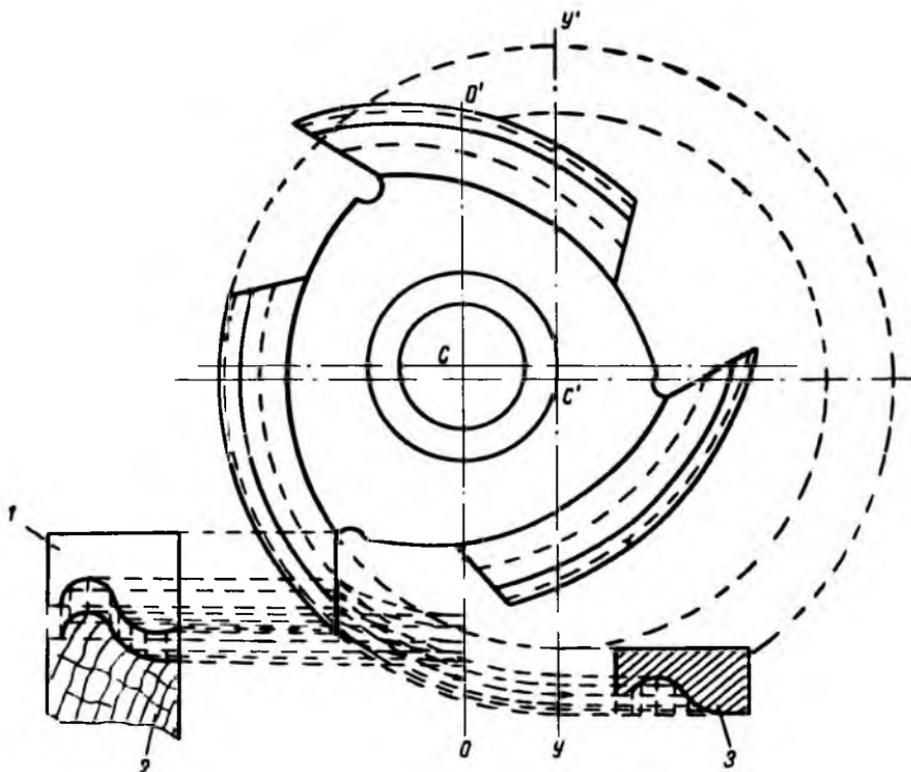


Рис. 118. Графическое построение профиля поперечного сечения резца трех-резцовой фрезерной головки по профилю изделия:

1 — профиль режущей грани зуба; 2 — профиль изделия; 3 — профиль кольца

с нормальными эксплуатационными качествами являются: более продолжительный срок службы (большой рабочий периметр) вставных круглых резцов, по сравнению с кривыми и прямыми резцами, легкость изготовления круглых резцов и зажимных шайб (простая токарная работа) и экономия материала при изготовлении резца (вследствие чего рациональным является применение износостойчивых сталей или твердых сплавов).

На рис. 119, а показаны фрезы с круглыми резцами для строгально-калевочных станков. Размеры этих фрез зависят от

их конструкций и типа работ: диаметр фрезерной головки $D=100\div 180$ мм, диаметр круглых резцов $D_1=30\div 70$ мм.

Для устранения трения в передней части затылка круглого резца фасонная поверхность его располагается под соответствующим задним углом ($\angle \alpha=5\div 10^\circ$) к направлению вращения фрезы (рис. 120). Как видно из рисунка, радиусы круглого резца R_1 и фрезы R составляют между собой угол, равный заднему углу резца фрезы α , а следовательно, и касательные

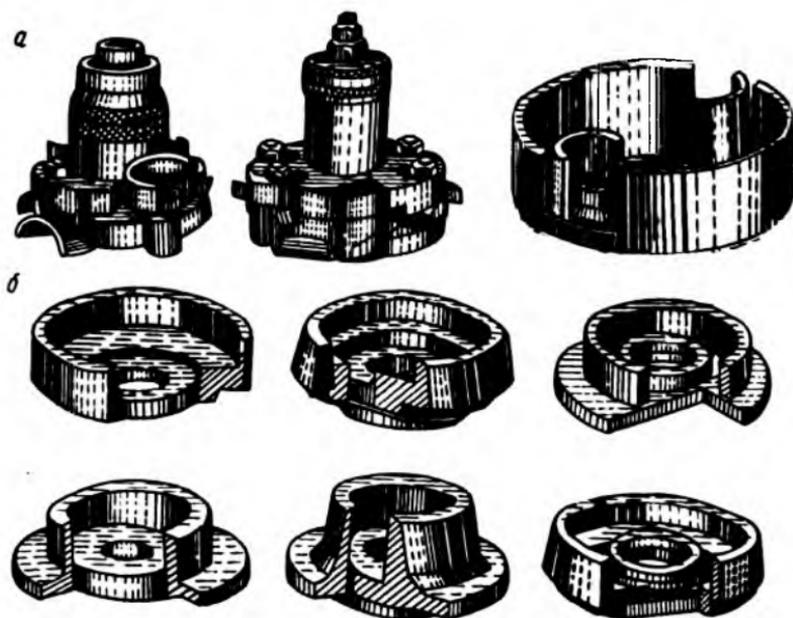


Рис. 119. Сборные фрезерные головки и резцы:

a — фрезерные головки с круглыми резцами; *б* — круглые резцы из твердого сплава

к окружностям резца и фрезы составляют угол, равный α . Это достигается соответствующей заточкой режущей грани круглого резца под углом наклона режущей его грани к радиусу R_1 $\angle \gamma_1 = \angle \gamma + \angle \alpha$ и соответствующим расположением режущей грани под углом наклона ее к радиусу фрезы R , равным $\angle \gamma$. Сравнительно безопасным фрезерным инструментом такого типа является фреза, приведенная на рис. 119, б. В данной конструкции цилиндрические стенки фланца, на котором крепятся круглые резцы, являются и ограничителем толщины стружки; они исключают глубокие травмы рабочего, так как в основном закрывают все части фрезы, кроме выступа режущей кромки резцов.

Изготовление фрез не представляет трудности и в основном состоит из токарных работ. Несколько более сложным яв-

ляется определение профиля круглых резцов (профилирование). На рис. 120 приведено графическое построение профиля режущей грани круглого резца и профиля его осевого сечения по профилю изделия. Как видно из построения, профиль осевого сечения круглого резца зависит от профиля и угла наклона γ режущей грани круглого резца к радиусу фрезы и угла наклона γ_1 режущей грани к радиусу резца.

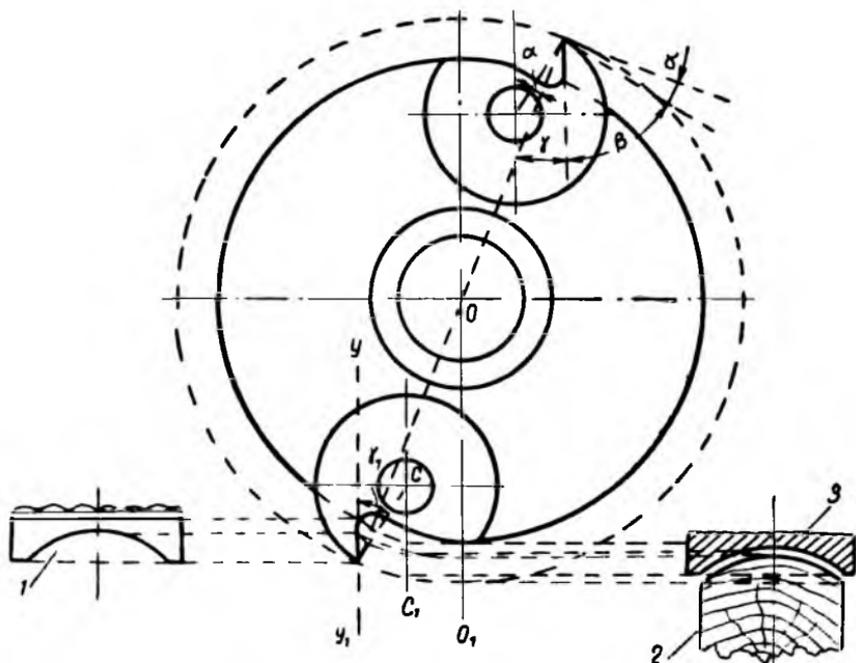


Рис. 120. Графическое построение профиля резца по профилю изделия:
 1 — профиль режущей грани зуба; 2 — профиль изделия; 3 — профиль радиального сечения зуба

Заточка круглых резцов производится либо на специальных заточных станках, либо на обычных заточных станках по направляющим, приспособленным таким образом, чтобы передний угол режущей грани резца оставался неизменным ($\angle \gamma_1 = \angle \gamma + \angle \alpha$). Это достигается таким же образом, что и заточка цельных фрез, т. е. смещение центра резца при заточке от плоскости шлифовального круга должно быть равным $x = R_1 \sin \gamma_1$ и постоянным. Заточка резцов на самой шайбе производится в специальных приспособлениях к шлифовальным станкам таким образом, чтобы передний угол режущих граней резцов оставался постоянным ($\angle \gamma = \text{const}$).

После нескольких заточек резцы поворачивают в прежнее положение и выверяют. Заточенные резцы устанавливают так,

чтобы режущие кромки были расположены на одних и тех же окружностях, т. е. радиусы резания точек режущих граней всех резцов были одинаковыми и равны прежним нормальным радиусам. Этим обеспечивается нормальный передний угол режущих граней к соответствующим радиусам фрезы ($\angle \gamma$).

Положение режущих граней проверяют посредством контрольных приспособлений с шаблоном или индикатором.

Установка и закрепление фрез

Фрезы закрепляют различными способами: в зависимости от конструкции станка, конструкции фрезы и пр. Так, насадную фрезу на шпинделе фрезерного станка закрепляют путем непо-

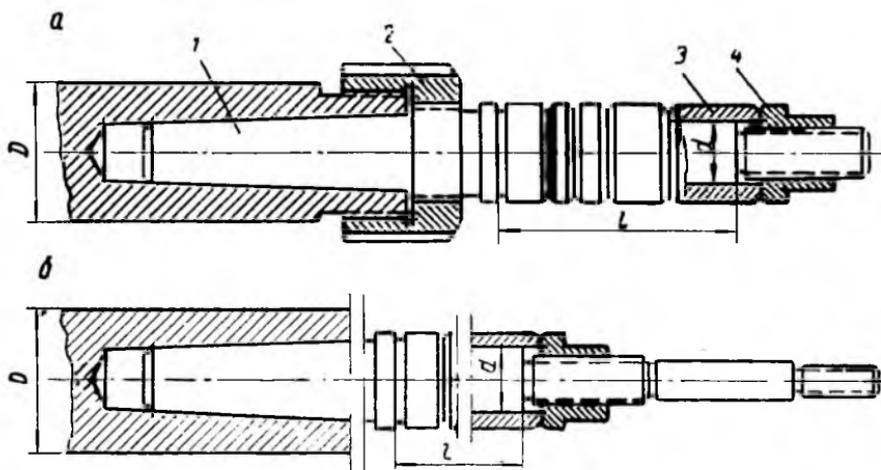


Рис. 121. Фрезерные оправки:

a -- тип I; *б* -- тип II; 1 -- шпиндель; 2 -- дифференциальная затяжная гайка; 3 -- прокладочные кольца; 4 -- гайка

средственного ее зажима при помощи верхней затяжной гайки 4 и промежуточных (прокладочных) колец 3 (рис. 121). Регулировка положения фрезы или ножевой головки по отношению к плоскости стола осуществляется выдвиганием шпинделя.

Шпиндель фрезерного станка состоит из двух частей: верхней — съемной шпиндельной насадки и нижней — вала станка. Соединение шпиндельной насадки (фрезерной оправки) фрезерного станка с его валом производится посредством дифференциальной гайки с двумя резьбами одного направления, но разного шага (см. рис. 121).

Основными параметрами верхних вставных насадок являются: диаметр их рабочей части d , ее длина l и номер конуса хвоста насадки. На рис. 121 приведены нормали верхних

вставных насадок двух типов: коротких и длинных. Длинные шпиндельные насадки (тип II), верхний конец которых укрепляется в подшипнике соответствующего кронштейна станка, применяются для тяжелого фрезерного инструмента и фрезерных работ.

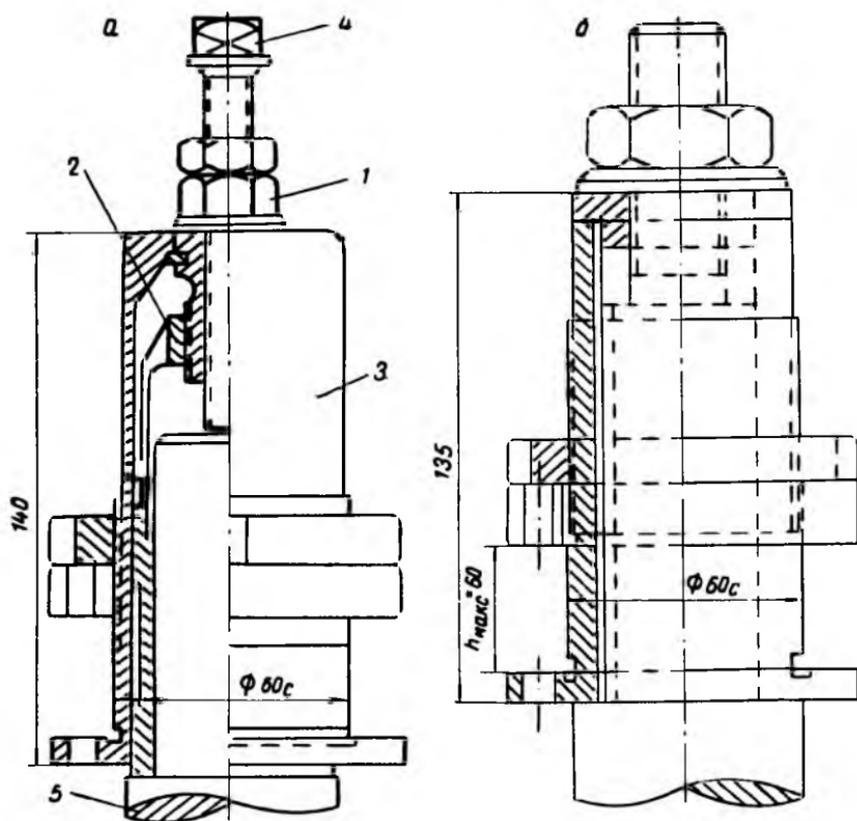


Рис. 122. Установочные головки:

а — для закрепления фрез с регулированием их положения по высоте; б — для закрепления фрезы на шпинделе станка

Диаметры рабочей части шпиндельных насадок охватывают наиболее употребительные размеры посадочных мест фрезерного инструмента: 12; 16; 20; 27, 32 мм. Для диаметров 12 и 16 мм принят один размер конуса хвоста (по Морзе № 2), как и для диаметров 27 и 32 мм один и тот же конус (по Морзе № 4). Объясняется это желанием обеспечить наибольшую взаимозаменяемость верхних шпиндельных насадок на станках при переходе с легких работ на более тяжелые. Диаметр промежуточных колец изменяется от 20 до 45 мм (соответственно диаметру шпинделей).

Конструкция приспособления для закрепления фрезерного инструмента на валах-шпинделях строгальных станков зависит от того, имеет ли шпиндель возможность вертикального перемещения. При отсутствии вертикального перемещения фрезы укрепляются в специальных головках, устанавливаемых на шпиндель, которые имеют приспособление для регулирования положения фрезы по отношению к плоскости стола станка. Соединение установочных головок таких конструкций со шпинделем станка происходит посредством сжатия шпинделя вкладной конической втулкой, имеющей разрез. Из рис. 122, а, представляющего разрез установочной головки, видно, что при вращении винта 1 вкладная коническая втулка 2, перемещаясь вверх по внутренней конической поверхности установочной головки 3, сжимается и скрепляет головку со шпинделем.

Регулировка положения головки с фрезой по отношению к плоскости стола производится (при ослабленном конусе) подворачиванием винта 4, упирающегося в торец шпинделя 5.

Внешний диаметр установочных головок $D=60$ мм, внутренний диаметр соответствует диаметру шпинделя станка. Когда шпиндель станка может перемещаться по вертикали, установочная головка имеет шпоночную канавку и скрепляется со шпинделем верхней гайкой, так как на верхнем конце шпинделя имеет резьбу (рис. 122, б).

В некоторых случаях фрезерный инструмент надевается непосредственно на шпиндель и также зажимается верхней гайкой. Посадка фрезы на шпиндель или установочную головку должна удовлетворять скользящей посадке второго класса точности.

Глава X

ФРЕЗЕРНЫЕ (СТРОГАЛЬНЫЕ) НОЖИ

Фрезерование (строгание) досок и деревянных деталей занимает в технологическом процессе деревообрабатывающих производств одно из первых мест после распиловки. Ниже рассмотрен лишь режущий инструмент в виде ножевых валов и головок, являющихся рабочей частью многочисленной категории продольно-фрезерующих станков (фуговальных, пропускных, калевочных, четырехсторонних, строгальных и пр.).

Плоские ножи являются сменной режущей частью ножевого вала как рабочего органа продольно-фрезерующего станка.

Конструкция ножевых валов и плоских строгальных ножей

Конструкция строгальных ножей, их размеры и величины углов зависят от конструкции ножевых валов, на которых ножи укрепляются, и условий фрезерования. Прежде чем приводить

основные данные о ножах, следует разобрать конструкции ножевых валов и головок (корпусов).

Ножевые валы. Конструкция ножевых валов и их размеры в основном предопределяются конструкцией и назначением станка и различаются по форме, числу ножей и способам их крепления. Длинные ножевые валы изготавливаются либо цельными с цапфами для подшипников (для фуговальных и пропускных станков), либо со съёмным корпусом — головкой (для калевочных станков).

Крепление корпуса на рабочем валу станка осуществляется различными способами: на шпонке с затяжкой гайкой, посредством затяжных конических втулок и пр.

По форме ножевые валы делятся на круглые и квадратные, причем последние используются для закрепления толстых ножей. Применение квадратных ножевых валов допускается при наличии защитных ограждений и в таких станках, где подача материала производится механически, благодаря чему руки рабочего не находятся в непосредственной близости к валу (в пропускных и калевочных станках).

Максимальное число ножей, закрепляемых на квадратных ножевых валах, равняется четырем. Современные высокопроизводительные строгальные станки имеют преимущественно круглые ножевые валы с числом ножей от 6 до 12 и даже до 32. Ножи в этом случае применяются тонкие.

Способы закрепления ножей на ножевых валах или головках зависят от конструкции последних. В круглых ножевых валах современной конструкции ножи закрепляют (для безопасности) в соответствующих прорезях путем прижимания планки (вкладыша) с нижней стороны ножа.

На рис. 123, *а* приведена наиболее распространенная в отечественной практике конструкция круглого ножевого вала, или головки. Ножи 4 укрепляются в прорезях ножевой головки 1 ввинчиванием винтов 3, прижимающих планку 2 к нижней стороне ножа. Для точного выдвижения ножей применяются регулировочные винты 6 с упорной планкой 5; ножевой вал по длине имеет несколько таких винтов.

На рис. 123, *б* показана конструкция ножевого вала 1 с пружинами 5, упирающимися в торец ножа 4, которые при ослаблении болтов 3 клиновидной планки 2 выдвигают нож из паза. Такое пружинное устройство при наличии приспособления с двумя крайними упорами облегчает выверку положения ножей.

В отечественной и зарубежной практике для ускорения смены ножей применяются ножевые валы с пониженным шумом с механическим или гидравлическим креплением ножей.

Производственный шум, возникающий в процессе вращения ножевых валов и утомляющий рабочих, в основном происходит в результате колебания воздуха, увлекаемого выступами или

щелями в валах. Закрытый цилиндрический легко обтекаемый ножевой вал создает шум несколько меньший, чем вал с открытыми пазами. В этом отношении интересна оригинальная конструкция ножевого вала (ВНИИДрев), оснащенного тонкими ножами, закрепленными на валу по винтообразной линии (рис. 124). В корпусе вала профрезерованы два винтообразных паза с углом подъема винтовой линии 18° .

В пазах закрепляются ножи между упорными винтообразными клиньями. Клиньями зажимаются при помощи болтов плоские тонкие ножи по всей их длине, в результате чего они принимают винтообразную форму.

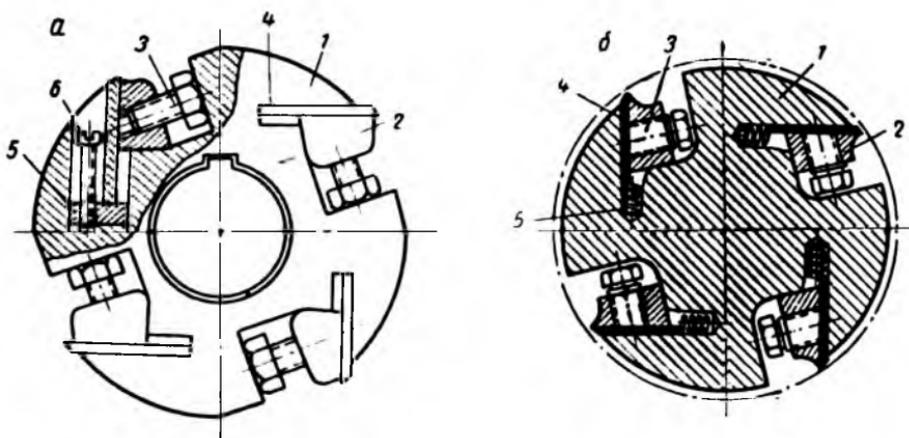


Рис. 123. Круглые ножевые головки с распорной планкой:

а — с винтом для выдвигания ножей; б — с пружинами для выдвигания ножей

Нож представляет собой плоскую стальную серповидную пластину толщиной 1 мм. Он изготавливается из стали Р9 с твердостью 60—63 HRC или из стали 9Х5ВХ с твердостью 55—59 HRC. Режущая кромка ножа имеет криволинейную кромку в зависимости от диаметра вала и угла подъема винтовой линии.

На основании проведенных ВНИИДревом исследований установлено, что применение указанных ножевых валов на пропускных рейсмусовых станках СР6-6 приводит к уменьшению шума на 20 дБ и повышению чистоты обрабатываемой поверхности на один-два класса.

Квадратные корпуса горизонтальных ножевых головок чаще всего имеют вид, изображенный на рис. 125. Строгальные толстые ножи закрепляются на них посредством болтов, проходящих через прорези в ножах (рис. 126). Для более плотного прижимания ножа к губке вала поверхность, на которую он накладывается, должна иметь наклон от краев к середине на 0,3—

0,5 мм. Ножевые корпуса для гладкого строгания должны иметь губки-стружколоматели для лучшего качества строгания.

Диаметр цапфы или посадочного отверстия и длина ножевых валов зависят от конструкции станка. В зависимости от

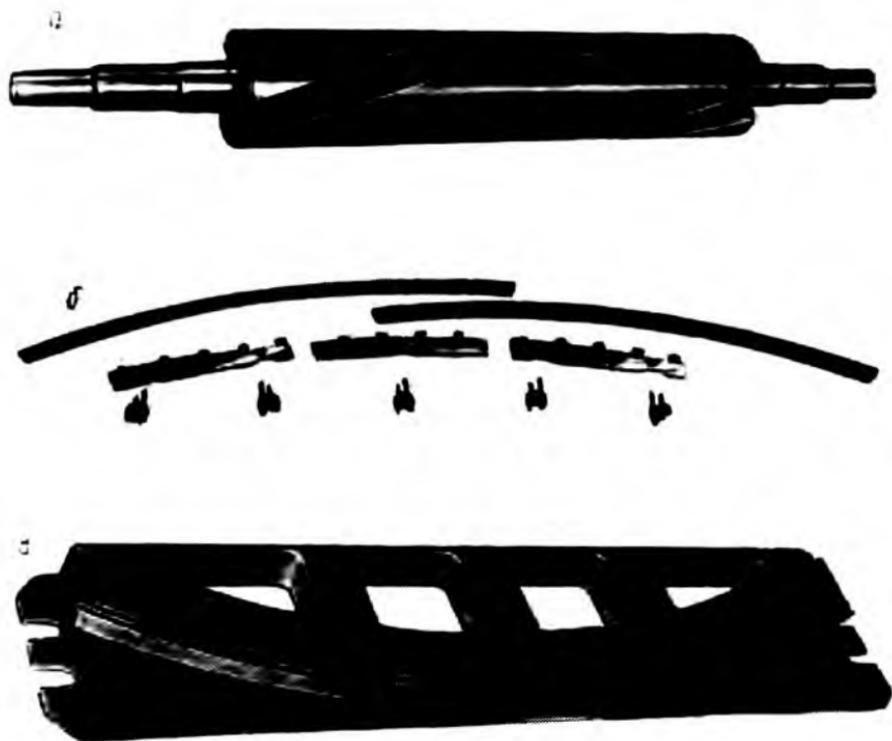


Рис. 124. Пожевой вал (конструкции ВНИИДрев) с внешнеобразными ножами:

а — ножевой вал в сборе; *б* — ножи, распорные вкладыши и регулировочные устройства; *в* — приспособление с ножом для заточки задней грани его на шлифовальном станке

числа ножей z диаметр ножевых валов изменяется следующим образом: $z=2$, $D=100 \div 120$ мм (фуговальные станки); $z=2$, $D=120$ мм и $z=4$, $D=140$ мм (пропускные станки); $z=4$, $D=120 \div 140$ мм и $z=6 \div 8$, $D=160 \div 200$ мм (калевочные станки). Длина ножевых валов в зависимости от типа станка колеблется от 100 до 1800 мм. Число ножей определяется скоростными и силовыми параметрами станка.

Мощность N на резание при постоянном значении скорости подачи u возрастает по закону $z^{0,345}$. В связи с этим в результате уменьшения числа ножей уменьшается мощность на резание при малых скоростях подачи. Поэтому для станков с малой скоростью подачи ($u=6\div 8$ м/мин) и с малой мощностью электродвигателя целесообразно применять не более двух ножей.

При таких скоростях подачи и практической точности установки ножей увеличение их числа заметного влияния на качество фрезерования не оказывает. При подаче на один нож u_z

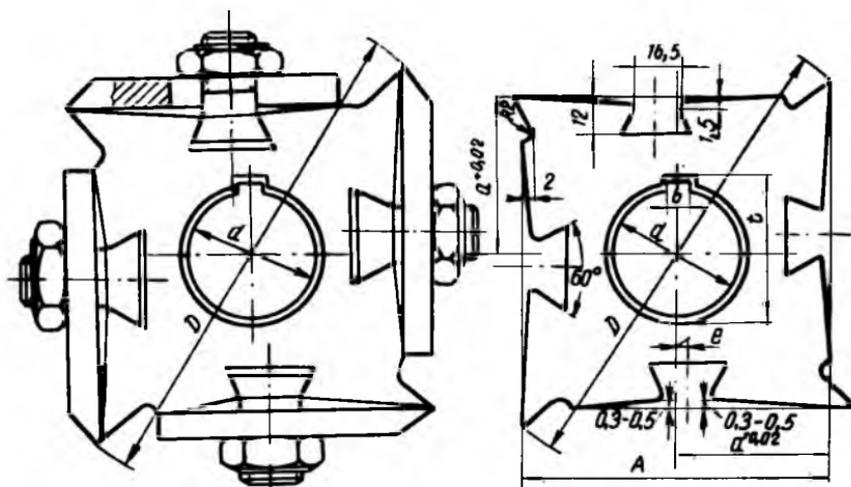


Рис. 125. Квадратный ножевой вал (головка)

приближенное теоретическое значение высоты гребня, образующегося на поверхности доски при строгании в случае идеальной точности радиусов резания R всех ножей, может быть выражено следующей формулой:

$$\eta = \frac{u_z^2}{8R}. \quad (80)$$

Так, при величине подачи на один нож $u_z=2$ мм, числе ножей $z=2$ и радиусе резания $R=60$ мм высота гребня, или глубина волны, при идеальной установке ножей составит

$$\eta = \frac{u_z^2}{8R} = \frac{2^2}{8 \cdot 60} = 0,008 \text{ мм.}$$

Следовательно, для совпадения или максимального приближения траектории движения второго ножа к теоретической кривой необходимо, чтобы радиус его резания был равен радиусу резания первого ножа или по крайней мере отличался от него

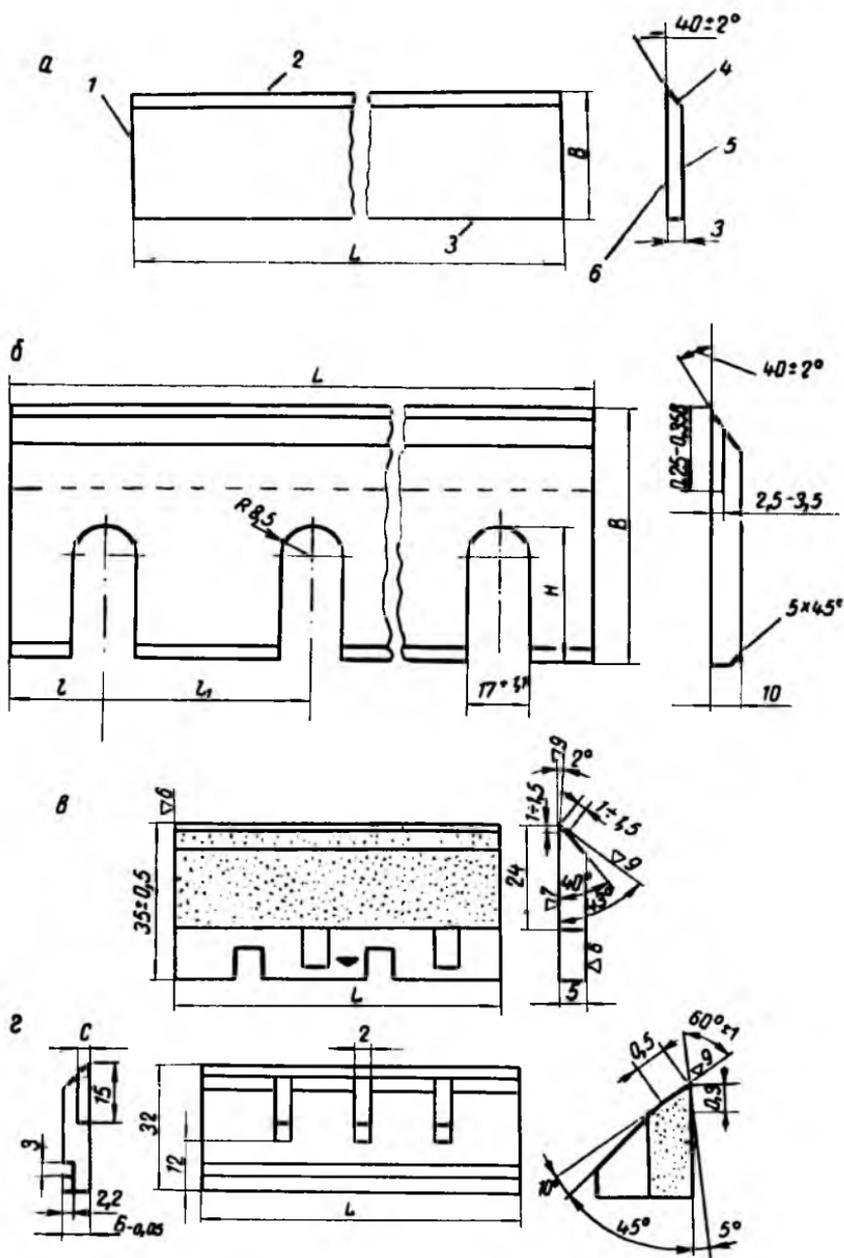


Рис. 126. Стругальные ножи:

а — тип I — тонкий: 1 — торцовая грань; 2 — режущая кромка; 3 — продольная грань; 4 — задняя грань; 5 — внешняя грань; б — передняя грань; б — тип II — толстый; в — с пластинками из твердого сплава с удлинителем; г — с пластинкой из твердого сплава по боковой поверхности

менее чем на 0,008 мм. При этих условиях второй нож оставит след на поверхности обработки. Так как точность установки ножей (точность радиусов их резания) в лучших случаях составляет 0,05 мм, второй нож (с меньшим радиусом резания) следа на поверхности обработки не оставит; след будет оставлен лишь одним, наиболее выступающим ножом.

В случае прифуговки ножей на вращающемся ножевом валу, обеспечивающей большую точность положения их лезвий на одной и той же поверхности вращения, число ножей влияет на качество поверхности строгания.

В высокопроизводительных и мощных строгальных станках увеличение числа ножей целесообразно одновременно с обеспечением точности положения их лезвий на одной поверхности вращения посредством специальной прифуговки.

Ножи продольно-фрезерующих станков определяются размерами по толщине C , ширине B и длине L . На рис. 126 приведены толстые и тонкие ножи с соответствующими параметрами по ГОСТ 6567—61. Толстые ножи изготавливаются из двуслойной стали; основная часть — из малоуглеродистой стали, наварная режущая часть толщиной 2,5—3,5 мм из легированной высококачественной инструментальной стали. Тонкие ножи в большинстве случаев изготавливаются целиком из легированной или быстрорежущей инструментальной стали.

В табл. 40 представлены размеры ножей по ГОСТ 6567—61 (мм).

Толщина строгальных ножей: тонких — 3 мм, толстых — 10 мм.

Толстые ножи применяются на квадратных ножевых валах. Ширина ножей зависит от диаметра и конструкции ножевых валов:

для круглых двух- и четырехножевых валов

$$B \approx 0,3D; \quad (81)$$

для круглых шестиножевых валов

$$B \approx 0,2D; \quad (82)$$

для квадратных четырехножевых валов

$$B \approx 0,65D. \quad (83)$$

Для надежного закрепления толстых ножей на ножевых валах большое значение имеют число и размеры прорезей. Размеры и расположение прорезей можно установить по следующим формулам, составленным на основании практических данных:

$$H = (0,50 - 0,55) B; \quad (84)$$

$$l = \frac{L - l_1(z - 1)}{2}. \quad (85)$$

Тонкие ножи

Длина L	30; 40; 50; 60; 80; 100	110; 125; 140; 160; 170; 200; 260; 270; 325; 410; 460; 510; 610	640; 810; 1010; 1260; 1610
Ширина B	25; 32; 40; 45	32; 40; 45	40; 45

Толстые ножи

Длина L	Ширина B	l	l_1	Число прорезей
40 50 60	100; 110; 125	20 25 30	— — —	1
80 100 110 125		20 25 25 32,5	40 50 60 60	2
140 160 170 200		25 30 30 30	50 50 60 70	3
260 270 310		25 30 35	70 70 80	4

Число прорезей z и расстояние между их осями зависят от длины ножей L :

L	100—150	160—260	270—800
z	2	6	4—10
l_1	60—80	60—90	80

Расположение прорези должно быть строго симметрично по отношению к середине ножа.

На рис. 126 показаны конструкции строгальных ножей с пластинками из твердых сплавов, закрепляющихся в цилиндрических фрезерных головках. На рис. 126, в показана конструкция ножа из твердого сплава с удлинителем из конструкционной стали, припаянной в торец к пластинке. Удлинитель имеет компенсационные вырезы для предупреждения «поводки» при спайке. На рис. 126, г представлен нож с впаянной пластинкой по боковой поверхности.

В теле ножа также сделаны компенсационные вырезы. Ножи с пластинками из твердых сплавов имеют двойную заднюю фаску для удобства заточки.

Угловые значения строгальных ножей зависят от характера их заточки и конструкции ножевых валов. Так, передний угол ножа

$$\angle \gamma = \arcsin \frac{a}{R}, \quad (86)$$

где a — расстояние от оси вала до ножа;
 R — радиус окружности резания ножа.

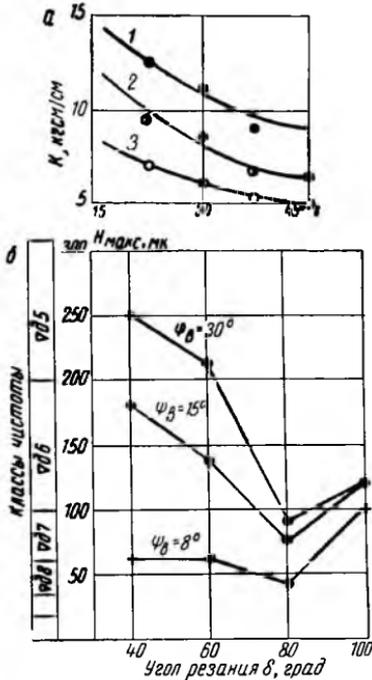


Рис. 127. Графики зависимости: a — удельной работы от угла наклона γ (по Тунелю): 1 — дуб; 2 — береза; 3 — сосна; b — чистоты поверхности от угла резания δ (по Н. А. Кражеву)

резания, как видно из графика, приведенного на рис. 127, a , соответствуют примерно 45° при значениях заднего угла $\alpha = 15 \div 20^\circ$ и угла заострения $\beta = 35 \div 40^\circ$. Углы движения в этом случае имеют малые величины, в связи с чем их можно не учитывать.

Угол заострения в пределах $30\text{—}35^\circ$ может быть допустим, когда нож предназначен для строгания мягких пород древесины.

Угол γ в свою очередь предопределяет значения и остальных углов: α и β . От угла наклона ножа γ в значительной мере зависят качество строгания и мощность, потребная на резание и подачу материала. Уменьшение переднего угла γ и, следовательно, увеличение угла резания δ до определенных пределов сказываются положительно на качестве строгания — уменьшаются мшистость и сколы поверхности, но, с другой стороны, вызывают увеличение усилий, потребных на строгание и подачу материалов, что имеет особое значение при ручной подаче. Возникновение защепов отчасти предотвращается путем подлома стружки стружколомателями и губками ножевого вала при правильной установке ножа и нормальном состоянии губок.

При нормальной заточке ножей (с задней грани) углы резания δ равняются: для двух- и четырехножевых валов примерно $50\text{—}52^\circ$, для шестиножевых валов 60° . Оптимальные значения переднего угла резания γ для наименьших усилий

Для повышения качества строгания рекомендуется, несмотря на некоторое увеличение расхода мощности, увеличить углы резания δ .

Как видно из рис. 127, б, увеличение угла резания δ и соответственное уменьшение угла наклона γ повышает чистоту обработки на 1—2 класса при углах встречи ϕ с волокнами более 10° .

Уменьшение угла наклона γ достигается путем применения двусторонней заточки ножа с задней и передней гранью (рис. 128).

Передней гранью в данном случае является фаска передней плоскости ножа. Передний угол наклона режущей грани ножа при этом уменьшается на величину угла наклона передней фаски к плоскости ножа.

Двусторонняя заточка должна производиться особо тщательно и точно. Затупившиеся ножи затачивают равномерно с передней и с задней фаски.

Ножи с двусторонней заточкой следует при установке выдвигать па всю ширину фаски на передней грани, в противном случае возможно забивание стружки между ножом и ножевым валом.

Углы резания, рекомендуемые для получения высококачественной поверхности фрезерования, по данным американской практики, приведены в табл. 41.

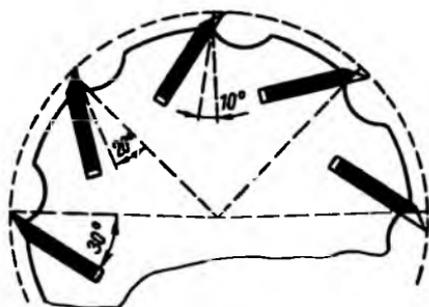


Рис. 128. Варианты ножей с двойной фаской

Таблица 41

Углы резания ножей продольно-фрезерующих станков в зависимости от породы и состояния древесины

Порода	Угол резания δ для древесины			
	сухой	воздушно-сухой	влажной	свежесрубленной
Сосна	70—75	65—70	55—67	55—62
Ель	72—81	67—72	63—72	62—66
Дуб	81—86	77—81	72—77	72—77

Установка строгальных ножей

Основные положения правильной установки строгальных ножей и закрепления их в ножевых валах заключаются в следующем:

1. Ножи необходимо надежно закреплять на ножевом валу, при этом они должны плотно прилегать к его губкам.

2. Режущая кромка ножа должна выступать перед губкой ножевого вала или прижимного клина на определенную величину в зависимости от величины подачи на нож.

3. Режущие кромки всех ножей, укрепленных на ножевом валу, должны описывать одну и ту же цилиндрическую поверхность вращения, т. е. радиусы резания должны быть для всех точек лезвий равными.

Установка и закрепление ножей на ножевом валу производятся в следующем порядке. После снятия затупившихся ножей в ножевой вал после очистки его прижимной поверхности от стружки вставляют и слегка закрепляют отточенные ножи. Положение каждого ножа выверяют посредством выверочных шаблонов. Когда нож установлен в правильное положение (так, чтобы кромка его была параллельна оси вращения и выдвинута на определенную величину над губкой), его слегка закрепляют; такой же выверке подвергают следующие ножи.

При фрезеровании с малой толщиной стружки ($a_{\text{ср}} < 0,2 \text{ мм}$) расстояние лезвия ножа от кромки стружколомателя должно быть 1,5—2 мм.

При работе на форсированных режимах с большой средней толщиной стружки ($a_{\text{ср}} > 0,2 \text{ мм}$) для улучшения качества обработки расстояние лезвия ножа от кромки стружколомателя должно быть 0,5 мм. Угол заострения стружколомателя, по данным МЛТИ (В. А. Тихонова), равен 50° .

После выверки ножи окончательно закрепляют. Болты следует затягивать от средних к крайним или от одних крайних к другим. Когда болты затягивают с обоих краев, возможен продольный изгиб длинного ножа (вспучивание в середине). Окончательное закрепление ножей производят в несколько приемов, последовательно затягивая болты каждого ножа. Зажимать нож следует равномерно; при неравномерном зажиме можно искривить ножевой вал, что отразится на качестве его работы. Зажим болтов должен обеспечить надежное закрепление ножей.

Следует тщательно следить за состоянием губок, периодически подправлять или заменять их по мере износа. Неплотное прилегание ножа к губке ножевого вала или прижимного клина является причиной забивания стружек между валом и ножом, в результате чего нож отгибается в сторону.

Положение ножей на ножевом валу проверяют посредством выверочных шаблонов. Конструкция их зависит от того, что принято за контрольный базис, по отношению к которому происходит выверка, и чем фиксируется отклонение положения ножа.

Наиболее простым выверочным шаблоном является брусок из твердого дерева (рис. 129, а), который устанавливают на

плоскость заднего стола станка (являющуюся базисом) сначала к одному краю ножа. Затем ножевой вал поворачивают от руки и выправляют его положение так, чтобы он лишь слегка задевал брусок. Так же выверяют положение и второго конца ножа. Повторением проверки добиваются одинакового относительно бруска положения обоих концов лезвия. Указанные приемы повторяются при выверке и следующих ножей.

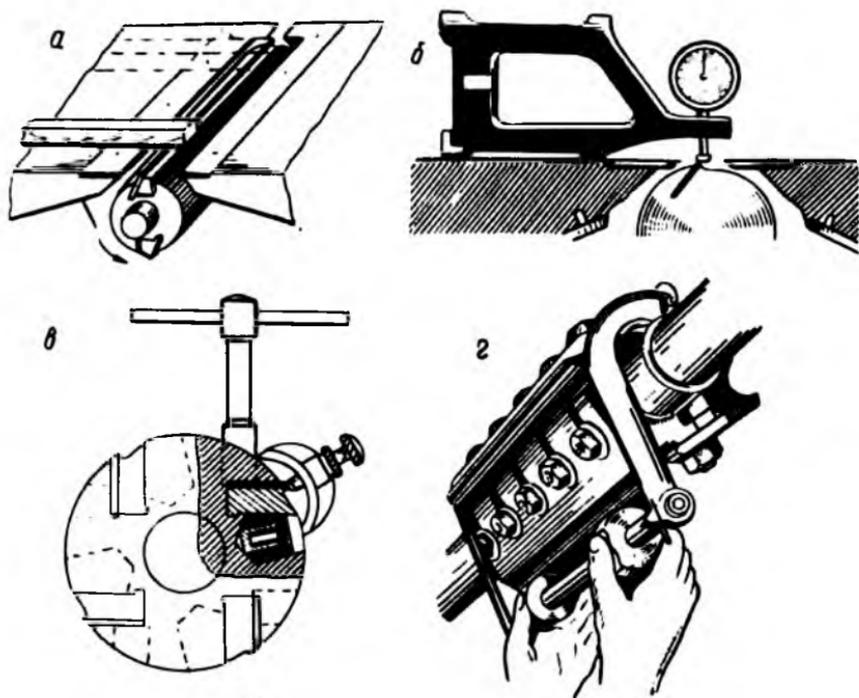


Рис. 129. Способы выверки положения пожей:

а — по бруску; *б* — при помощи индикатора; *в* — посредством шаблона; *г* — при помощи контрольного приспособления с двумя упорами

Точность положения ножей, выверенных посредством бруска, очень незначительна, порядка $0,08—0,15$ мм, в зависимости от тщательности установки и квалификации установщика.

Более точное приспособление этого же типа для выверки положения ножей, состоящее из рамки со стрелочным индикатором, показано на рис. 129, б. Точность установки ножей по шаблону со стрелочным индикатором равняется $0,04—0,06$ мм.

На рис. 129, в изображен выверочный шаблон, применяющийся для выверки положения ножей в круглых ножевых валах; за контрольный базис, от которого производится выверка, здесь принимается цилиндрическая поверхность ножевого вала (шлифованная).

Выверочный шаблон несколько иной конструкции приведен на рис. 129, г; за контрольный базис в данном случае принимается поверхность шеек ножевого вала или кромка губки.

Во всех случаях правильность и точность выверки будут зависеть от точности базисных частей.

Заточка и фугование ножей на валу. Смена затупившихся ножей представляет собой продолжительную работу, причем даже после тщательной выверки положения вновь установленных ножей разница в радиусах резания составляет 0,04—0,06 мм и не обеспечивается участие всех ножей в формировании поверхности обрабатываемой детали. Для участия всех ножей в формировании обрабатываемой поверхности их прифугивают специальными приспособлениями с оселком. Затупившиеся ножи затачивают на самом станке, что требует меньше времени, чем смена ножей. Заточка ножа имеет целью его заострение, прифуговка в основном заключается в выравнивании положения режущей кромки. При одновременном применении указанных способов достигаются весьма положительные результаты. Так как эти способы находят все более широкое применение, следует остановиться на них подробно.

Заточка и фугование ножей на самом ножевом валу станка осуществляются посредством специальных устройств (рис. 130, а), состоящего из направляющей линейки и двух суппортов, перемещающихся вдоль линейки при помощи ходового винта. На одном суппорте укрепляется электродвигатель с чашечным шлифовальным кругом, на другом — оселок для фугования ножей. Оба суппорта перемещаются к тому же по вертикали. Вертикальное перемещение регулируется специальными маховичками.

Для правильной заточки ножей необходимо направляющую линейку электроточильного устройства укреплять строго параллельно оси вращения ножевого вала, причем она должна быть достаточно прочной на изгиб. В новейших станках имеется постоянная направляющая линейка, в других предусмотрено лишь место для нее.

Заточка ножей электрозаточным устройством производится следующим образом. После укрепления устройства на станке устанавливают ножевой вал так, чтобы нож, предназначенный для заточки, находился под шлифовальным кругом, и в таком положении закрепляют вал тормозом или упором. Затем включают электродвигатель и, подводя шлифовальный круг к фаске ножа, перемещают его вдоль всего ножа вперед и назад. После каждого прохода шлифовальный круг незначительно снижают, чтобы он мог снять следующий слой металла; повторяют это вплоть до полной заточки ножа.

Заточку ножей производят в фуговальных пропускных станках и в верхних ножевых валах калевочных станков. Нижние ножевые валы калевочного станка выдвигают и устанавливают

в специальное приспособление, на котором затачивают ножи непосредственно на валу. При многократной заточке ножи должны быть выдвинуты над губками вала несколько больше, чем обычно. Указанный способ заточки не выравнивает положения ножей, если они были установлены не совсем точно.

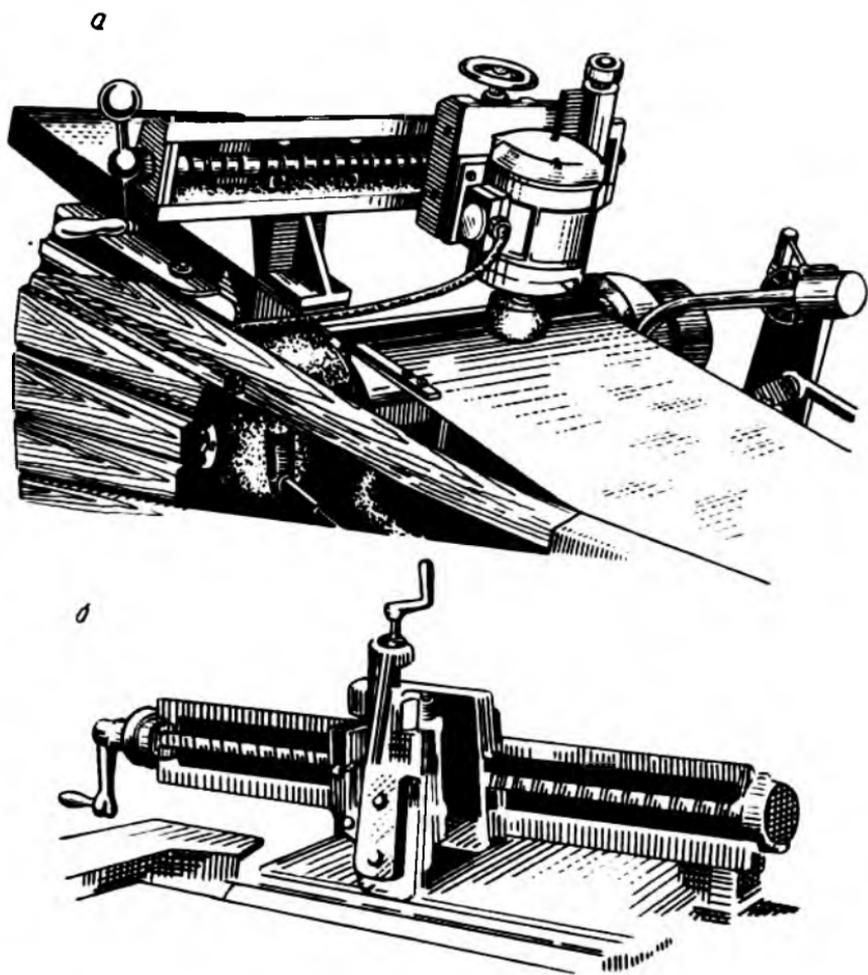


Рис. 130. Приспособления для заточки и фугования ножей на валу:
а — заточное устройство; б — фугующее устройство

Для ускорения наладки станка применяют также сменные ножевые головки, особенно при многоножевых валах, замена ножей в которых длительна и кропотлива.

Заточка ножей на валу должна сочетаться с их фугованием; цель ее — выравнивание положения режущих кромок на одной

и той же поверхности вращения и увеличение прочности лезвия за счет придания большего угла заострения режущей части. При малых углах заострения в случае дефектов заточки и значительных усилий на лезвие (например, при встрече с сучками) могут выкрошиться отдельные его части. Микрогеометрия таких выкрошенных участков не обеспечивает нормальных условий резания и приводит к быстрому затуплению и технологическим дефектам фрезерования.

В случае прифуговки опасность выкрошивания частей ножа в процессе работы в большой степени устраняется. Схема фугования ножей приведена на рис. 131.

Фугующее приспособление состоит из суппорта, перемещающегося по направляющей линейке вдоль ножа (см. рис. 130, б).

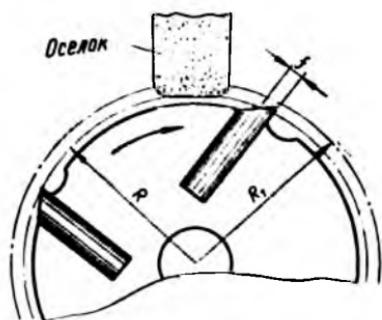


Рис. 131. Схема фугования ножей на ножевом валу

В специальных салазках,двигающихся в вертикальном направлении при вращении винта, укрепляется мелкозернистый оселок. Установив оселок так, чтобы он прикасался к лезвию наиболее выступающего ножа, приводят ножевой вал в нормальное вращение, и в то же время оселок медленно перемещают вдоль линейки вперед и назад. Для снятия следующего слоя металла оселок незначительно перемещают вниз. Нельзя допускать чрезмерно сильного фугования (заметных искр), так как при этом образуются

дефектные места (выкрошивание лезвия, «зажоги» и пр.). Если фаски, образованные оселком, не превышают $f=0,15 \div 0,20$ мм, то они на условия строгания не повлияют; если же в результате неточной установки ножей и чрезмерно сильного фугования фаска некоторых из них превышает 0,7 мм, в процессе работы таких ножей возможно возникновение так называемых машинных поджогов, мшистости. Кроме того, работа ножевого вала при этом будет сопровождаться ударами. Во избежание этого ножи следует снова подвергать заточке электроточилом, пока на лезвии их не останется еле заметной полоски от фугования (что даст возможность определить правильность заточки).

Посредством фугующего приспособления можно также несколько подправлять лезвия ножей в процессе работы (для уменьшения их затупляемости), что обычно и производится от 3 до 4 раз (до получения предельной ширины фаски). В дальнейшем необходима новая заточка ножей электроточилом и последующее фугование их при вращении.

Для хорошего фугования ножи необходимо устанавливать возможно точнее. Это особенно важно, если строгальный станок

имеет только одно фуговочное приспособление без электро-точила.

Фугование при вращении ножевого вала обеспечивает точное и правильное положение ножей, что при тщательной установке и выверке по специальному шаблону достигается лишь приближенно. Повышенное качество строгания и высокая производительность могут быть осуществлены только при фуговании ножей.

Рекомендуемые режимы прифуговки ножей, по данным исследований МЛТИ (инж. Г. Ф. Дружков), следующие: продольная подача 2 м/мин; поперечная подача 0,005 мм; оселок электрокорундовый белый зернистостью М28, твердостью С1.

Балансировка строгальных ножей. Во избежание биения ножевого вала при вращении, что существенно отражается на качестве строгания и на прочности подшипников и самого ножевого вала, следует применять парные ножи строго одинакового веса и точно сбалансированные. Если парные ножи, укрепленные друг против друга на ножевом валу, будут иметь разный вес, при вращении возникнет неуравновешенная центробежная сила, которая вызовет изгиб ножевого вала и его вибрацию. Если же комплектные ножи будут иметь одинаковый вес, но центры их тяжести будут находиться на разных расстояниях по длине, равнодействующие центробежные силы отдельных ножей не будут лежать в одной плоскости, нормальной к оси вращения, и ножевой вал подвергнется воздействию пары сил. Указанное обстоятельство приведет к перекосу ножевого вала, к его вибрации, что особенно сильно сказывается при толстых ножах.

Статическое уравнивание производится на балансировочных весах ПБН6 или ПБН12 (рис. 132, а) следующим образом. Нож из данного комплекта кладут на коромысло весов так, чтобы одним концом он упирался в упор коромысла (рис. 132, б). Затем навеской грузов на противоположный конец коромысла приводят его в горизонтальное положение (по контрольному штифту). Перевернув нож другим концом

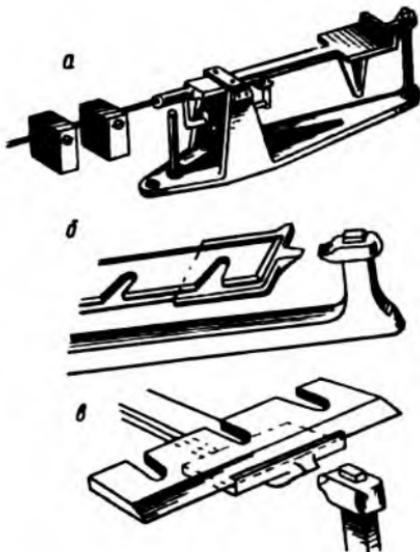


Рис. 132. Балансировочные веса ПБН6:

а — общий вид; б — балансировка по длине; в — балансировка по ширине

к упору, наблюдают за состоянием весов. Если в этом положении нож перевесил коромысло вниз, это значит, что конец ножа, упирающийся в данный момент в упор весов, тяжелее противоположного конца, т. е. центр тяжести ножа находится не посередине. Стачиванием металла с более тяжелого конца ножа добиваются его уравновешивания. Выверку и стачивание повторяют несколько раз при разных положениях ножа на балансировочных весах.

После балансировки каждого ножа по длине необходимо уравновесить ножи попарно. Для этого один из ножей кладут на весы так, как показано на рис. 132, в, — лезвием к упору, и приводят весы в горизонтальное положение. Затем снимают первый нож с весов, на его место устанавливают другой и приводят ему точно такое же положение. Если второй нож перетянул коромысло, следует путем снятия части металла уравнивать его вес с весом первого. Металл снимают со стороны задней части ножа или со стороны передней фаски в зависимости от его размеров. Заднюю часть ножа следует стачивать вдоль ребра.

Балансировка и уравновешивание ножей — кропотливые и продолжительные операции. Балансировке должны подвергаться все ножи в самом начале их использования.

Болты и гайки, прикрепляющие ножи к пожевому валу, также должны иметь одинаковый вес, что проверяется на обычных весах.

В процессе службы ножей периодически производится лишь проверка их веса, осуществляемая также на простых весах.

Тщательная балансировка ножевых головок и ножевых валов совершенно обязательна.

Съемные ножевые головки целесообразно вместе с ножами балансировать на специальном балансировочном станке для динамического балансирования.

Точность размеров и качество обработки строгальных ножей должны удовлетворять требованиям ГОСТ 6567—61. Чистота поверхности должна быть (по ГОСТ 2789—51):

передних и задних поверхностей режущей части — не ниже седьмого класса;

внешних поверхностей — не ниже шестого класса;

торцовых и продольных, а также поверхностей отверстий и прорезей — не ниже четвертого класса.

На поверхности ножа не должно быть трещин, расслоений, раковин, зазубрин, заусенцев и следов коррозии.

На внешних гранях ножа, а также на передней грани в зоне прорезей допускаются местные следы рихтовки глубиной не более 0,1 мм.

Шов ножа из двуслойной стали должен быть ровный, плотный, без трещин, расслоений, раковин и тому подобных дефектов. Предельные отклонения от размеров ножей не должны превышать (мм):

по длине и ширине — девятого класса точности по ОСТ 1010; по толщине — пятого класса точности по ОСТ 1025.

Отклонение от прямолинейности режущей кромки ножа не должно превышать 0,025 мм, а продольной грани — 0,1 мм на 100 мм длины. Крыловатость ножей не допускается.

Разнотолщинность ножа не должна превышать:

для ножей толщиной 3 мм	0,05 мм
» » » 10 »	0,10 »

Неравномерность ширины ножа не должна превышать 0,1 мм на 100 мм длины.

Ножи должны быть попарно статически и динамически отбалансированы. Разность в весе парных ножей не должна превышать 0,5% от веса одного ножа.

Заточка и доводка ножей

Заточка прямых ножей производится на заточных станках разнообразных конструкций. Наиболее совершенными ноже-точильными станками являются автоматы с чашечным шлифовальным кругом.

Схема ножеточного автомата современной конструкции ТчН9 приведена на рис. 133. В этой конструкции нож, укрепленный в суппорте, неподвижен, а суппорт шлифовального круга совершает продольно-возвратное перемещение вдоль грани ножа.

Такая конструкция автоматов представляет преимущества в отношении габарита по длине и обеспечивает обильное охлаждение эмульсией затачиваемых граней. Эмульсия, налитая в корытообразную станину станка, разбрызгивается на месте заточки шнекообразным разбрызгивателем. В охлаждающую эмульсию рекомендуется прибавлять от 3 до 5% кальцинированной соды.

Правильную заточку ножа характеризуют: соответствующее значение угла заострения; прямолинейность режущей кромки; соответствующая острота и отсутствие заворотов, заусенцев и выкрошившихся мест на лезвии; отсутствие засинения и шлифовальных трещин на фаске ножа.

Заострение затупившихся ножей производят путем снятия слоя металла со стороны фаски шлифовальным кругом за несколько проходов. При заточке ножей необходимо следить за тем, чтобы угол их заострения был нормальным; это достигается соответствующей установкой ножа по отношению к шлифовальному кругу.

Для обеспечения лучшего качества фрезерования режущая кромка должна быть строго прямолинейна. Однако вследствие износа направляющих шлифовального станка, по которым движется суппорт, их прогиба из-за легкости конструкции или бие-

ния шлифовального круга режущая кромка ножа после заточки получает вид ломаной линии. Поэтому необходимо тщательно следить за прямолинейностью направляющих заточного станка, а также правильностью вращения шлифовального круга и периодически ремонтировать станок.

Качество заточки ножей характеризуется соответствующей остротой лезвия, отсутствием заусенцев и выкрошившихся частей, засинения или шлифовочных поверхностных трещин на фаске. Нормальное качество заточки зависит от режимов ее

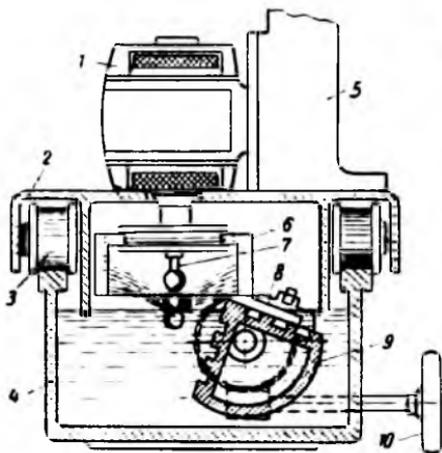


Рис. 133. Ножеточильный автомат:
1 — электродвигатель; 2 — корпус каретки; 3 — ролики каретки; 4 — корыто с параллелями; 5 — вертикальный суппорт; 6 — шлифовальный круг; 7 — разбрызгиватель охлаждающей воды; 8 — нож; 9 — поворотная ножевая траверса; 10 — маховик для поворота ножевой траверсы

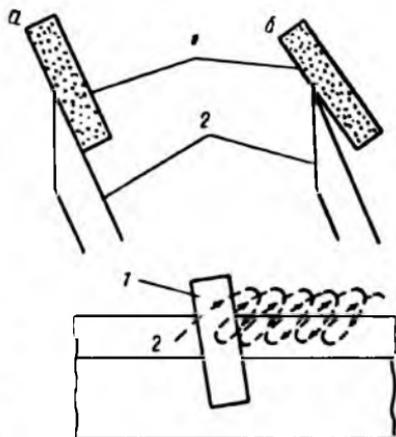


Рис. 134. Правка ножей оселком:
а — правильное и б — неправильное положение оселка; 1 — оселок; 2 — нож

проведения (толщина снимаемого слоя за один проход, скорости продольной подачи, скорости вращения шлифовального круга), наличия охлаждения, а также от свойств самого шлифовального круга. При заточке ножей шлифовальным кругом не удастся получить идеальной остроты лезвия ножа. В среднем ширина режущей кромки лезвия после заточки равняется $f = 0,005 \div \div 0,008$ мм.

Число проходов зависит от степени затупления ножа. Наряду с нормальным износом режущей кромки отдельные места лезвия вследствие дефектов заточки (трещин, заусенцев и пр.) выкрошиваются или более сильно изнашиваются, что заставляет при заточке ножа стачивать большой слой металла. Если при заточке за каждый проход стачивать слой металла больший, чем допускается для данных условий, на лезвии образуются заусенцы, засинение от нагрева и прочие дефекты.

Нагрев ножа при шлифовании происходит чаще всего в случае применения твердого шлифовального круга.

Заточку ножей надо производить аккуратно, так как подчас незаметные для глаза дефекты заточки (поверхностные трещины и пр.) приводят к выкрошиванию отдельных частей лезвия.

Рекомендуемые режимы заточки (из стали 9Х5ВФ и Р4) следующие: шлифовальный круг ЭБ25М2К; окружная скорость 12—25 м/сек; поперечная подача 0,02—0,04 мм на двойной ход; продольная подача 12,5 м/мин.

После основной заточки ножи «выхаживают» (без поперечной подачи) в течение не менее 8—10 двойных ходов.

Правка и доводка ножей производятся для придания им большей остроты и устранения дефектов заточки, заусенцев и пр. В результате правки достигается степень остроты лезвия $f = 0,02 \div 0,004$ мм.

Ножи правят мелкозернистым оселком главным образом со стороны фаски, как показано на рис. 134. Сначала оселком 1, смазанным маслом, легко проводят вдоль лезвия, снимая заусенцы, а затем кругообразным движением последовательно направляют лезвие вдоль всего ножа. При вогнутой фаске правка лезвия оселком значительно облегчается, так как он имеет твердую опору, что и является основным преимуществом такого способа заточки. После правки лезвия легко проводят оселком со стороны фаски и с передней стороны ножа для подчистки заусенцев.

Способ доводки оселком малопроизводительный. Более эффективна доводка шлифовальными кругами КЗ зернистостью 3—6, твердостью СМ1 или шлифовальными кругами из борозона (эльбора).

Глава XI

КОНЦЕВЫЕ ФРЕЗЫ

Основные понятия о фрезях и их элементы

Концевые фрезы отличаются от насадных наличием хвостовика, посредством которого они укрепляются на рабочем шпинделе станка. Концевые фрезы (рис. 135) применяются для выборки прямоугольных и фасонных пазов и шиповых гнезд, а также для скульптурных работ и фасонной обработки боковых поверхностей деталей.

Выборка продольных гнезд состоит в углублении фрезы и перемещении ее (или обрабатываемой детали) в продольном направлении — перпендикулярно оси фрезы. Для этих целей (выборка гнезд, скульптурные работы) в конструкции фрезы должны быть предусмотрены режущие элементы на боковых ее поверхностях и на горце.

Концевые фрезы для обработки детали по контуру имеют режущие элементы лишь на боковых поверхностях. Торец фрезы зачастую в этих случаях заканчивается направляющей цапфой.

Хвостовик концевых фрез в зависимости от конструкции крепежного приспособления имеет цилиндрическую или коническую форму.

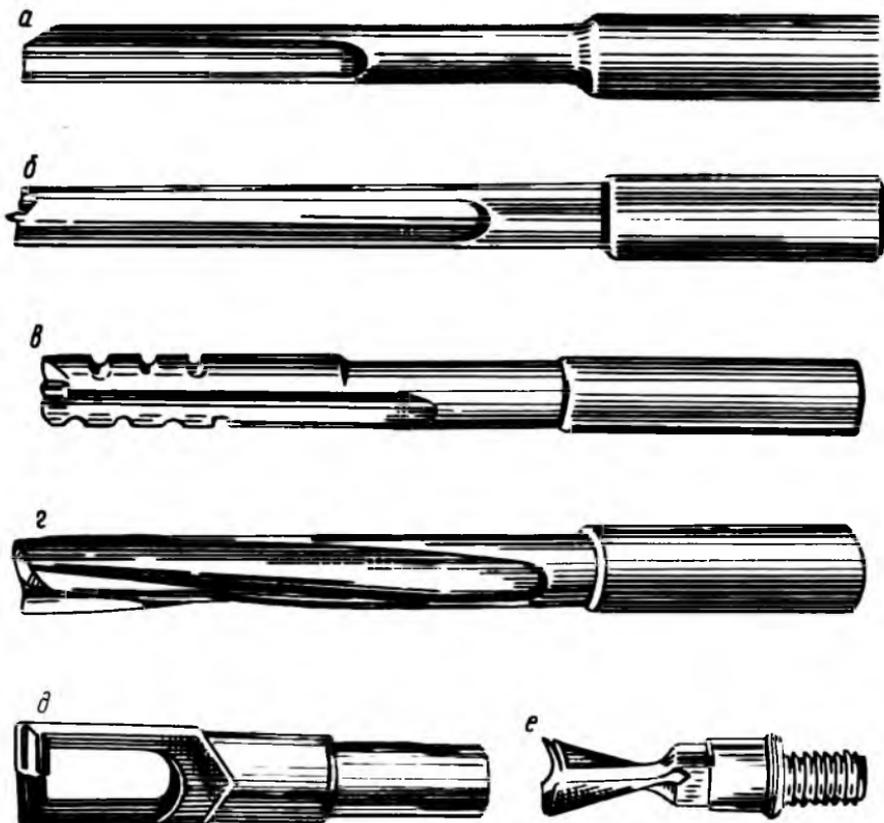


Рис. 135. Концевые фрезы:

а — однорезцовая; *б* — двухрезцовая; *в* — двухрезцовая с вырезами; *г* — трехрезцовая; *д* — полая пазовая; *е* — трапецидальная типа «ласточкин хвост»

Основные элементы и параметры концевой фрезы показаны на рис. 136.

Концевые фрезы различаются по форме режущей части (цилиндрические, трапецидальные, или угловые, фасонные) и по числу резцов.

Углы резания. Геометрия стружки при фрезеровании пазовыми концевыми фрезами с разным количеством резцов показана на рис. 137.

Траектория относительного движения бокового лезвия фрезы представляет собой циклоиду.

При установлении угловых параметров боковых режущих элементов концевых фрез необходимо учитывать углы движения, так как (в связи с малыми величинами диаметра фрез) при высоких подачах на резец они приобретают значения порядка $4-8^\circ$.

Задний угол движения α_d может быть вычислен аналитическим путем. Как видно из рис. 138, задний угол движения соответствует углу, заключенному между касательной к окруж-

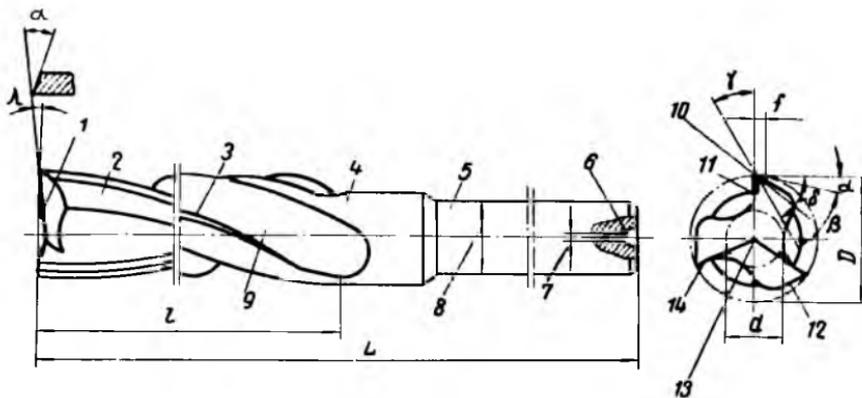


Рис. 136. Элементы концевой фрезы:

α — задний угол резания торцевой режущей кромки; λ — угол поднутрения торцевой режущей кромки; l — длина рабочей части; L — полная длина; γ — передний угол резания; f — ширина фаски; δ — угол резания; D — диаметр режущей части; d — диаметр перемычки; 1 — торцевая режущая кромка; 2 — рабочая часть; 3 — боковая режущая кромка; 4 — шейка; 5 — хвостовик; 6 — центровое отверстие; 7 — диаметр центрального отверстия; 8 — диаметр хвостовика; 9 — канавка; 10 — боковая режущая кромка; 11 — угол заточки; 12 — задняя поверхность; 13 — перемычка (сердцевина); 14 — передняя поверхность

ности резания $I-I$ и касательной к относительной траектории движения зуба в древесине, т. е. к циклоиде $II-II$:

$$\angle \alpha_d = \angle \mu - \angle \lambda,$$

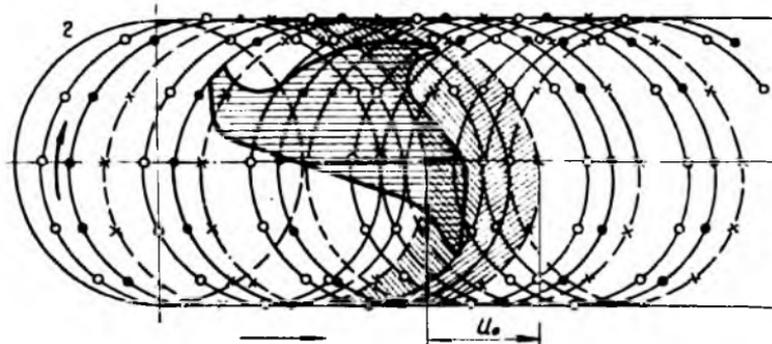
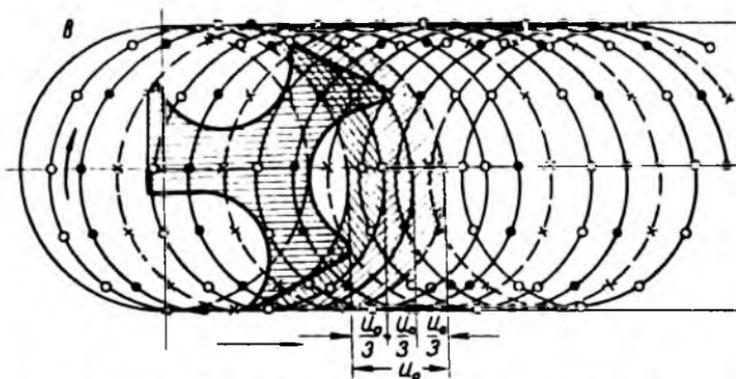
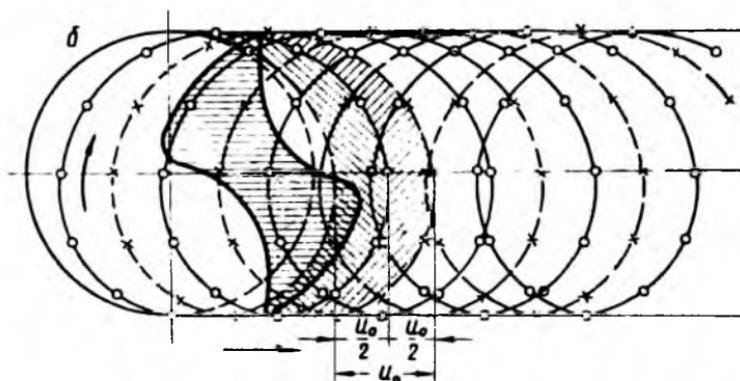
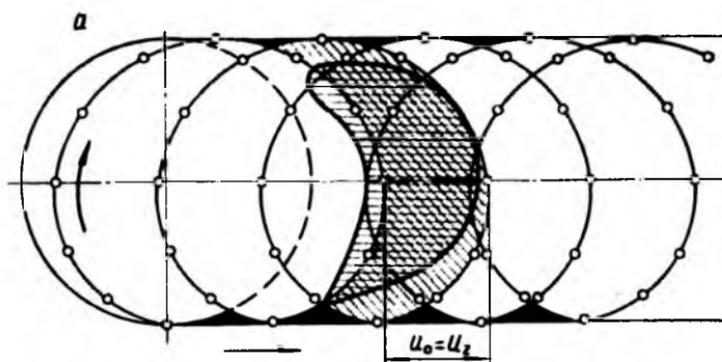
где $\angle \mu = \angle \varphi$ — угол наклона к оси $x-x$ касательной к окружности ($I-I$), а угол λ — угол наклона к оси $x-x$ касательной к циклоиде $II-II$.

На рис. 138 показаны два положения фрезы O_1 и O_2 , из которых первое — начальное, а второе соответствует повороту фрезы на угол φ . При этом углу поворота фрезы φ соответствует подача x_1

$$x_1 = u_z \frac{\varphi}{\omega},$$

где ω — центральный угол между зубьями;
 u_z — подача на один зуб;

$$u_z = \frac{u}{n z}.$$



Найдем координаты точки при повороте зуба на угол φ :

$$x = x_1 + x_2 = u_z \frac{\varphi}{\omega} + \frac{D}{2} \sin \varphi; \quad (87)$$

$$y = \frac{D}{2} - \frac{D}{2} \sin \varphi. \quad (88)$$

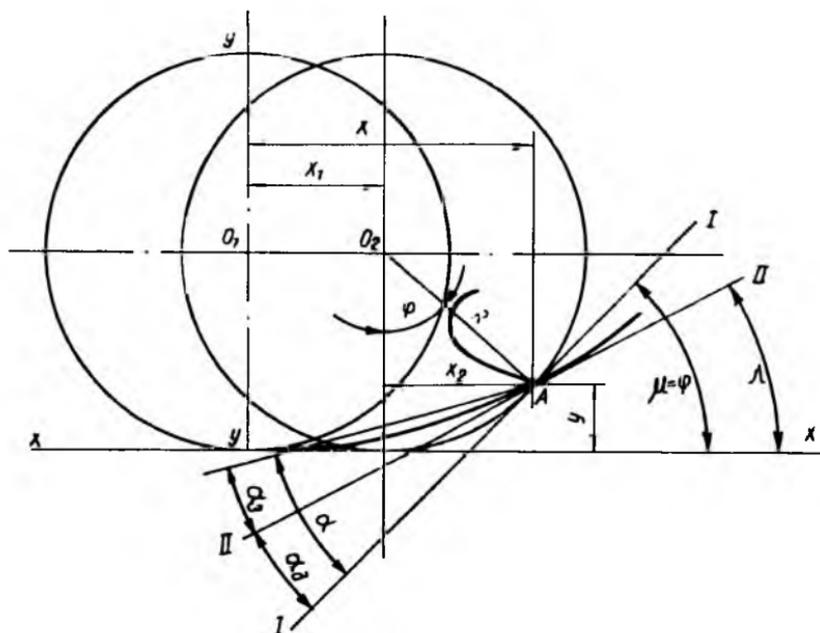


Рис. 138. Определение заднего угла движения

Зная величины x и y , определяем $\frac{dy}{d\varphi}$ и $\frac{dx}{d\varphi}$:

$$\frac{dx}{d\varphi} = \frac{u_z}{\omega} + \frac{D}{2} \cos \varphi;$$

$$\frac{dy}{d\varphi} = \frac{D}{2} \sin \varphi.$$

откуда

$$\operatorname{tg} \lambda = \frac{dy}{dx} = \frac{\frac{D}{2} \sin \varphi}{\frac{u_z}{\omega} + \frac{D}{2} \cos \varphi} = \frac{D \sin \varphi}{D \cos \varphi + \frac{2u_z}{\omega}}. \quad (89)$$

Рис. 137. Геометрия стружки при фрезеровании концевыми пазовыми фрезами:

a — однопредельной; b — двухпредельной; $в$ — трехпредельной; $г$ — трехпредельной с переменным шагом

Тогда $\angle \alpha_d$ будет равен

$$\alpha_d = \angle \varphi - \operatorname{arctg} \frac{D \sin \varphi}{D \cos \varphi + 2 \frac{u_z}{u}}. \quad (90)$$

При $\angle \varphi = 90^\circ$ выражение приобретает следующий вид:

$$\angle \alpha_d = \angle 90^\circ - \operatorname{arctg} \frac{D}{2 \frac{u_z}{u}} = \operatorname{arctg} \frac{2u_z}{Du}. \quad (91)$$

Так как $\frac{u_z}{u} = \frac{u_z}{2\pi} z = \frac{u_0}{2\pi}$, то формула в окончательном виде будет

$$\alpha_d = \operatorname{arctg} \frac{2u_z}{Du} = \operatorname{arctg} \frac{2u_0}{2\pi D} = \operatorname{arctg} \frac{u_0}{\pi D}. \quad (92)$$

При фрезеровании пазовыми фрезами диаметром $D = 8$ мм и подаче на оборот 3 мм

$$\alpha_d = \operatorname{arctg} \frac{3}{3,14 \cdot 8} = \operatorname{arctg} 0,12 = 6^\circ 50'.$$

С учетом упругого восстановления волокон древесины на поверхности обработки и значений углов движения $\angle \alpha_d$ задний угол затылочной поверхности режущего элемента следует принимать не менее $8-10^\circ$.

Увеличение заднего угла свыше 10° положительно сказывается на условиях резания, однако приводит к уменьшению прочности фрезы и сокращению срока ее службы.

Концевые пазовые фрезы являются мерным инструментом, в связи с чем срок их службы определяется минимальным диаметром в пределах допусков на точность выборки гнезд. Другими словами, допуск на износ фрез имеет незначительные величины (в пределах $\Delta R = 0,1 \div 0,15$ мм). С увеличением заднего угла количество возможных переточек (в пределах допуска на износ фрезы) значительно сокращается, так как уменьшение диаметра фрезы при переточках является функцией от размера слоя, стачиваемого с передней поверхности, и заднего угла α .

Для уменьшения вредного влияния трения о стенки гнезда задней поверхности фрезы при ее деформации от изгибающего момента и по конструктивным соображениям целесообразно в пазовых фрезах заднюю поверхность формировать в виде узкой ленточки с задним углом $\alpha = 6 \div 10^\circ$ (рис. 139).

Для уменьшения усилий подачи и мощности на резание целесообразно придавать концевым фрезам возможно меньший угол резания δ .

Уменьшение угла резания, однако, приводит к снижению прочности фрезы и стойкости лезвия, которое при встрече с сучками выкрошивается в отдельных местах.

По данным практики и исследовательских работ, оптимальными углами резания являются $\delta = 65 \div 75^\circ$, в зависимости от

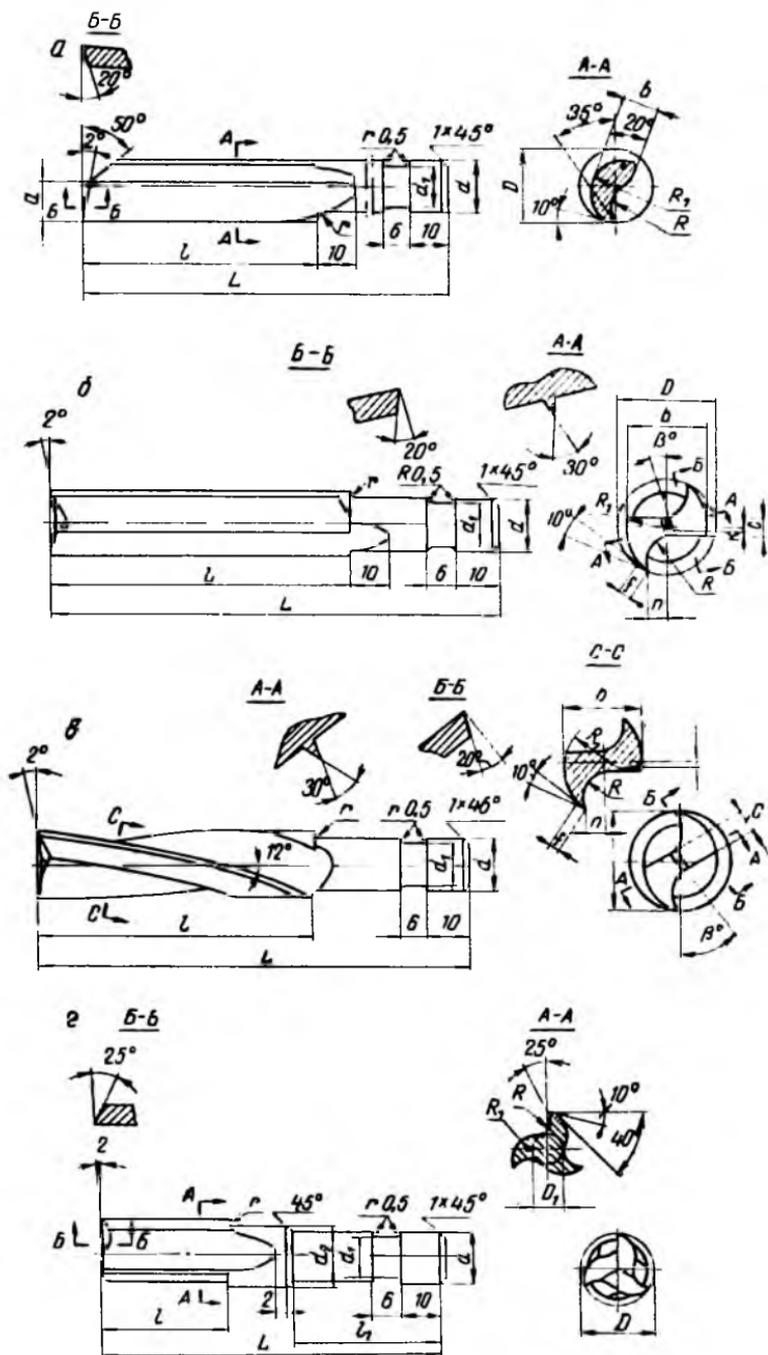


Рис. 139. Конструкции концевых фрез:

a — однорезцовая фреза; *b* — двухрезцовая; *в* — двухрезцовая с винтовым расположением режущих кромок; *г* — трехрезцовая

технологических свойств обрабатываемой древесины. Так, для фрезерования хвойных пород рекомендуются углы резания $\delta = 65^\circ$ и, следовательно, передний угол передней поверхности $\gamma = 25^\circ$.

Для улучшения условий резания целесообразно боковую режущую кромку выполнять по винтовой линии с углом наклона $\omega = 10 \div 15^\circ$. Это осуществляется посредством фрезерования канавки фрезы по винтовой линии с шагом $H = \pi D \operatorname{ctg} \omega = \pi D \operatorname{tg} \tau$. Такое расположение канавки обеспечивает лучшие условия резания боковой и торцевой режущих частей пазовой фрезы. В этом случае углы резания торцевой режущей кромки становятся меньше 90° . Во избежание трения в торцевой части пазовой фрезы задняя поверхность торцевой режущей части должна иметь задний угол $\alpha = 20 \div 25^\circ$ (см. рис. 139). Кроме того, торцевая режущая кромка поднутрится к центру на угол 2° .

Для усиления прочности концевых длинных пазовых фрез желательны увеличение сердцевины фрезы к хвосту. Это осуществляется за счет уменьшения глубины канавки к хвостовику фрезы. Выбор числа резцов концевых фрез обуславливается диаметром и рабочей длиной фрезы, характеризующими ее прочность и производительность работы.

Концевые затылованные фрезы

При ручной подаче целесообразно применять однорезцовые фрезы для получения наибольшей подачи на оборот при постоянном давлении. Это достигается благодаря лучшим численным значениям угловых параметров и большей прочности фрезы. При механической подаче целесообразно применять (для улучшения качества фрезерования и увеличения производительности) двух- и трехрезцовые фрезы.

Формы и типоразмеры концевых пазовых фрез определены ГОСТ 8994—68. Концевые пазовые (затылованные) фрезы бывают одно-, двух- и трехрезцовые с прямыми или винтовыми канавками (см. рис. 139).

При глубоком фрезеровании гнезда шириной до 10 мм целесообразно выбирать однорезцовыми фрезами, до 15 мм — двухрезцовыми и свыше 15 мм — трехрезцовыми (см. рис. 139).

Градация размеров пазовых концевых фрез обычно осуществляется через 1 мм до диаметра 8 мм и через 2 мм — свыше 8 мм. Такая градация вполне приемлема, если учесть, что при широких пазах (свыше 15 мм) относительная разница в 1 мм мало сказывается на прочности соединения деревянных деталей.

Длина пазовых концевых фрез должна быть не больше, чем требуется для обработки соответствующей глубины гнезда, так

как упругий отжим фрезы, приводящий к разбивке паза, зависит от длины консольной части фрезы. Общая длина фрезы

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (93)$$

где l — рабочая длина;
 l_1 — длина хвостовой части;
 l_2 — длина шейки фрезы.

Длина рабочей части фрезы l колеблется в зависимости от глубины гнезда в пределах

$$l = (3 \div 8) D. \quad (94)$$

При этом большие значения коэффициентов относятся к малым диаметрам фрез. В зависимости от глубины гнезда рабочая длина фрезы равняется

$$l = h + 10 \div 15 \text{ мм}. \quad (95)$$

Длина хвостовика фрезы в зависимости от ее диаметра колеблется в пределах

$$l_1 = 40 \div 50 \text{ мм}.$$

Длина шейки фрезы

$$l_2 = 10 \div 15 \text{ мм}.$$

Сердцевина фрезы

$$a = (0,25 \div 0,4) D.$$

При обработке гнезд шириной свыше 12 мм особые преимущества в отношении расхода мощности и точности фрезерования представляет трехрезцовая фреза с переменным шагом (см. рис. 137, в).

Диаметры резания концевых затылованных пазовых фрез по ГОСТ 8994—68 следующие (мм):

однорезцовых	5—16
двухрезцовых	5—25
трехрезцовых	16—30

Выборка продольных гнезд на современных пазовально-фрезерных станках СВПА-2 концевыми пазовыми фрезами производится при одновременном осуществлении трех движений: вращательного и периодического качательного фрезы и осевого обрабатываемой заготовки. Обе главные режущие кромки фрезы — боковая и торцовая — находятся под стружкой в течение полного оборота. Из-за переменной скорости качательного периодического движения (продольной подачи) от кривошипного механизма подача на оборот фрезы u_0 достигает значительных размеров (5—9 мм). Из-за неблагоприятных условий резания древесины при таких параметрах резания фреза испытывает в области поперечного ребра (перемычки) значительные усилия,

приводящие к отжиму се и перекосу обрабатываемого гнезда или к поломке при форсированных подачах.

Для предотвращения сминания древесины поперечным ребром и облегчения условий резания при форсированных подачах кафедра станков и инструментов ЛТА имени С. М. Кирова (канд. техн. наук В. Д. Любославский) сконструировала и испытала бесперемычечные фрезы (рис. 140). Экспериментальные исследования показали высокое качество и производительность фрезерования такими фрезами.

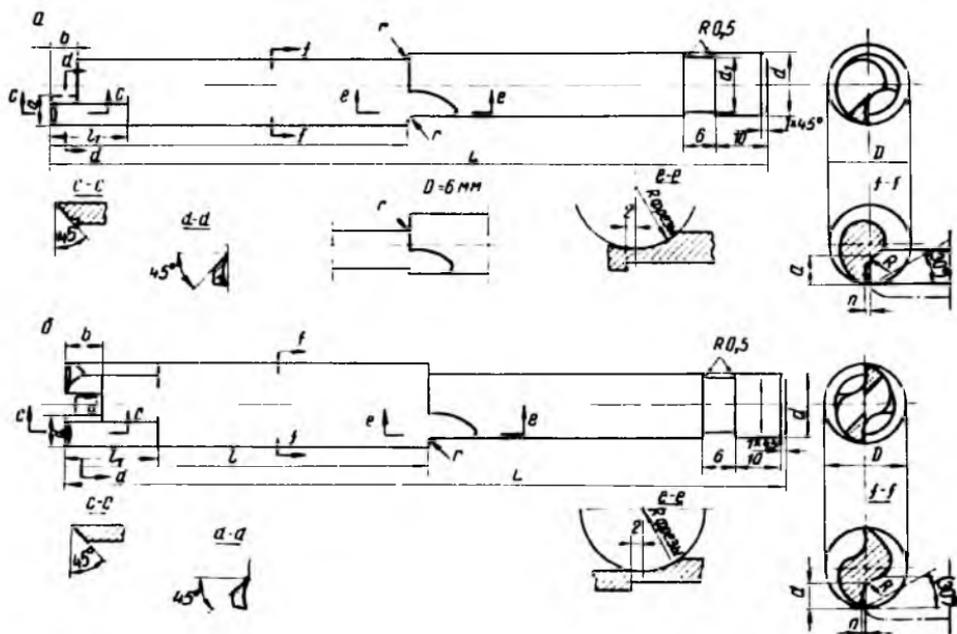


Рис. 140. Концевые пазовые бесперемычечные фрезы ЛТА:
 а — однорезцовые; б — двухрезцовые

В связи со сравнительно малым сроком службы концевых пазовых фрез целесообразно применять их с пластинками из твердого сплава.

На рис. 141 представлены варианты концевых пазовых фрез с пластинками из твердого сплава: тип I — для фрез диаметром от 10 до 18 мм; тип II — для фрез диаметром от 20 до 25 мм.

Как видно из рис. 141, в связи с выдвиганием пластинки твердого сплава над уровнем цилиндрической поверхности затылка тела фрезы (на 1—2 мм) затылование этой поверхности не производят, ограничиваясь лишь наличием заднего угла в пластинке ($\alpha = 10^\circ$).

Заточка пазовых концевых фрез производится на заточном станке ТчФК: режущей торцовой части — со стороны задних

граней, боковых кромок — со стороны передних граней (с внутренней стороны). Заточку лучше производить специальными шлифовальными кружками или пальцами определенного размера и профиля на быстроходном шлифовальном станке, шпиндель которого делает до 9000—12000 об/мин.

Трапецидальные концевые фрезы применяются для выборки шпоночных канавок или полупотайных шипов и гнезд в ящичных дощечках. Чаще всего для этих целей применяются двухрезцовые фрезы, имеющие, помимо того, на торце подрезатели

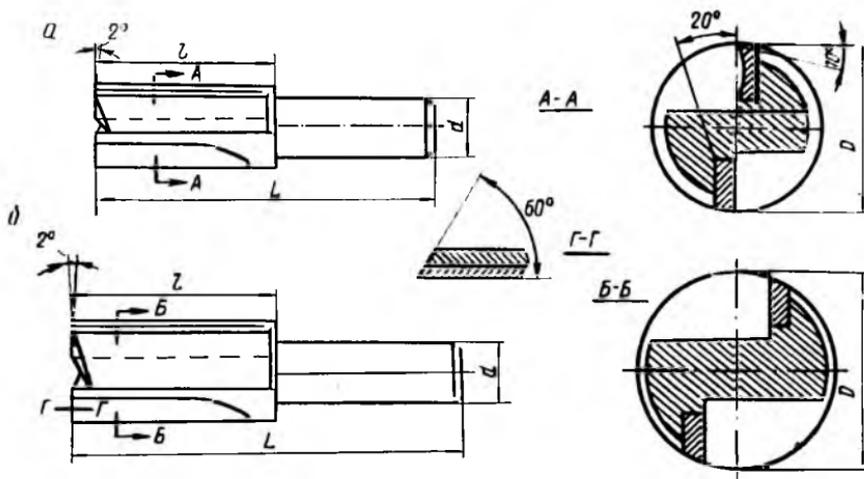


Рис. 141. Концевые фрезы с пластинками из твердого сплава:
а — тип 1; б — тип 11

(рис. 142). Во избежание трения торцовая поверхность таких фрез имеет поднутрение на 1—2°.

На рис. 142 изображены нормаль и конструкции концевых трапецидальных фрез, применяющихся на фрезерных или на специальных многошпиндельных шипорезных станках для выборки полупотайных шипов и гнезд типа «ласточкин хвост».

Фрезы имеют различные диаметры резания (от 12 до 17 мм) и выполняются в зависимости от направления вращения левосторонними и правосторонними.

Угловые значения режущих элементов колеблются в следующих пределах: $\angle \alpha = 10 \div 15^\circ$; $\angle \gamma = 20 \div 30^\circ$; $\angle \delta = 60 \div 70^\circ$.

Многошпиндельные шипорезные станки для выборки шипов и гнезд типа «ласточкин хвост» имеют приспособление для компенсации износа, в связи с чем фрезы позволяют производить заточку режущих граней до предельного размера пера. Заточка должна осуществляться на специальном заточном станке с делительной головкой-патроном со стороны передней

границы зубьев. Не следует допускать заточки фрез от руки, так как она неизбежно приводит к искажению углов резания и не обеспечивает точного положения режущих кромок.

Фрезы закрепляются (в зависимости от конструкции хвостовика) либо в коническом гнезде шпинделя, либо в патроне, либо путем ввертывания в отверстие шпинделя, имеющее резьбу.

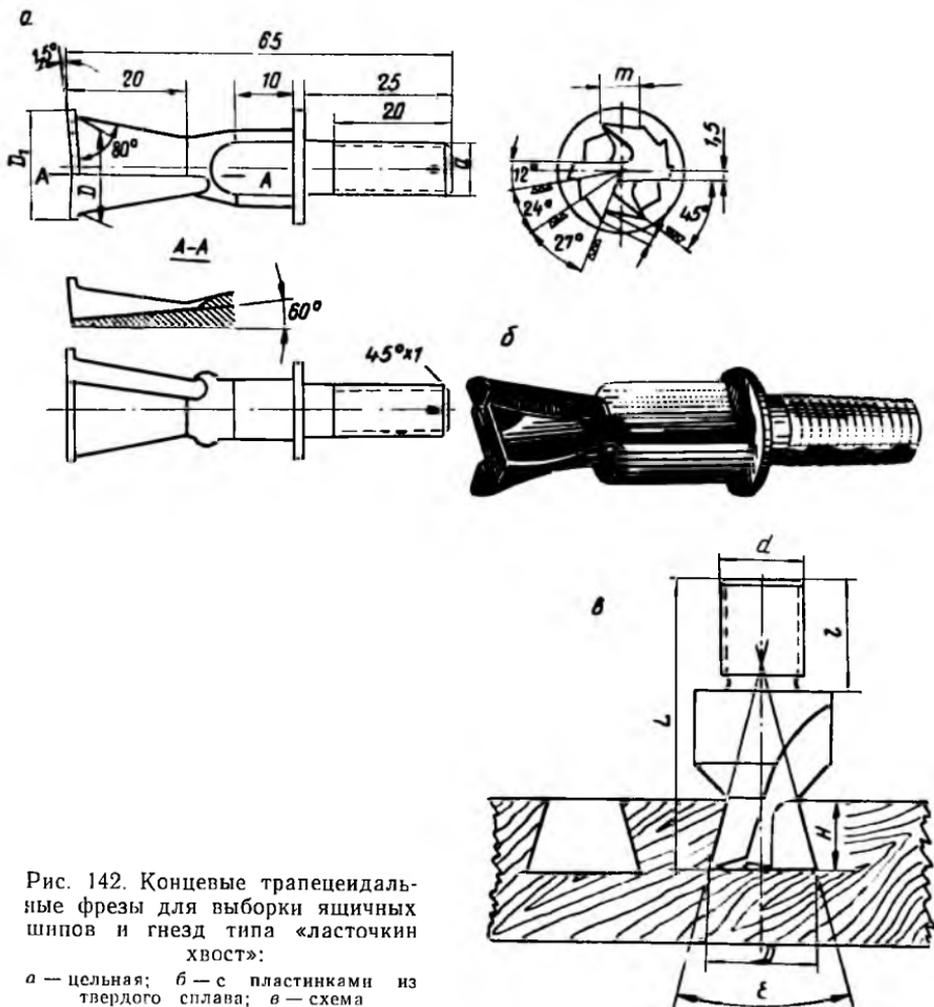


Рис. 142. Концевые трапециевидные фрезы для выборки ящичных шипов и гнезд типа «ласточкин хвост»:

а — цельная; б — с пластинками из твердого сплава; в — схема

Для выборки ящичных шипов типа «ласточкин хвост» целесообразно применять фрезы с пластинками из твердых сплавов (рис. 142, б), так как срок службы таких фрез сравнительно невелик, а точность размера фрезы имеет большое значение для прочности шиповых сопряжений.

Концевые незатылованные фрезы

Концевые незатылованные фрезы применяются на копировально-фрезерных станках с верхним шпинделем. В связи с тем что число оборотов концевых фрез в минуту на таких станках достигает 12 000—24 000, скорости подачи при обработке деталей достигают больших значений при высоком качестве обработки.

Задняя поверхность концевых незатылованных фрез представляет цилиндрическую поверхность, ось которой совпадает с осью фрезы (рис. 143). Задний угол фрезы образуется вследствие эксцентричного ее вращения. Фреза вставляется в патрон с эксцентриситетом z между осью фрезы и осью вращения шпинделя, при этом угол между эксцентриситетом (осью xx) и радиусом R_r лезвия фрезы, должен соответствовать углу установки фрезы φ (рис. 144). В результате такой установки фреза описывает режущей кромкой окружность резания с радиусом R . Между радиусом резания R_r и радиусом режущей точки фрезы R образуется угол α , соответствующий заднему углу резания (рис. 144).

Между радиусом резания $R_r = \frac{D_r}{2}$, радиусом фрезы R и параметрами установки фрезы — эксцентриситетом z и углом установки φ — существует следующая взаимосвязь:

$$R_r = \sqrt{R^2 + z^2 + 2Rz \cos \varphi}; \quad (96)$$

$$\angle \alpha = \arcsin \frac{z \sin \varphi}{R_r}. \quad (97)$$

Зная радиус фрезы R и задний угол α и задаваясь значением радиуса резания R_r , определяем величину z и φ , решая совместно эти два уравнения с двумя неизвестными.

Только установка фрезы с эксцентриситетом z и углом установки φ , определенными по указанным уравнениям, обеспечивает нормальные условия резания и правильные размеры обрабатываемого отверстия.

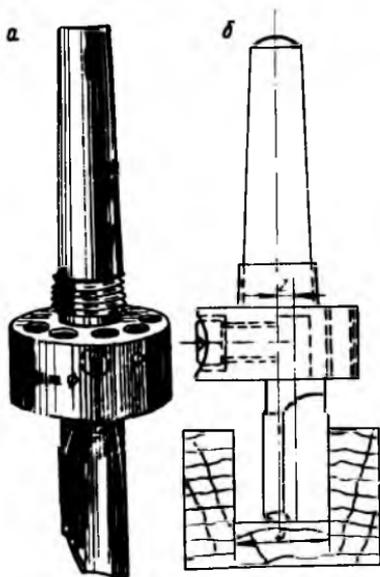


Рис. 143. Концевая незатылованная фреза, эксцентрично закрепленная в патроне:
а — общий вид; б — схема

На рис. 144, б показана неправильная установка фрезы с эксцентриситетом z и с углом установки $\varphi=0$. В этом случае задний угол резания α будет равен нулю, так как эксцентриситет z совпадает с радиусом резания R_r . Фрезерование при такой установке фрезы невозможно из-за сильного трения и нагревания. На рис. 144, в показан другой случай неправильной установки фрезы с эксцентриситетом z , но с углом установки $\varphi=90^\circ$. В данном случае задний угол α приобретает отрицательные значения, что характеризуется невозможностью резания из-за сильного отбивания древесины затылком фрезы.

Для правильной установки фрезы в соответствующей головке-патроне с определенным эксцентриситетом имеется шкала в градусах.

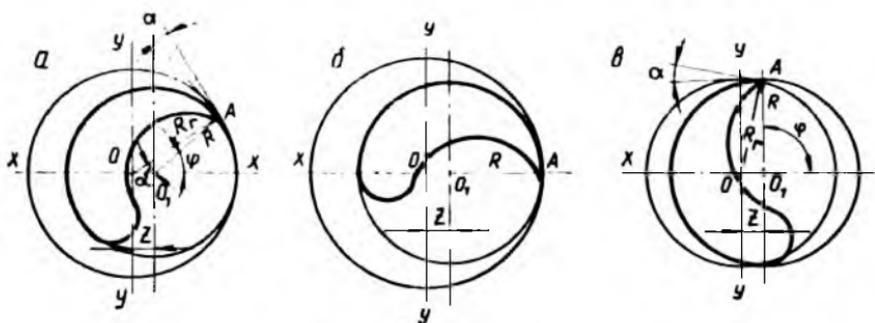


Рис. 144. Схема установки незатылованных фрез в патроне: а — правильно; б и в — неправильно

Однорезцовые незатылованные концевые фрезы имеют перед затылованными преимущества, заключающиеся в постоянстве радиуса резания, не зависящего от износа фрезы, и в простоте изготовления.

Изготовление фрезы упрощается ввиду отсутствия операции затыловки задней ее поверхности. Постоянство радиуса резания в данном случае обеспечивается соответствующей установкой фрезы ($\angle\varphi = \text{const}$).

Для фрезерования пазов и обработки контура в выклеинных деталях или древесностружечных плитах целесообразно применять незатылованные концевые фрезы с твердым сплавом (рис. 145). При этом фрезы диаметром до 8 мм включительно целесообразно делать целиком из твердого сплава (из пластифицированных заготовок с последующим спеканием). Фрезы диаметром от 10 мм и выше выполняются с припаянной пластинкой твердого сплава ВК18.

Однорезцовые пазовые концевые незатылованные фрезы по ГОСТ 8994—68 представлены на рис. 146.

Диаметр фрез колеблется от 3 до 26 мм, что при средних положениях фрез в патроне соответствует размерам от 3,5 до

40 мм. Изменением положения фрезы в патроне в допусках можно изменять размер обрабатываемого гнезда на 20—25%.

Незатылованные концевые односторонние фрезы могут иметь различные фасонные профили для обработки фасонных боковых поверхностей по контуру изделия (см. рис. 146).

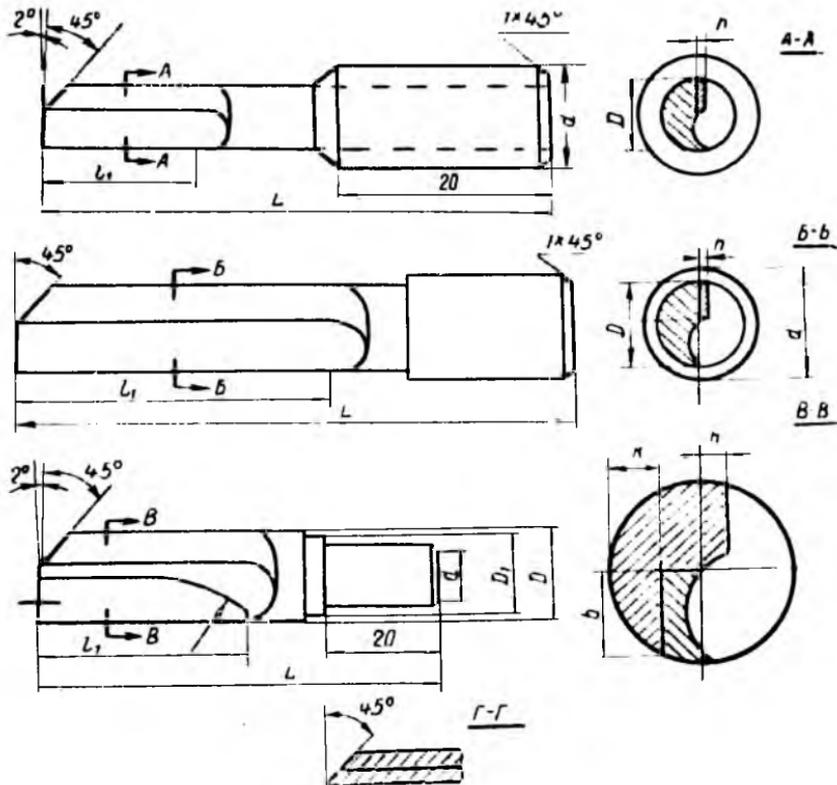


Рис. 145. Фрезы концевые цилиндрические незатылованные односторонние с твердым сплавом

Нормальная работа эксцентрично закрепленных в патроне концевых незатылованных фрез возможна лишь при условии тщательной балансировки фрезы-головки. Статическая ее балансировка осуществляется посредством специального приспособления — балансировочной втулки 1 и горизонтальной плиты 2 (рис. 147). Устранение дисбаланса достигается ввертыванием в отверстия патрона специальных винтов 3, уравновешивающих эксцентричное расположение фрезы. В результате уравновешивания избыточной массы ввертыванием винтов втулка — ролик с головкой при перемещении по горизонтальной пластинке должна останавливаться в любом положении.

Заточка фрез осуществляется: боковой режущей грани — с передней поверхности, торцовой — со стороны задней поверхности. Заточка выполняется посредством шлифовальных кругов или головок соответствующего профиля и размеров.

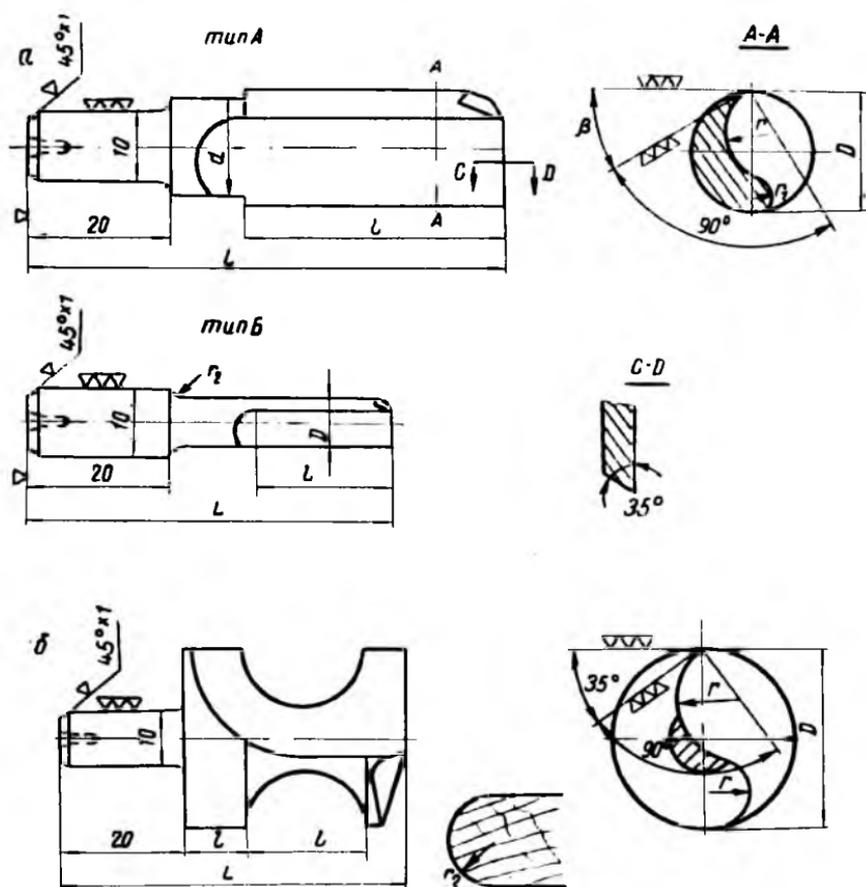


Рис. 146. Нормальные кощевые незатывованные фрезы:
а — пазовые; б — фасонная

Для заточки следует применять направляющие устройства или подручники, обеспечивающие постоянное значение переднего угла ($\gamma = \text{const}$).

Помимо цельных концевых фрез, в деревообработке применяются концевые фрезы с вставными раздвижными резцами. Преимуществом этих фрез является легкость изготовления сменных резцов и возможность регулирования диаметра резания инструмента для выборки пазов различных размеров.

Для выполнения скульптурных работ (барельефов, резьбы и объемной скульптуры) на специальных копировально-фрезерных многошпиндельных станках или фрезерных станках с верхним шпинделем применяются концевые фрезы различной конфигурации.

Точность и качество обработки концевых фрез. Концевые пазовые фрезы являются мерным режущим инструментом, в связи с чем особые требования предъявляются к точности размеров и форме их режущих частей, так как эти факторы влияют на точность ширины паза.

Расчет допуска на размеры концевых пазовых фрез по диаметру резания производится с учетом разбивки паза.

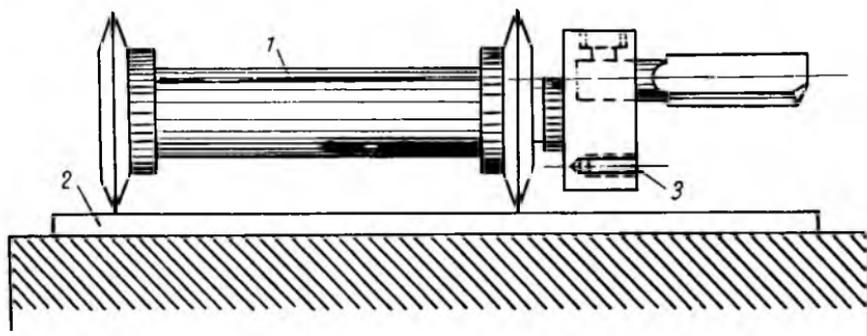


Рис. 147. Приспособление для статической балансировки фрез с патроном

На разбивку паза при его фрезеровании концевой фрезой влияют следующие основные погрешности в положении и состоянии рабочего органа станка и фрезы.

1. Непараллельность шпинделя станка, а следовательно, и оси фрезы к направляющим поверхностям суппорта подачи.
2. Отклонение от соосности шпинделя и патрона станка.
3. Эксцентричное закрепление фрезы в патроне шпинделя.
4. Продольный изгиб фрезы.
5. Упругий отжим фрезы и шпинделя под воздействием сил сопротивления резанию.
6. Зазор в подшипниках шпинделя станка.

Разбивка отверстия в случае применения двухрезцовых фрез меньше, чем при использовании однорезцовых фрез.

Для уменьшения разбивки паза из-за упругого отжима фрезы целесообразно уменьшать подачу на один резец u_z за счет увеличения числа оборотов шпинделя станка в минуту до 6000 и выше. Кроме того, следует применять возможно малые значения свободной длины фрезы l и выборку канавок фрезы делать с уменьшением глубины канавки к хвостовику, что увеличивает ее прочность против изгиба.

Уменьшает разбивку паза и наклонное расположение режущих кромок фрезы (см. рис. 139), а также наличие вырезов в ее режущих кромках, хотя, по данным исследований ЛТА имени С. М. Кирова, последнее обстоятельство несколько ухудшает поверхность гнезда и приводит к увеличению расхода мощности на резание.

Наибольшую точность фрезерования по сравнению с одной двухрезцовыми фрезами, обеспечивают трехрезцовые фрезы с переменным шагом (см. рис. 137, з). Соответствующее распределение резцов этих фрез в процессе резания и форма поперечного сечения обеспечивают большую их прочность в направлении действия сил резания и в связи с этим меньший уругий изгиб.

Ширина разбивки паза превышает допуск на ширину паза по системе допусков и посадок в случае номинального размера диаметра фрезы. В связи с этим при изготовлении фрезы следует принимать допуск по диаметру в тело инструмента.

Точность работы концевых пазовых фрез находится в пределах третьего класса точности по ГОСТ 6449—53.

У незатылованных и угловых фрез типа «ласточкин хвост», применяющихся на многошпиндельных шипорезных станках, износ фрез в результате переточек не влияет на размер паза. В первом случае это достигается путем соответствующей установки фрезы в патроне, а во втором — путем регулировки специального механизма по компенсации износа фрезы.

Остальные конструкции концевых затылованных фрез в связи с изменением диаметра из-за износа имеют ограниченный срок службы. Незатылованные однорезцовые фрезы (см. рис. 146) допускают большее количество переточек, чем затылованные. Они сохраняют при переточках постоянный диаметр резания D_r при постоянном угле φ установки их в патрон. Кроме того, в допускаемых пределах угла установки фрезы ($\varphi = 30 \div 50^\circ$) можно регулировать диаметр резания в зависимости от точности размера паза из-за его разбивки. Как видно из формул (96) и (97), изменяя угол установки фрезы φ в пределах $30—50^\circ$, можно получить переменное значение радиуса резания R_r .

Допускаемые значения угла установки фрезы $\varphi = 30 \div 50^\circ$ определяются минимальным и максимальным допускаемыми значениями задних углов α , рассчитываемых по формуле (97).

Основные требования, предъявляемые к размерам и допускам концевых фрез, должны удовлетворять следующим значениям:

1. Отклонения концевых фрез по внешнему диаметру рабочей части должны быть в пределах скользящей посадки четвертого класса точности по ОСТ 1014 (С₄).

2. Отклонения фрез по диаметру цилиндрического хвоста должны быть в пределах четвертого класса точности С₄.

3. У концевых фрез с конусным хвостовником конус должен быть выполнен по ГОСТ 2847—45.

4. Центровые отверстия должны быть выполнены по ОСТ 3725.

5. Отклонения концевых фрез по длине должны быть в пределах девятого класса точности по ОСТ 1010 (В₉).

6. Отклонение от прямолинейности концевых фрез (продольный изгиб) должно быть не более 0,05 мм.

7. Отклонение переднего и заднего углов боковых режущих кромок должно быть в пределах $\pm 1^\circ$.

8. Отклонение углов торцовой части должно быть в пределах $\pm 0,5^\circ$.

Общий вид концевых фрез должен удовлетворять следующим требованиям:

1. На поверхности фрез не должно быть трещин, раковин, черновин, выкрошенных мест, слоев коррозии и прочих дефектов.

2. Хвостовики (исключая хвостовики с резьбой), передние грани и задние поверхности зубьев должны быть шлифованными.

3. У торцов хвостовиков должны быть сняты фаски.

4. Все острые углы и кромки, за исключением режущих, должны быть закруглены.

5. Фрезы должны быть заточены. Завал режущих кромок не допускается.

Раздел четвертый

СВЕРЛИЛЬНЫЙ, ДОЛБЕЖНЫЙ И ПРОЧИЙ ИНСТРУМЕНТ

Глава XII

СВЕРЛИЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Основные понятия

Сверление как процесс технологической обработки используется для образования в деревянных деталях цилиндрических сквозных отверстий или несквозных гнезд чаще всего для соединения деталей посредством болтов, деревянных шкантов или винтов, для удаления сучков при заделке отверстий специальными пробками или для изготовления изделий (катушек, веретен). Сверла, применяемые для выполнения указанных работ, разделяются на типы, виды и разновидности по конструктивным особенностям режущих элементов, рабочей части и хвостовика.

Типы сверл по форме режущей части и тела определяются условиями работы, направлением сверления по отношению к направлению волокон, диаметром и глубиной сверления, требуемой точностью и производительностью сверления. Разновидности сверл по форме хвостовика определяются размерами сверл и конструкцией нормальных крепежных приспособлений у типовых сверлильных станков.

В зависимости от условий работы к сверлам предъявляют ряд требований. Основные из них следующие:

режущие элементы сверла должны иметь нормальные угловые значения и размеры в соответствии с условиями сверления;

сверло должно иметь такую конструкцию, чтобы стружка могла свободно отделяться и по мере своего образования выходить из отверстия;

конструкция сверла должна обеспечивать возможность легкой и многократной заточки;

углы и основные размеры режущих элементов сверла должны оставаться нормальными после соответствующих заточек;

сверло должно обеспечивать максимальную производительность и хорошее качество сверления.

Элементы сверла. В конструкции сверла различают следующие основные элементы и части (рис. 148).

Режущая часть — часть, снабженная режущими кромками.

Подрезатели — резцы на периферийной режущей части сверла для подрезания волокон древесины.

Направляющий центр — пирамидальный выступ в центральной режущей части сверла для обеспечения правильного направления сверла.

Шейка сверла — промежуточная часть, соединяющая рабочую часть сверла с хвостовиком.

Хвостовик — для закрепления сверла и передачи крутящего момента от шпинделя.

Главные режущие кромки — образованы пересечением передних и задних поверхностей сверла.

Поперечная кромка — образуется пересечением обеих задних поверхностей сверла.

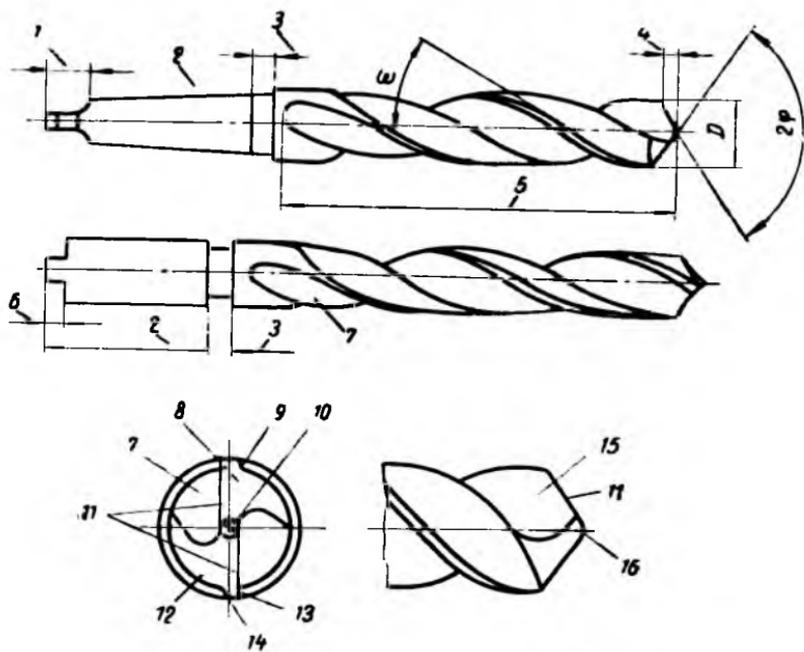


Рис. 148. Элементы сверла:

1 — лапка; 2 — хвостовик; 3 — шейка; 4 — режущая часть; 5 — рабочая часть; 6 — поводок; 7 — канавка; 8 — задняя поверхность; 9 — спинка зуба; 10 — сердцевина (перемычка); 11 — режущие кормки; 12 — зуб; 13 — кромка ленточки; 14 — ленточка; 15 — передняя поверхность; 16 — поперечная кромка

Винтовые ленточки — две узкие винтовые фаски, обеспечивающие направление и центрирование сверла в отверстии.

Угол наклона винтовой канавки ω — угол, заключенный между направлениями оси сверла и касательной к ленточке.

Угол при вершине сверла 2ϕ — угол между режущими кромками.

Углы резания и их значения. При конструировании сверл большое значение имеет правильный выбор угловых параметров режущих элементов с учетом величины угла движения.

Углы движения α_d в этом случае меняются, достигая наибольшего значения для частей режущей кромки вблизи оси

вращения (при малых радиусах резания). В связи с этим задний угол заточки затылка режущей кромки α должен быть больше, чтобы обеспечить необходимый угол зазора $\alpha_{\text{заз}}$ между поверхностью резания и задней поверхностью лезвия сверла:

$$\alpha = \alpha_{\text{д}} + \alpha_{\text{заз}}.$$

Углы движения для различных точек режущей кромки сверла определяются по следующей формуле:

$$\alpha_{\text{д}} = \arctg \frac{u_0}{2\pi r_n}, \quad (98)$$

где u_0 — подача на один оборот сверла;

r_n — радиус резания определенной точки режущей кромки.

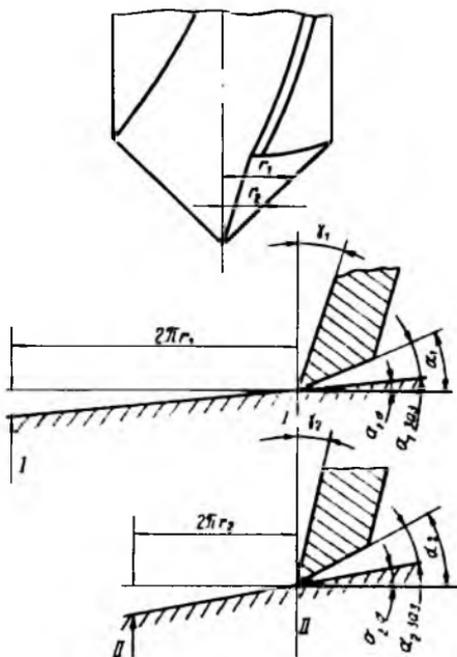


Рис. 149. Определение заднего угла движения

Приведенная зависимость понятна из следующего примера (рис. 149). Если развернуть на плоскости путь точки I, соответствующая траектория относительного перемещения этой точки (по винтовой линии) за один оборот сверла обратится в прямую I—I с углом наклона $\alpha_{1д}$, причем

$$\alpha_{1д} = \arctg \frac{u_0}{2\pi r_1}.$$

Соответствующая траектория точки II будет иметь наклон

$$\alpha_{2д} = \arctg \frac{u_0}{2\pi r_2}.$$

Таким образом, наклон пути различных точек режущей кромки тем круче, чем ближе к оси сверла расположена соответствующая точка, т. е.

$$\angle \alpha_{2д} > \angle \alpha_{1д} \text{ и т. д.}$$

При максимальной подаче на оборот сверла $u_0 = 4$ мм для точки режущей кромки сверла, расположенной на расстоянии $r = 2$ мм, угол движения будет равняться 18° . С таким углом приходится считаться, учитывая к тому же упругое восстановление древесины и шероховатость ее поверхности резания. Все это при малых значениях задних углов приводит к большой контактной поверхности соприкосновения задней грани режущего лезвия сверла с древесиной и, как следствие, к увеличению

усилия подачи и быстрому нагреву сверла при форсированных подачах из-за сильного трения.

Угловые значения режущего лезвия сверла, по практическим данным, находятся в следующих пределах:

$$\alpha = 20 - 25^\circ; \beta = 20 - 25^\circ;$$

$$\delta = 40 - 50^\circ.$$

Классификация сверл. Так как сверление представляет сложный процесс резания, совершаемый по различным направлениям относительно волокон древесины, конструктивное оформление режущих элементов сверла чрезвычайно затрудняется. Вследствие этого существующие типы сверл (рис. 150) лишь в той или иной степени удовлетворяют указанным требованиям к их конструкции.

По форме тела конструктивные разновидности сверл, приведенные в классификации (рис. 151), можно разделить на две группы: с цилиндрическим стержнем; с винтовым телом. Сверла второй группы наиболее рациональны, так как канавки, расположенные в их теле по винтовой линии, обеспечивают лучшее размещение и вывод снимаемых стружек, особенно при глубоком сверлении. Кроме того, такой вариант тела обеспечивает

возможность формирования режущих элементов торцевой части сверла вследствие переточек по рабочей длине тела.

По форме режущих частей сверла можно разделить тоже на две основные группы: 1) с подрезателями и направляющим центром; 2) с конической заточкой (см. рис. 150).

Сверла первой группы отличаются различным сочетанием и формой режущих элементов (подрезателей и основных режущих



Рис. 150. Сверла для работы по дереву: а — простое центровое с плоской головкой; б — станочное центровое с цилиндрической головкой; в — с круглыми подрезателями; г — с зубчатыми подрезателями; д — полое цилиндрическое; е — ложечное; ж — спиральное; з — винтовое; и — шнековое; к — штопорное

лезвий — сверла с клиновыми подрезателями, с круговыми или зубчатыми подрезателями).

Наличие подрезателей характерно для сверл, предназначенных для сверления перпендикулярно направлению волокон древесины. В этом случае подрезатели, перерезая волокна перед основными лезвиями, снимающими стружку, обеспечивают более высокое качество поверхности высверленного отверстия.

Для сверления древесины вдоль волокон сверла имеют наклонно расположенные режущие кромки — коническую заточку.

Для получения сквозных отверстий большого диаметра или полуотверстий на боковых гранях деталей целесообразно при-

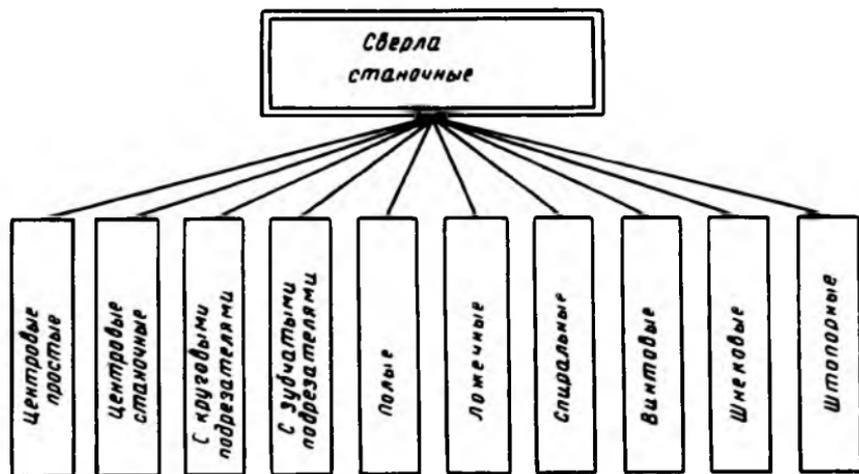


Рис. 151. Схема классификации сверл по дереву

менять с целью экономии энергии полые цилиндрические сверла — пилки или специальные резцы, обеспечивающие образование отверстия путем кольцевого выреза древесины. В металлообработке такой прием получил название кольцевого сверления.

Наиболее рациональными являются винтовые сверла.

Центровые сверла

Центровые сверла с плоской головкой состоят из следующих основных элементов: подрезателя, режущего лезвия и направляющего центра (рис. 152, а). Так как наибольшее усилие испытывает режущее лезвие, простое центровое сверло испытывает несимметричную нагрузку; это приводит к уводу и биению сверла при больших подачах. Для правильного направления сверления большое значение имеет направляющий центр.

Для уравнивания нагрузок на правую и левую части центрального сверла и главным образом для деления снимаемой режу-

щим лезвием стружки с целью более легкого ее выхода из отверстия некоторые конструкции центровых сверл выполняются с двумя подрезателями с одной стороны пера (с разными радиусами резания).

Простые центровые сверла применяются для сверления сквозных и несквозных сравнительно неглубоких отверстий, так как при сверлении глубоких отверстий затруднен выход стружки.

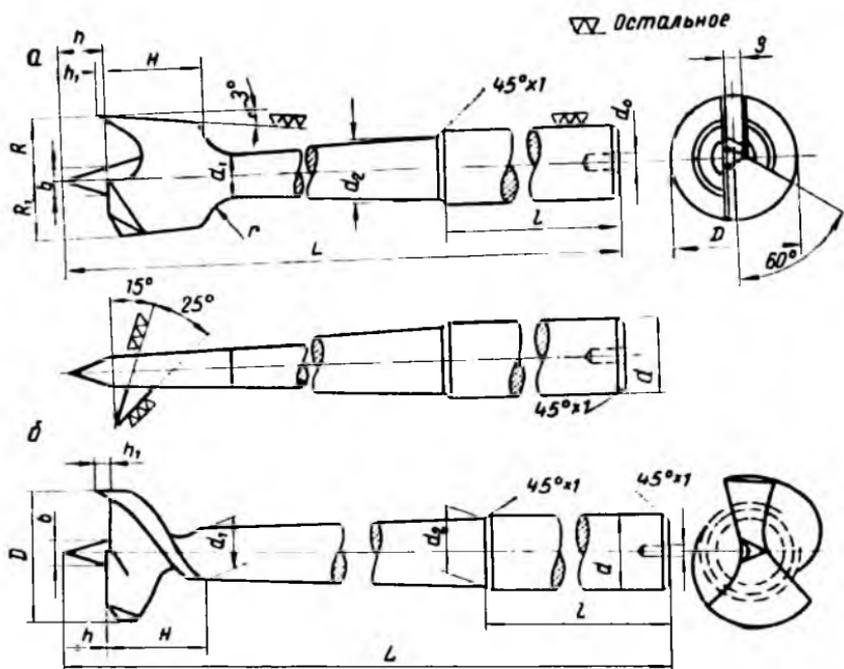


Рис. 152. Центровые сверла:
 а — простое с плоской головкой;
 б — станочное с цилиндрической
 головкой; в — станочное с пластин-
 ками из твердого сплава

Простое центровое сверло не лишено и ряда других недостатков. Так, срок службы сверла, определяемый допустимым количеством переточек, сравнительно невелик. Учитывая к тому же сложность изготовления этих сверл, применять их для массовых работ экономически менее выгодно по сравнению со спиральными или винтовыми.

Основным недостатком простых центровых сверл является засорение высверливаемого отверстия стружкой уже при свер-

лении на глубину $H > 2D$. При глубоком сверлении необходим неоднократный вывод сверл из отверстия, что снижает производительность труда.

Более совершенной конструкцией для неглубокого сверления отверстий является станочное центровое сверло с цилиндрической головкой (рис. 152, б). Расположение в нем передней поверхности режущей кромки по винтовой линии обеспечивает лучшие условия выхода снимаемой стружки. Размеры пера и тела станочного центрального сверла с цилиндрической головкой обеспечивают к тому же сверление при больших по сравнению с простым центровым сверлом скоростях подачи.

Для сверления выклепных деталей и древесностружечных плит целесообразно применение станочных центральных сверл с пластинками из твердого сплава (рис. 152, в).

Диаметры центральных сверл колеблются от 10 до 60 мм с градацией через 2 мм. Применение сверл диаметром меньше 10 мм не рекомендуется из-за плохого выхода стружки. Длина центральных сверл обуславливается сравнительно малой глубиной сверления из-за плохого выхода стружки из отверстия и колеблется в пределах 120—210 мм, в зависимости от диаметров сверла.

Размеры основных элементов центральных сверл определяются следующими примерными практическими соотношениями:

$$D = 2R,$$

$$R_1 = R - (0,8 \div 1,0), \quad (99)$$

$$S = (0,10 \div 0,30) D, \quad (100)$$

$$h = (0,25 \div 0,5) D, \quad (101)$$

$$h_1 = u_{\text{омакс}}. \quad (102)$$

Учитывая большие углы движения при форсированных подачах, задние углы заточки центральных сверл следует делать возможно большими. С другой стороны, для лучшего стружкообразования углы резания должны быть не более $\delta = 40 \div 50^\circ$. Принимая минимально допустимый угол заострения режущего лезвия при сверлении сосны в $20\text{—}25^\circ$, получаем задние углы заточки $\alpha = 20\text{—}25^\circ$. Меньшие углы заострения приводят к ослаблению режущего лезвия к упругому отжиму его под действием сил сопротивления резанию. Большие углы заострения ухудшают условия резания, так как увеличение их возможно за счет уменьшения заднего угла либо увеличения угла резания.

Сверла с круговыми и зубчатыми подрезателями (рис. 153) применяются для сверления неглубоких отверстий (главным образом для высверливания сучков), которые потом заделывают деревянными пробками, отверстий в фанере, точных и чистых отверстий в деталях. Эти сверла могут также применяться для сверления полуокружности в краях деталей.

Сверла с круговыми подрезателями имеют две основные режущие кромки, обеспечивающие срезание стружки, и по окружности резания два лезвия (круговые подрезатели), подрезающие стружку с боковой поверхности гнезда. Подрезающие лезвия

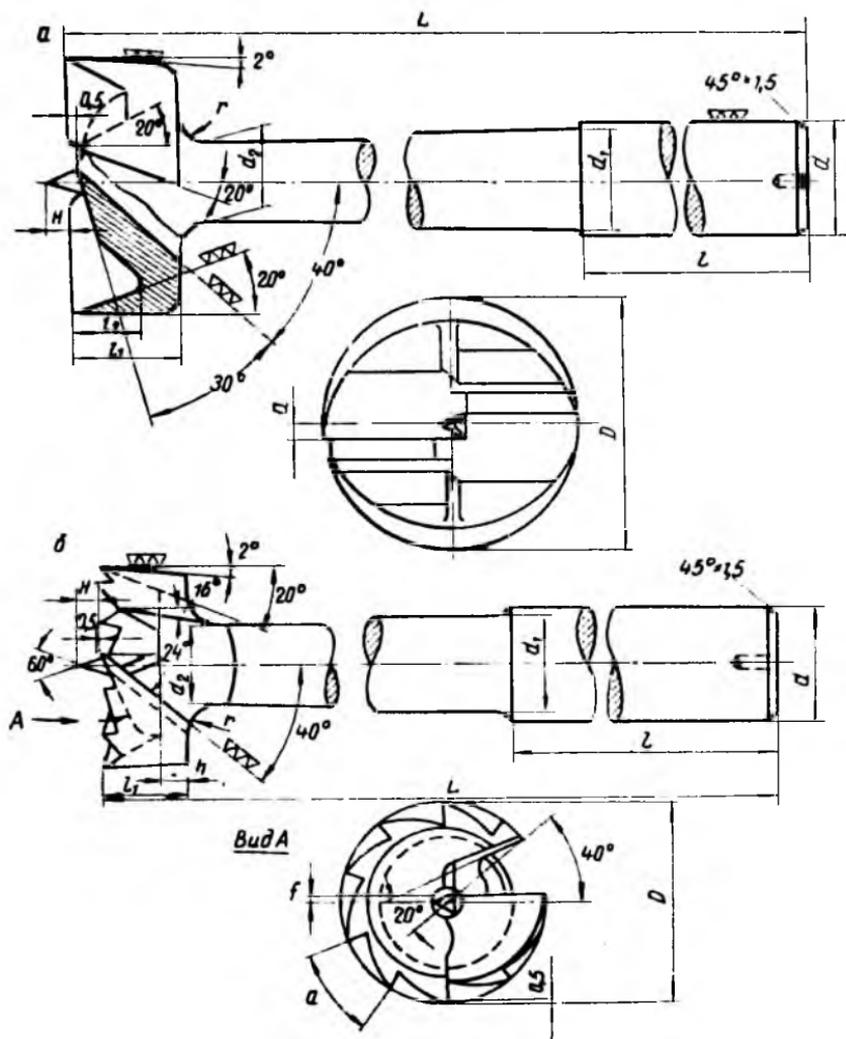


Рис. 153. Сверла:

a — с круговыми подрезателями; *б* — с зубчатыми подрезателями

выступают над уровнем основных режущих кромок на 0,5 мм (рис. 153, *a*).

Зубчатые подрезатели расположены почти по всему периметру сверла с серповидным утолщением к концу; они имеют лишь одну основную режущую кромку (рис. 153, *б*).

Диаметр сверл с круговыми подрезателями колеблется от 10 до 50 мм, а сверл с зубчатыми подрезателями — от 30 до 100 мм. Такое различие диаметров объясняется необходимостью облегчения работы подрезателей при большом диаметре отверстия путем придания им зубчатой формы.

При тяжелых условиях работы (форсированных подачах) круговые подрезатели из-за значительного трения сильно нагре-

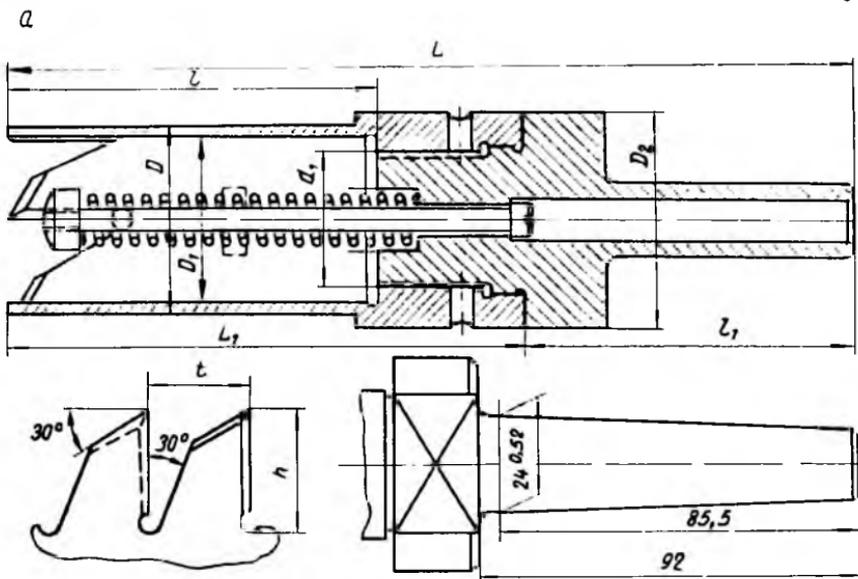


Рис. 154. Цилиндрические пилки:
а — цельная; б — с вставками из твердого сплава

ваются и подвергаются интенсивному отпуску, ухудшающему режущие свойства лезвий. Для сверл этого типа максимальная подача не превышает 1 мм/об и максимальная скорость резания 2 м/сек. Градация размеров сверл по диаметру до 50 мм принята через 2 мм, а для больших диаметров через 5 мм.

Применение сверл минимального диаметра (10 мм) ограничивается из-за трудности выхода стружки и малой производительности по сравнению с другими типами сверл. Применение сверл диаметром меньше 10 мм исключается по тем же причинам.

Углы резания элементов сверла α , β и γ составляют по 30° .
Во избежание трения боковая поверхность головки сверла имеет поднутрение под углом 2° .

В сверлах с круговыми и зубчатыми подрезателями для выборки полуокружностей с краев деталей направляющий центр отсутствует. Такие сверла затачивают следующим образом: лезвия со стороны задней грани, круговые подрезатели с внутренней стороны, зубчатые — со стороны передних граней зубьев.

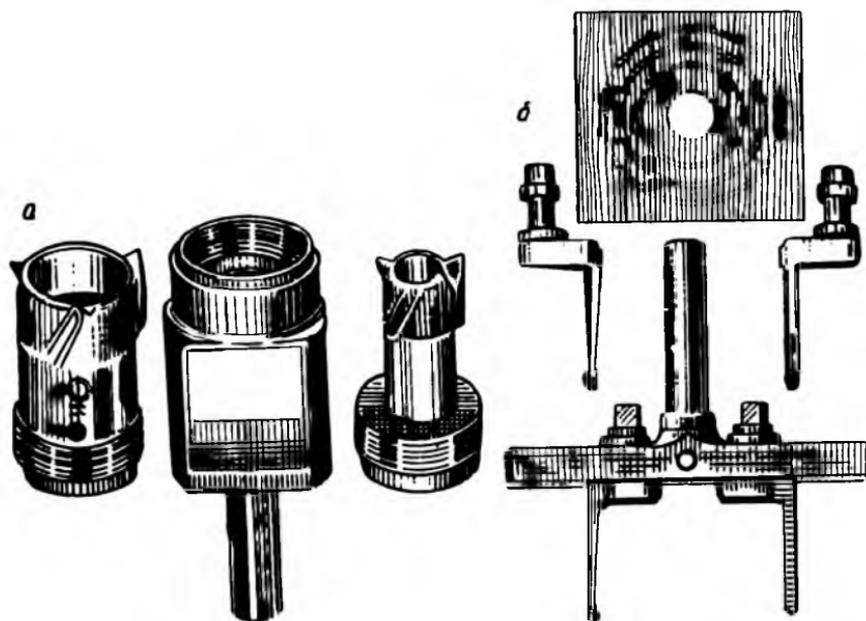


Рис. 155. Сверла для кольцевого сверления:

а — сменные режущие элементы; *б* — режцовая головка с раздвижными резцами для кольцевого сверления

Сверла приведенных конструкций закрепляют в патроне, вследствие чего они имеют цилиндрический хвостовик.

Полые цилиндрические сверла (цилиндрические пилки). Для выполнения сквозных отверстий или полуокружностей с краев деталей, а также для выпиливания пробок применяются цилиндрические пилки. Производительность их значительно превосходит производительность сверл для сквозного сверления. Мощность на резание цилиндрическими пилками значительно ниже мощности на сверление отверстиями, вследствие чего цилиндрические пилки широко применяются для указанных операций.

Цилиндрическая пилка с выталкивателем выпиленных кружков показана на рис. 154, *а*. На рис. 154, *б* представлен общий вид цилиндрической пилки с зубьями из пластинок твердого сплава.

Диаметр цилиндрических пилок для кольцевого сверления или выпиливания пробок колеблется от 20 до 60 мм с градацией через 5 мм. При этом разница между внешним D и внутренним D_1 диаметрами выдерживается постоянной и равняется 5 мм. Размеры пробок 20; 30; 40 мм для заделки сучков соответствуют диаметрам сверл с круговыми подрезателями, применяющихся для рассверливания сучков на автоматах для заделки сучков.

Для посадки в гнездо с зазором 0,4—0,5 мм пробки изготовляют с минусовым допуском в теле пробки за счет развода зубьев пилки в пределах 0,2—0,3 мм, что к тому же необходимо для устранения трения о боковые поверхности древесины.

Зубья цилиндрической пилки имеют профиль, подобный профилю зубьев круглых пил для поперечной распиловки с косой заточкой передней и задней граней. Контурные углы зубьев равны: $\alpha=30^\circ$, $\beta=60^\circ$, углы косой заточки $\varphi=25^\circ$.

В случае применения цилиндрических пилок для кольцевого сквозного сверления материала значительной толщины размеры зубьев и форма впадины должны быть рассчитаны на нормальное размещение опилок во впадине зубьев.

Зубья пилки затачивают от руки личным напильником с передней и с задней граней.

Для кольцевого сверления и выпиливания пробок применяются и другие инструменты (рис. 155). Раздвижные резцы позволяют регулировать диаметр сверла путем соответствующего их расположения по отношению к оси шпинделя. Сверла со сменными режущими элементами предназначены для выпиливания пробок.

Хвостовик цилиндрических пилок-сверл предусматривается (в зависимости от крепежного приспособления станка) двух видов: цилиндрический или конический.

Ложечные сверла

Ложечные сверла применяются для сверления отверстий в торце деталей вдоль волокон древесины (гнезд для шкантов, отверстий в веретенах, деревянных трубах и пр.). Данная конструкция сверл характеризуется наличием одной режущей кромки и продольного желобка для отвода стружки (рис. 156, а) и это является основным его недостатком, также как и у прочих однорезцовых сверл. Из-за односторонней реакции на сверло от сил сопротивления резанию последние при форсированной подаче отгибают сверло, что приводит к разбивке отверстия и к отклонению его оси от требуемого направления.

Для ослабления указанного вредного воздействия на стороне, противоположной режущей кромке, делается направляющая полоска, которая является частью цилиндрической поверхности, описываемой режущей кромкой.

Вторым недостатком ложечных сверл является запрессовка стружек в желобке при глубоком и форсированном сверлении, в связи с чем требуется неоднократный вывод сверла из отверстия в процессе сверления для вывода стружки.

Диаметр режущей части ложечных сверл колеблется от 6 до 50 мм с градацией размеров через 2—5 мм.

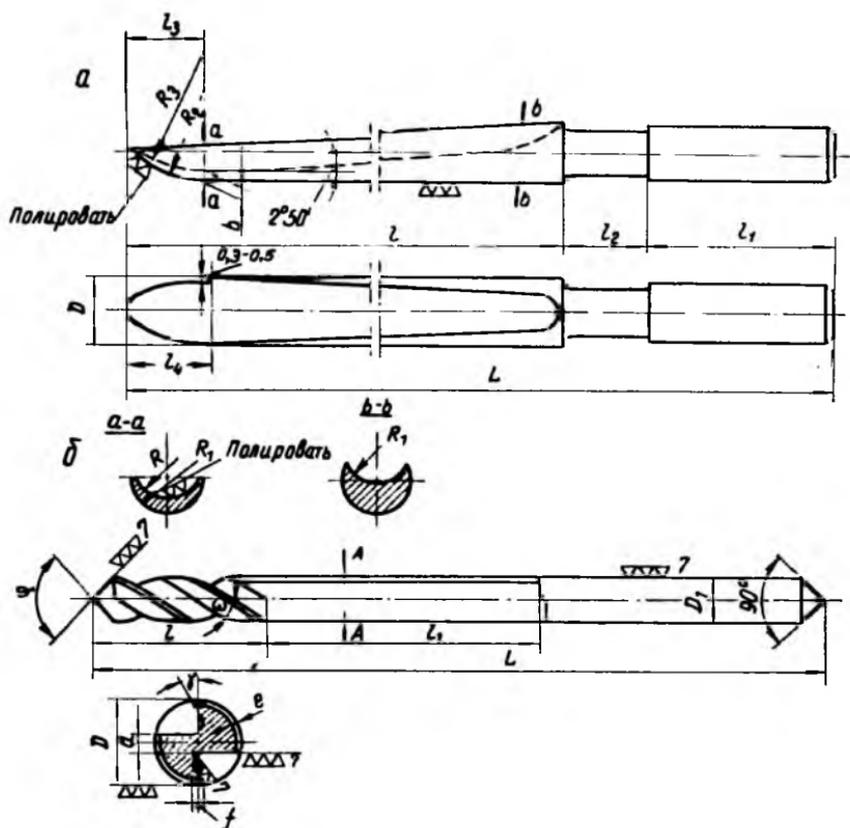


Рис. 156. Сверла для сверления вдоль волокон:
 а — ложечное; б — с переменным шагом винтовой канавки

Перечисленные недостатки ложечных сверл, отрицательно сказывающиеся на точном и высокопроизводительном процессе — сверлении отверстий в веретенах и катушках при $u_0 = 4 \div 5$ мм/об, заставляли искать иные конструкции сверл для этой цели и новые конструктивные решения. Более рациональными являются спиральные сверла с углом при вершине $2\varphi = 60^\circ$, наклоном винтовой канавки $\omega = 40^\circ$ и увеличенными размерами ее по сравнению с канавкой спиральных сверл для металла.

Более совершенным инструментом для этой цели является комбинированное спирально-ложечное сверло¹, приведенное на рис. 156, б. Данное сверло имеет винтовые канавки на расстоянии от конца сверла, равном $(2 \div 2,5)D$, переходящие затем в продольные желобки. Такая конструкция позволяет формировать две режущие кромки (с углом при вершине $2\varphi = 60^\circ$) с нормальными углами резания и обеспечивает лучшие условия вывода стружки из гнезда. В то же время такое сверло по сравнению со спиральными имеет большую жесткость.

Сравнительные исследования комбинированных спирально-ложечных сверл для сверления отверстий в заготовках для неточных катушек показали, что при одних и тех же подачах крутящий момент и осевое усилие подачи уменьшаются примерно в 1,5—2 раза по сравнению со спиральными сверлами и в 2,5—3 раза по сравнению с ложечными при удовлетворительном выводе стружки из гнезда. Комбинированная конструкция позволяет легче формировать режущие кромки путем последовательных заточек задней конической поверхности сверла.

Спиральные сверла

К сверлам с винтовым телом относятся спиральные, винтовые, шнековые и штопорные, отличающиеся друг от друга формой винтового тела. У этих сверл канавки, или рабочие перья, образованы по винтовой линии, поэтому наименование сверл спиральными не является правильным. Однако этот термин имеет широкое распространение (и для сверл по металлу).

Спиральные сверла являются наиболее рациональными. Так, наличие винтовых канавок соответствующей формы дает возможность получить различные варианты режущей части.

Размеры и формы режущей части спирального сверла не искажаются в результате периодических заточек. Наряду с этим спиральные сверла обеспечивают высокие производительность и качество сверления древесины.

Габаритные размеры. Спиральные сверла применяются преимущественно для сверления в деревянных деталях сравнительно неглубоких отверстий. Поэтому диаметр этих сверл, по данным отечественных деревообрабатывающих производств, ограничивается 1—20 мм с градацией через 1 мм.

На рис. 157 приведена нормаль спирального сверла по дереву. Диаметр отверстия в детали должен быть меньше диаметра винта на полторную или двойную величину нарезки.

В мягкую древесину винты диаметром меньше 5 мм могут завинчиваться непосредственно, без предварительного рассверливания отверстия. В связи с этим для стандартных винтов гра-

¹ Предложение канд. техн. наук Н. А. Модина и А. И. Ерошкина (ЛТА имени С. М. Кирова).

дация размеров сверл по диаметрам через 1 мм удовлетворяет указанным требованиям. Однако в целом ряде случаев, например для сверления отверстий в деках клавишных музыкальных инструментов, для крепления струнных колков требуется более тонкая градация. В этом случае могут быть использованы спиральные сверла по металлу соответствующих нормальных размеров (ГОСТ 887—60). Для сверления отверстия большого диаметра целесообразно применять винтовые сверла с углом на-

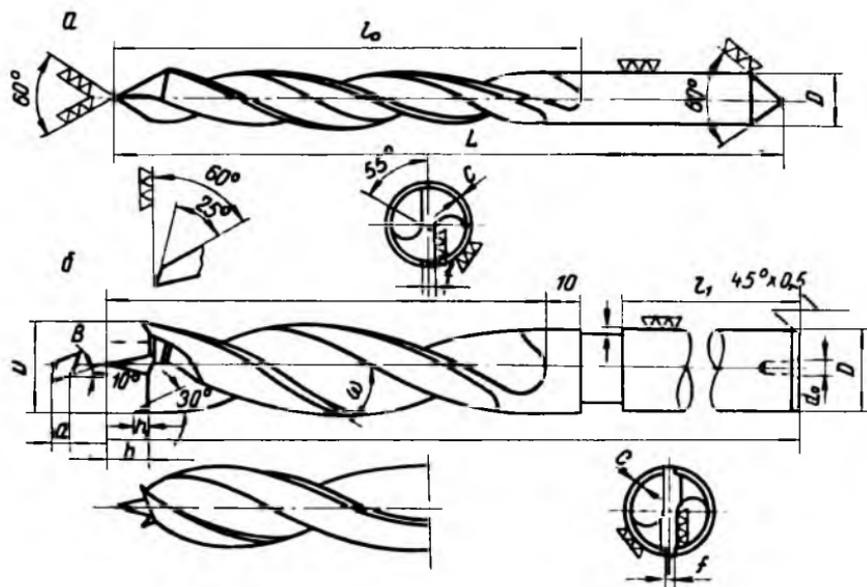


Рис. 157. Спиральные сверла по дереву:
а — тип I; б — тип II

клона канавки 45° , так как в этом случае значительно уменьшается усилие резания и улучшаются условия размещения стружки.

Хвостовики сверл предусмотрены цилиндрической формы для крепления в кулачковых или цанговых патронах, допускающих закрепление сверл с диаметром хвостовика до 20 мм.

Режущие элементы спирального сверла. Основными элементами спирального сверла, определяющими процесс резания, являются угол при вершине 2φ ; угол наклона винтовых канавок ω ; передний угол γ ; задний угол α и режущая часть сверла.

Угол при вершине сверла 2φ имеет большое значение в процессе резания древесины как анизотропного материала. Кроме того, от величины угла при вершине зависят значения углов резания, рассматриваемых в плоскостях, нормальных к режущей кромке.

Угол наклона при вершине 2φ определяет характер резания древесины как волокнистого материала. При сверлении нормально к направлению волокон сверлами с конической заточкой резание главной режущей кромкой представляет собой характер смешанного торцово-продольного поперечного резания. С увеличением угла при вершине 2φ преимущественный удельный вес приобретает продольно-поперечное резание, что сказывается на уменьшении усилий резания. Уменьшение угла при вершине,

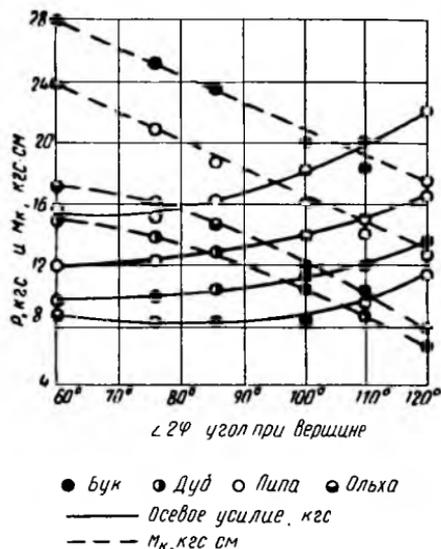


Рис. 158. Влияние угла 2φ при вершине спирального сверла на крутящий момент M_k и усилие подачи P

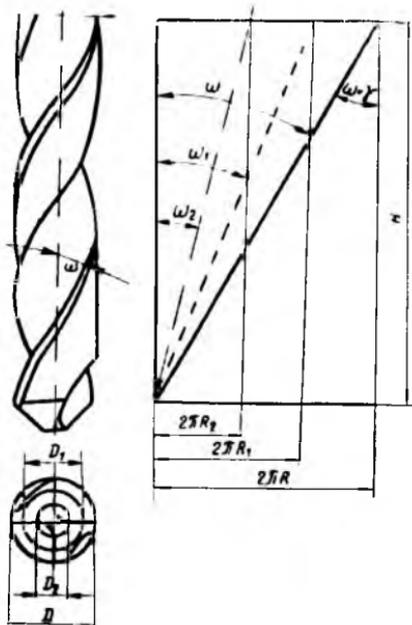


Рис. 159. Шаг винтовой канавки и углы ее наклона

наоборот, вызывает увеличение удельного значения торцового резания и рост усилий резания, как известно из учения о резании древесины.

Указанное положение подтверждается и данными исследований о влиянии угла при вершине на осевое усилие и крутящий момент (рис. 158). Из графика нетрудно заметить, что с увеличением угла при вершине (2φ) значения крутящих моментов интенсивно снижаются при некотором менее значительном увеличении усилий подачи. Для сверления перпендикулярно направлению волокон древесины сверлами с конической заточкой рациональными углами при вершине являются углы $2\varphi = 120^\circ$. При сверлении вдоль волокон, представляющем собой процесс комбинированного торцово-поперечного резания, наоборот, це-

лесообразно уменьшение угла при вершине, так как в этом случае снижается удельное значение торцового резания — уменьшается угол встречи ψ и, следовательно, снижаются усилия резания. При сверлении вдоль волокон рациональным является угол $2\varphi = 60 \div 80^\circ$.

Угол наклона винтовой канавки ω . Винтовые канавки сверла служат для вывода стружки из просверленного отверстия. Профиль и размеры канавки должны обеспечить правильное образование стружки и облегчить отвод ее из обрабатываемого отверстия. Этому же условию подчинен и угол наклона винтовой канавки ω , который выбирается так, чтобы обеспечить необходимый передний угол и хороший отвод стружки при достаточной жесткости сверла.

Известно, что угол наклона винтовой канавки ω зависит от ее шага H и обуславливается следующими соотношениями:

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{2\pi R}{H} = \frac{\pi D}{H}. \quad (103)$$

На рис. 159 видно, что угол наклона поверхности винтовой канавки в отдельных точках режущей кромки с различными радиусами резания R, R_1, R_2 будет иметь различные значения, уменьшаясь к оси сверла.

Увеличение угла наклона винтовой канавки ω приводит к увеличению рабочего пространства для размещения стружек и к уменьшению угла резания δ , а это в свою очередь к снижению крутящего момента и осевого усилия.

Так, по данным исследований, увеличение угла наклона винтовых канавок спиральных сверл с 22 до 30° приводит к уменьшению крутящего момента и осевого усилия на $20—30\%$.

Целесообразно также для сверления по дереву увеличение размеров канавки за счет уменьшения ширины пера и сердцевины сверла по сравнению со значениями, принятыми для спиральных сверл по металлу.

Так как увеличение угла наклона канавки влияет на прочность сверла, для сверл малого диаметра, более подверженных поломкам, следует рекомендовать меньшие углы наклона — от 20 до 25° .

Углы резания режущих элементов. Углы резания спирального сверла следует рассматривать в плоскости, нормальной к режущей кромке. Проследим, от каких величин зависит передний угол (без учета углов движения сверла). В случае расположения режущих кромок под углом $\varphi = 90^\circ$ к оси сверла ($2\varphi = 180^\circ$) значения переднего угла лезвия в различных точках соответственно будут равны углу наклона поверхности винтовой канавки ($\angle \gamma = \angle \omega$) и, следовательно, по ранее приведенной зависимости (103) будут уменьшаться к оси сверла против габаритных значений. Для сверл с углом при вершине $2\varphi < 180^\circ$ значения передних углов, рассматриваемых в плоскости, нормальной

рости подачи в 2—2,5 раза (при постоянном значении усилия подачи). В связи с этим целесообразно также для уменьшения влияния направляющего центра делать сверла более длинными — в пределах $2\div 3 d_0$ (где d_0 — диаметр сердцевины) — для более легкого внедрения в древесину.

Сверло с подрезательным и направляющим центром менее выгодно в отношении затрат усилий на резание, однако обеспечивает высокое качество и точность сверления. Для уменьшения усилий резания высота подрезателей h_1 должна быть не больше максимальной величины подачи на резец ($h_1 = u_2$).

Спиральные сверла с пластинками из твердых сплавов. Из многочисленных вариантов формы режущих элементов для сверл с пластинками из твердых сплавов принята коническая форма из-за легкости и точности заточки, наличия нормализованных пластинок и хороших эксплуатационных данных. Угол конуса при вершине у сверл должен быть $116—120^\circ$, угол наклона винтообразной канавки $25—30^\circ$ (рис. 162, а).

В иностранной практике применяют спиральные сверла с типичной для работы с деревом формой режущей части, с подрезателем и направляющим центром (рис. 162, б). Однако для сверления древесных материалов и пластиков коническая заточка торца с подточкой перемычки обеспечивает более высокие качество сверления и производительность труда. Сверло, показанное на рис. 162, б, помимо сложной заточки элементов, имеет недостаток, заключающийся в несимметричной нагрузке режущих элементов (подрезателя и режущего лезвия).

При сверлении вдоль волокон угол при вершине $2\varphi = 90^\circ$.

Форма пластинки из твердого сплава (см. рис. 162, а) соответствует форме 14 тип В (ГОСТ 2209—55) с некоторыми переточками элементов пластинки (подточкой перемычки, увеличенными задним и передним углами). Задний угол фаски пластинки и конической поверхности заточки должен быть не меньше $25—30^\circ$. Заточку и доводку осуществляют со стороны задней поверхности.

Качество обработки сверл. Значительные усилия, затрачиваемые на преодоление трения стружки, заставляют заботиться об их уменьшении, в частности путем шлифования и полирования канавок сверла.

Для сверления металла очень часто применяются сверла с нешлифованной канавкой, в то время как в специальных винтовых сверлах по дереву канавки не только шлифуют, но и полируют.

Средний крутящий момент для сверла со шлифованной канавкой в два с лишним раза меньше, чем для сверла с нешлифованной канавкой. Объясняется это большим сопротивлением перемещению стружки по нешлифованной канавке.

Указанные результаты со всей очевидностью свидетельствуют о необходимости шлифования и полирования канавок спираль-

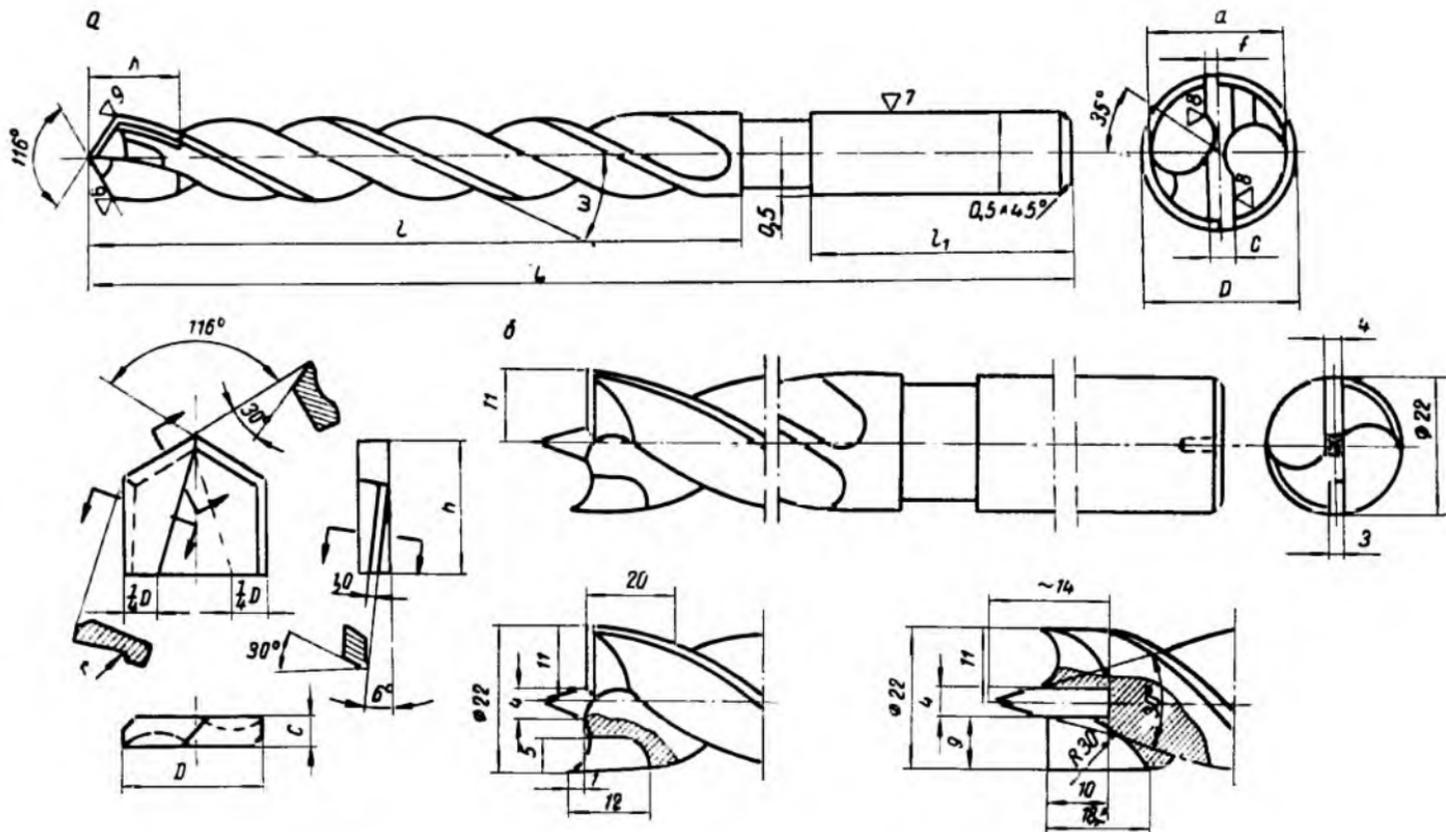


Рис. 162. Спиральные сверла с пластинками из твердых сплавов:
 а — с конической заточкой; б — с подрезателем и направляющим центром

ных сверл по дереву для уменьшения расхода мощности на сверление и облегчения выхода стружки из гнезда. Сверла целесообразно полировать электрохимическим способом.

Винтовые сверла

Сверла с винтовой рабочей частью (телом) разделяются по форме на три вида: винтовые, шнековые и штопорные. Первый вид сверл образуется путем формирования двух полукруглых канавок с противоположных сторон цилиндрического стержня —

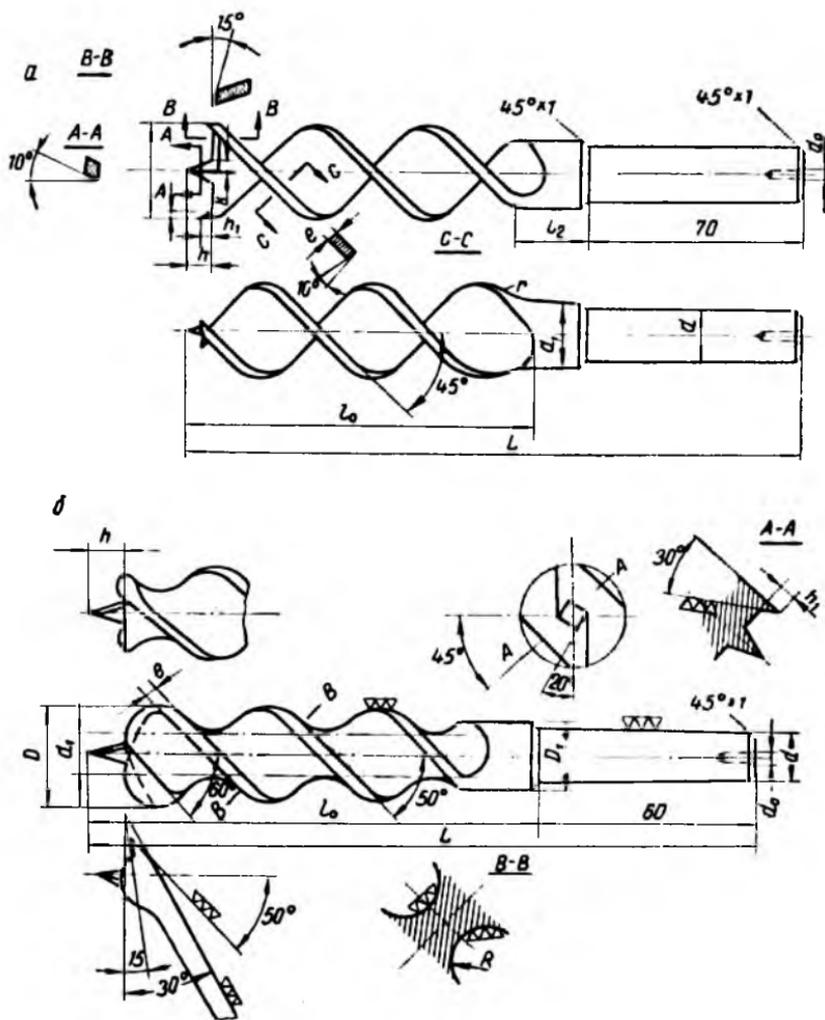


Рис. 163. Винтовые сверла:
а — витое короткое; б — фрезерованное

по винтовой линии. Эти канавки образуют два рабочих пера с режущими элементами на торцевой части (рис. 163). Шнековое сверло представляет собой цилиндрический стержень (сердцевину), вокруг которого по всей длине навивается одно рабочее перо, и лишь в конечной части сверла, в пределах одного витка, сформировано второе перо. Указанное обстоятельство обеспечивает образование двух режущих граней, симметрично расположенных по отношению к оси сверла (рис. 164). Штопор-

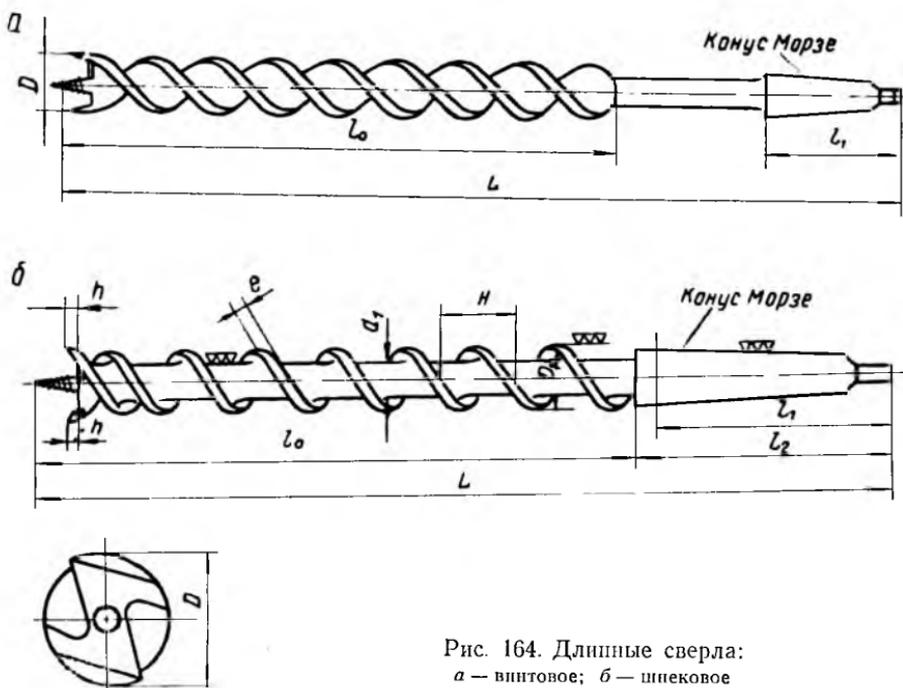


Рис. 164. Длинные сверла:
а — винтовое; б — шнековое

ное сверло получается путем завивания одного рабочего пера по винтовой линии, причем сердцевина сверла в данной конструкции отсутствует. Таким образом, в штопорных сверлах имеется лишь одна режущая грань рабочего пера (см. рис. 150, к).

Основное назначение штопорных и шнековых сверл — сверление глубоких отверстий. В зависимости от условий сверления режущие части винтовых сверл имеют различные варианты.

Короткие винтовые сверла (см. рис. 163), предназначенные для сверления в деталях неглубоких отверстий сравнительно большого диаметра, имеют диаметр от 20 до 50 мм с градацией через 1 мм до диаметра 30 мм и через 2 мм для диаметра свыше 30 мм. Длины сверл L приняты соответственно длине рабочей части l_0 , которая установлена в трех пределах: 100; 110; 120 мм.

Длинные винтовые, шнековые и штопорные сверла (см. рис. 164) применяются для сверления глубоких сквозных отверстий в брусках, деревянных фермах посредством ручных электросверлилок. Сверла, применяемые в этих случаях, имеют различные длины ($L=400 \div 1100$ мм) и диаметры ($D=10 \div \div 50$ мм).

При глубоком сверлении следует отдать предпочтение шнековым сверлам, так как они обладают большей жесткостью. Недостаток штопорных сверл заключается в наличии лишь одной режущей грани, вследствие чего они испытывают одностороннюю нагрузку и подвержены изводу при сверлении.

Во всех конструкциях длинных сверл (винтовых, шнековых и штопорных) предусмотрен конический хвостовик (конус Морзе). Наличие его определяется конструкцией крепежного приспособления — конусной втулки, так как крепление в патроне в данном случае ненадежно (при больших крутящих моментах) и к тому же не обеспечивает большой точности установки сверла, а между тем для длинных сверл это особенно важно.

Хвостовики коротких винтовых или шнековых сверл предусмотрены в двух вариантах (цилиндрические и конические) в зависимости от конструкции крепежного приспособления.

Винтовые сверла изготавливаются либо путем завивки специальной заготовки (витые сверла), либо путем фрезерования канавок в цилиндрическом стержне по винтовой линии (фрезерованные винтовые сверла), либо путем штампования.

Размеры элементов коротких витых сверл представлены следующими данными:

$$e = 0,1D; \quad (107)$$

$$h = (2 \div 3) e; \quad (108)$$

$$h_1 = u_2 \approx 1,5 \div 2 \text{ мм}. \quad (109)$$

Для длинных витых сверл соотношение размеров элементов увеличивают для придания им большей прочности.

Полная длина сверла

$$L = l_0 + l_1 + l_2, \quad (110)$$

где l_0 — рабочая длина сверла;

l_1 — длина хвостовика;

l_2 — длина шейки (10—50 мм).

Длина цилиндрического хвостовика принимается в зависимости от диаметра сверла 50—70 мм; длина конического хвостовика зависит от номера конуса Морзе.

Для сверл длиной меньше 300 мм диаметр цилиндрического хвостовика принимается 12 и 18 мм: первое значение для сверла диаметром до 28 мм, второе — свыше 28 мм; при коническом

хвостовике соответственно конус Морзе № 1 и 2 и для длинных сверл большого диаметра — № 3.

Помимо обратной конусности, для уменьшения трения боковых поверхностей перьев витков о стенки гнезда желательна затыловка перьев с задним углом $\alpha = 6 \div 10^\circ$ (см. рис. 163).

На рис. 163 приведена конструкция фрезерованного винтового сверла. Размеры его элементов могут быть определены по следующим практическим данным:

$$d_1 = (0,20 \div 0,30) D; \quad (111)$$

$$d_2 = d_1 + (0,004 \div 0,01) l_0; \quad (112)$$

$$D_1 = D - (0,001 \div 0,006) l_0; \quad (113)$$

$$e = (0,12 \div 0,25) D; \quad (114)$$

$$h = (0,2 \div 0,5) D; \quad (115)$$

$$h_1 = u_2. \quad (116)$$

Бóльшие значения коэффициентов соответствуют меньшим значениям диаметра D и рабочей длины сверла l_0 . Таким образом, пределы колебаний диаметра сердцевин d_1 в зависимости от диаметра сверла (от 20 до 50 мм) соответствуют значениям от 6 до 10 мм. Обратная конусность принимается равной 0,5—1 мм, в зависимости от длины рабочей части сверла $l_0 = 100 \div 1000$ мм.

Шнековое сверло (рис. 164, б) имеет несколько иные соотношения размеров. Так, для обеспечения большой прочности, во избежание продольного изгиба от воздействия усилий резания и осевого усилия, диаметр сердцевин принимается в следующих пределах:

$$d_1 = (0,25 \div 0,40) D. \quad (117)$$

Толщина пера витка в зависимости от диаметра и длины сверла принимается в пределах:

$$e = (0,10 \div 0,25) D. \quad (118)$$

Форма режущих элементов винтовых и шнековых сверл имеет различные варианты в соответствии с условиями сверления. Так, для ручного сверления посредством электросверлилок и для сквозного сверления центр сверла имеет винтообразную форму (рис. 165), что способствует автоматическому перемещению сверла в древесину на величину шага нарезки за один оборот. Так как подача сверла за один оборот зависит от

твердости обрабатываемой древесины, для сверления разных пород древесины должны применяться сверла с различной нарезкой винтообразного центра (рис. 165, а, б, в). Размеры шага винтообразных центров колеблются в пределах 0,75—2 мм.

При несквозном сверлении деталей на сверлильных станках направляющий центр сверл имеет вид четырехгранной пирамиды (рис. 165, г). Форма основных режущих элементов имеет

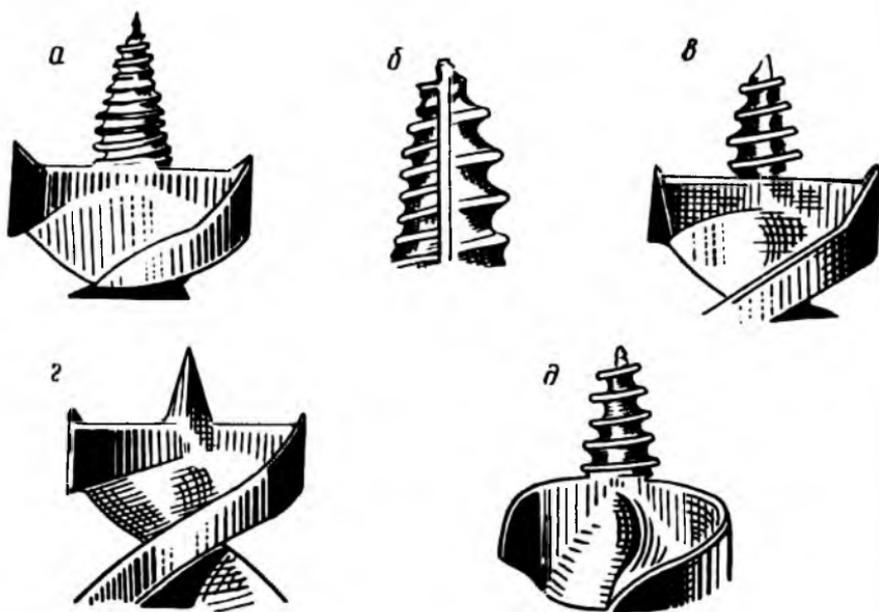


Рис. 165. Формы режущей части винтовых сверл

также различные варианты в зависимости от условий сверления. На рис. 165, г показана наиболее распространенная форма режущих элементов сверл с подрезателями, режущими гранями и центром для высверливания отверстий в древесине в тангентальном и радиальном направлениях. На рис. 165, д приведена форма режущей части сверла с загнутыми режущими гранями для сверления в торцовом направлении вдоль волокон древесины или для сверления под углом к поверхности детали.

Углы режущих элементов винтовых и шнековых сверл имеют более благоприятные значения по сравнению с этими углами спиральных сверл вследствие большего угла наклона винтовой канавки. Так, угол подъема винтовой канавки τ , определяющий значения угла резания δ , для витых коротких сверл соответствует 45° .

В винтовых фрезерованных и шнековых сверлах первый виток выполняется с углом наклона $50\text{--}60^\circ$ для получения нормальных углов резания режущей грани, расположенных вблизи центра. Части режущей грани, расположенные у периферии, путем обратной подточки (см. рис. 163) с передней стороны доводятся до значения угла резания 40° . Задний угол выполняется в пределах $15\text{--}25^\circ$, в зависимости от обрабатываемой породы дерева и скорости подачи.

Крутящие моменты и осевые усилия (усилия подачи) сверл различных конструкций приведены в табл. 42.

Наименьшие усилия резания затрачиваются при сверлении центровыми сверлами, однако они не позволяют осуществлять глубокого сверления из-за запрессовки стружки. Наиболее рациональными для этих работ являются винтовые — витые сверла. Для сверления отверстий малого диаметра целесообразно применение спиральных сверл.

Таблица 42
Соотношения крутящего момента и осевого усилия для различных типов сверл

(по данным канд. техн. наук
Н. М. Серебряного)

Сверла	Среднее значение	
	крутящего момента M_k	осевого усилия P
Винтовые (витые) . .	1,00	1,00
Шнековые	1,15	1,24
Спиральные	1,55	1,05
Центровые	0,95	0,90

Примечание. Для сверления неглубоких отверстий.

Зенкеры

Зенкерами называются режущие инструменты, применяемые для частичной обработки, рассверливания отверстий или образования фасонных углублений в деталях. Зенкеры делятся на следующие основные типы (рис. 166):

1. Цилиндрические с направляющей цапфой для получения отверстия под цилиндрическую головку винта.

2. Конические (раззенковки) для выборки конуса под шляпки винтов.

3. Комбинированные со сверлом для одновременного рассверливания отверстия и фасонной обработки его боковых поверхностей (рис. 167).

4. Фасонные для образования фасонных углублений.

Процесс зенкования происходит аналогично процессу сверления при двух совместных движениях — вращении зенкера и одновременной подаче материала вдоль оси зенкера или при поступательном перемещении самого зенкера (вдоль оси) на материал.

Конструирование режущих торцовых элементов цилиндрических зенкеров производится аналогично конструированию ре-

жущих элементов сверл. Конструирование боковых режущих элементов усеченно-конических зенкеров осуществляется аналогично конструированию режущих элементов фрез.

Угол конуса 2φ конических зенкеров (рис. 167, а) принимается соответственно углу конической части головки винтов по дереву равным 90° (ГОСТ на винты по дереву 1145—41). Размеры конических зенкеров устанавливаются в трех вариантах ($D=10; 20; 30$ мм) в зависимости от диаметра головки винтов по дереву.

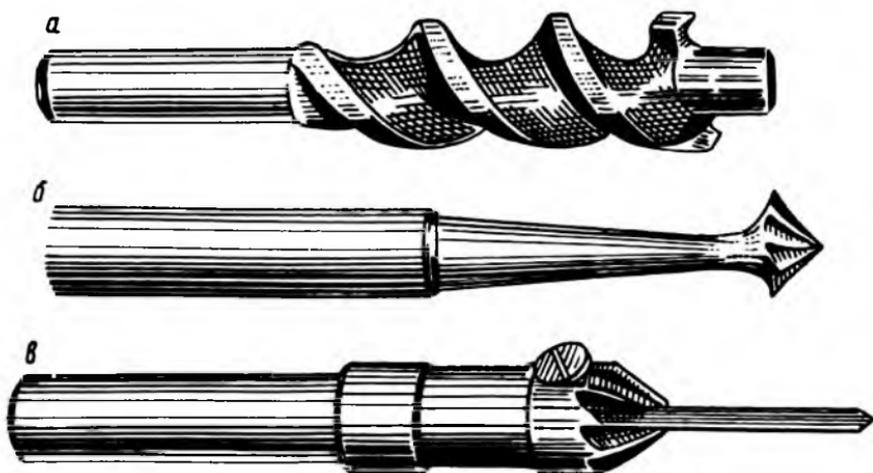


Рис. 166. Зенкеры:

а — цилиндрический с направляющей цапфой; б — конический; в — комбинированный со сверлом

Углы резания элементов конических зенкеров соответствуют следующим практическим значениям: $\alpha=10^\circ$; $\gamma=15\div 20^\circ$.

Хвостовики зенкеров приняты цилиндрическими для крепления в цанговых или кулачковых патронах.

Более рациональной конструкцией инструмента для раззенковывания конических углублений в деталях является комбинированный конический зенкер со сверлом (рис. 166, в). При помощи этого зенкера высверливание отверстия и конического углубления под винты с потайными или полупотайными головками осуществляется с одной операции.

Размеры отверстий в деревянных деталях под винты должны быть меньше диаметра винта примерно на полуторную-двойную глубину нарезки.

Нормаль комбинированного конического зенкера со сверлом приведена на рис. 167, б.

Крепление сверла в полом зенкере производится посредством стопорного винта. В некоторых конструкциях зенкеров предусматривается разрезная часть хвостовика.

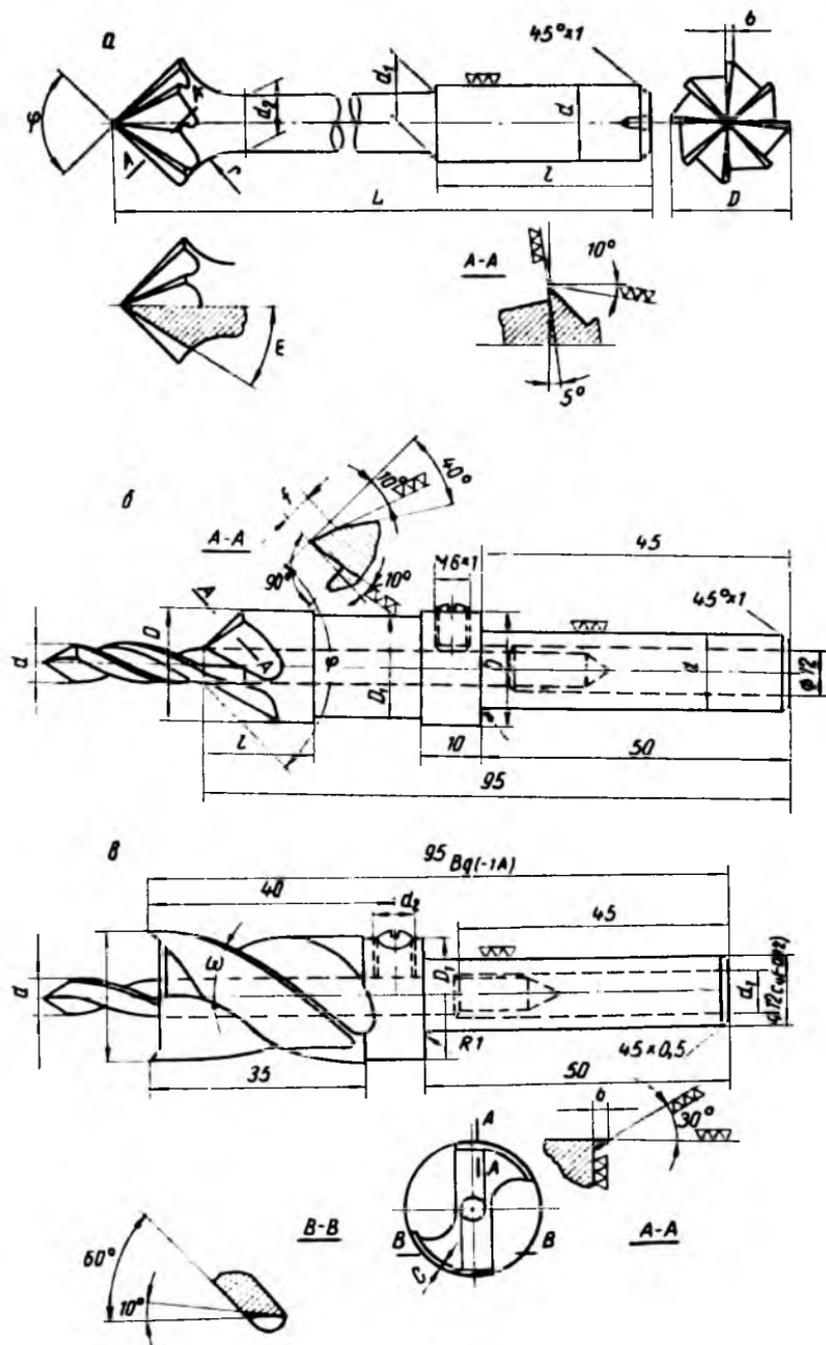


Рис. 167. Нормали зенкеров:

а — конического; б — комбинированного конического со сверлом; в — комбинированного цилиндрического со сверлом

Цилиндрический комбинированный зенкер со сверлом применяется для одновременного высверливания ступенчатого цилиндрического отверстия под головки винтов цилиндрической формы. Диаметры цилиндрических зенкеров и сверл могут быть различными в зависимости от размеров крепежных винтов и болтов (рис. 167, в).

Параметры элементов цилиндрического зенкера (h , a , γ и пр.) соответствуют параметрам спиральных сверл данного диаметра.

На рис. 168 показан фасонный зенкер в комбинации с цилиндрической пилкой. Такой зенкер применяется для получения конических отверстий в деталях тары.

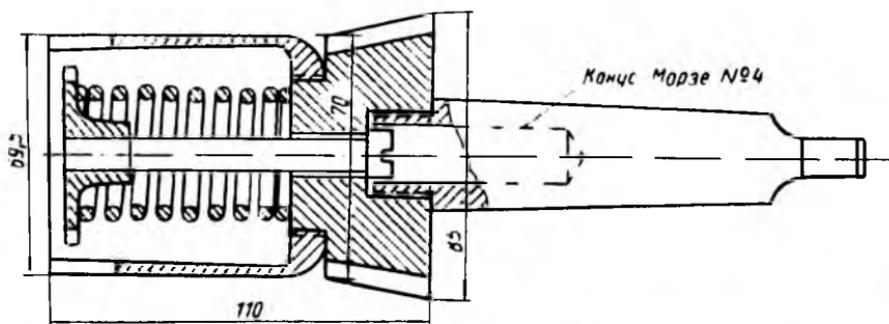


Рис. 168. Комбинированный конический зенкер с цилиндрической пилкой

Для уменьшения усилий на подачу и улучшения качества сверлования в усеченно-конических зенкерах режущая кромка располагается не по образующей, а под углом наклона к ней в пределах $10\text{--}15^\circ$, в зависимости от диаметра зенкеров.

Заточка сверл

Сверла затачивают либо на станках со шлифовальными кругами З-А64, либо от руки личным напильником с последующей правкой режущих элементов соответствующим оселком (сверла с винтовыми центрами). Во втором случае твердость рабочей части затачиваемого сверла должна быть ниже твердости напильника (48—50 единиц по Роквеллу), что следует предусматривать при термической обработке сверл.

Заточка центровых сверл производится с задней стороны основных лезвий, с внутренней стороны подрезателей, а центр затачивается по граням пирамиды.

При заточке центровых сверл на заточных станках следует применять мелкозернистые шлифовальные круги (№ 40—25)

твердостью СМ — СТ. При этом сверло должно устойчиво опираться на специальный подручник для правильной заточки лезвий. В результате правильной заточки направляющий центр должен иметь симметрично расположенные грани и ось пирамиды, совпадающую с осью сверла; основные режущие лезвия должны быть расположены на одном уровне; подрезатели должны иметь одинаковую форму.

При конической заточке сверл должны быть соблюдены следующие требования:

обе режущие кромки должны иметь одинаковую длину;

обе режущие кромки должны быть заточены под одним и тем же углом к оси сверла;

средняя часть поперечного ребра (перемычки) сверла должна совпадать с осью его вращения;

торцовые поверхности перьев сверла должны быть заточены под определенным задним углом к поверхности вращения, образуемой режущими кромками сверла.

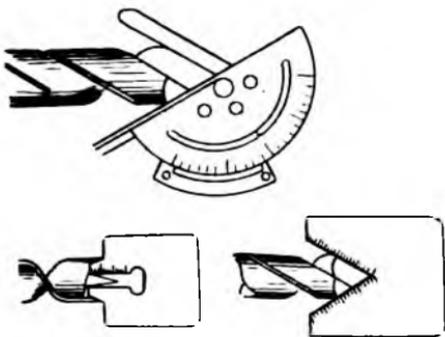


Рис. 170. Контрольные шаблоны для проверки правильности заточки сверл

Заточка сверл от руки, без специального приспособления не обеспечивает должной точности, поэтому ее не следует допускать. Спиральные сверла затачивают, как указано выше, следующим образом. Устанавливают сверло в направляющий желобок, как показано на рис. 169, поворачивают все приспособление вокруг оси на некоторый угол (в ту или другую сторону) и тем самым затачивают заднюю грань по образующей конуса. Подача сверла производится вращением винта *I*. В результате снятия затылков у вершины сверла образуется ребро, которое при сверлении не производит резания, а лишь мнет древесину. Вследствие этого желательна длину его по возможности уменьшать

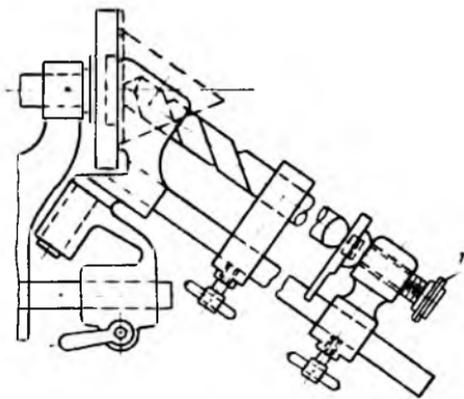


Рис. 169. Схема заточки сверл с конической режущей частью

посредством специальных выточек со стороны канавок с обеих сторон (см. рис. 161). Перемычку (ребро) сверла затачивают на шлифовальном круге малого диаметра от руки на под-ручнике.

Правильность заточки контролируют посредством специальных шаблонов (рис. 170). Качество заточки сверл оказывает исключительное влияние на точность сверления и работоспособность сверла. Незначительное отклонение в симметричном расположении режущих кромок или центра по отношению к оси сверла вызывает биение сверла в процессе работы.

Для обеспечения большой износоустойчивости сверл желательно после заточки их абразивным кругом доводить режущие грани посредством электрополирования.

Закрепление сверл и зенкеров

Сверла с цилиндрическим хвостовиком закрепляют в патронах.

Наиболее простым является патрон со стопорным винтом. В нем допускается крепление сверла лишь с одним определенным диаметром хвостовика. Это обстоятельство, а также неточность положения сверла при значительных отклонениях в диаметрах хвостовика и посадочного отверстия патрона являются недостатками данной конструкции. Более совершенными являются самоцентрирующиеся патроны. Из многочисленных типов наиболее распространенными в отечественной практике деревообработки являются двух- и трехкулачковые самоцентрирующиеся патроны.

Самоцентрирующиеся патроны допускают закрепление сверл с различными диаметрами хвостовиков, причем пределы этих диаметров зависят от размеров сверл, различающихся по номерам. Обычно самоцентрирующиеся кулачковые патроны применяются для закрепления сверл с диаметром хвостовика до 15—20 мм.

Точность положения концевой инструмента, закрепляемого в кулачковых патронах (соосность), зависит от точности изготовления патронов и их состояния (износа). При закреплении концевой инструмента с постоянным диаметром хвостовика целесообразно применять цанговые патроны, которые обеспечивают большую точность положения (соосность) закрепленного инструмента.

Закрепление инструмента с различными диаметрами хвостовика в пределах допускаемых данным патроном размеров осуществляется посредством сменных гильз.

Сверла с коническими хвостовиками закрепляются в конических втулках, являющихся частью шпинделя станка. Конструкция конических хвостовиков Морзе и размеры их элементов нормализованы (ГОСТ 2847—45).

Точность и качество обработки сверл

Спиральные винтовые сверла для работы по дереву могут быть изготовлены различными способами. Так, винтовые канавки сверла могут быть образованы путем либо фрезерования цилиндрической заготовки, либо завивки специальной мечевидной заготовки, либо горячего последовательного штампования (в шнековых сверлах).

Сверла по дереву являются мерным режущим инструментом, в связи с чем при их изготовлении должно быть обращено особое внимание на точность диаметра и прямолинейность. Отклонения в диаметре и продольный изгиб сверл наряду с другими погрешностями кинематического и динамического характера влияют на точность сверления.

Расчет допуска на диаметр сверла производится с учетом значений разбивки отверстия.

На разбивку отверстия при сверлении влияют следующие факторы:

- радиальный люфт шпинделя в подшипниках;
- эксцентричное закрепление сверла в патроне;
- продольный изгиб сверла;
- упругий отжим сверла из-за неуравновешенности сил сопротивления резанию.

Влияние каждого из этих факторов на разбивку отверстия зависит от жесткости сверла и шпинделя станка, а также величины изгибающего момента вследствие неравенства сил резания на режущих кромках сверла. Непараллельность оси шпинделя сверла направлению подачи способствует уходу шпинделя — отклонению оси отверстия. Наибольшее влияние на разбивку отверстия оказывают динамические погрешности, т. е. изгиб сверла из-за неравенства сил сопротивления резанию, действующих на режущие кромки сверла. Это происходит в результате неточной, несимметричной заточки режущих элементов. При точной, симметричной заточке разбивка отверстий имеет минимальное значение.

Наличие направляющего центра в сверлах и направляющей ленточки также приводит к уменьшению разбивки отверстия в результате различного рода погрешностей.

При нормальном состоянии станка и инструмента разбивка отверстий при сверлении древесины на сверлильных станках составляет 0,2—0,35 мм, в зависимости от диаметра сверла.

Средние величины разбивки отверстия лежат за пределами допусков на него. Чтобы обеспечить точность сверления отверстий по системе допусков и посадок в деревообработке, необходимо изготавливать сверла с отрицательным допуском (в тело инструмента) при высококачественной их заточке.

Основные требования, предъявляемые к форме и точности размеров сверл следующие:

1. Отклонения от номинального размера сверл по диаметру должны быть в пределах четвертого класса точности (C_4) по ОСТ 1014.

2. Отклонение от номинальной длины сверл должно быть в пределах девятого класса точности (B_9) по ОСТ 1010.

3. Отклонения свободных размеров должны быть в пределах пятого класса точности (B_5) по ОСТ 1015.

4. Биение сверл по диаметру (из-за продольного изгиба) не должно превышать (*мм*):

для сверл диаметром от 3 до 20 мм	0,08
» » » » 24 » 50 »	0,12

5. Отклонение углов от номинальных значений должно быть в пределах 1° .

6. У сверл с конусным хвостовиком конус должен быть выполнен по ГОСТ 2847—45.

7. Центровые отверстия должны быть выполнены по ОСТ 3725.

Качество обработки сверл должно удовлетворять следующим требованиям:

1. На поверхности сверл не должно быть черновин, трещин, раковин, забоин, выкрошенных мест, следов коррозии и прочих дефектов.

2. Сверла должны быть шлифованными по передним и задним поверхностям, по направляющей ленточке и поверхности хвостовика.

3. Канавки сверл должны быть полированы.

4. У цилиндрических хвостовиков с торца должны быть сняты фаски.

5. Сверла должны быть остро заточены.

Глава XIII

ГНЕЗДООБРАЗУЮЩИЙ ИНСТРУМЕНТ

Инструменты для выборки продольных гнезд в деталях под шиповые соединения условно объединены по назначению в общую группу долбежных инструментов (за исключением концевых пазовых фрез).

По конструктивным признакам и кинематике резания инструменты для выборки гнезд значительно различаются друг от друга. В ряде случаев они являются комбинированными.

В соответствии с наименованием станка, на котором применяются (простой долбежный, сверлильно-долбежный с полым долотом, цепнодолбежный и пр.), инструменты причислены к группе долбежного инструмента, однако с наименованием по главному признаку резания (фрезерные цепи, комбинированные квадратные пустотелые долота со сверлом, гнездовые фрезы

и пр.). Такое объединение удобно в эксплуатационном и технологическом отношениях.

Для выборки продольных гнезд применяются следующие инструменты долбежных станков (рис. 171):

1. Простые станочные долота.
2. Комбинированные квадратные пустотелые долота со сверлом.

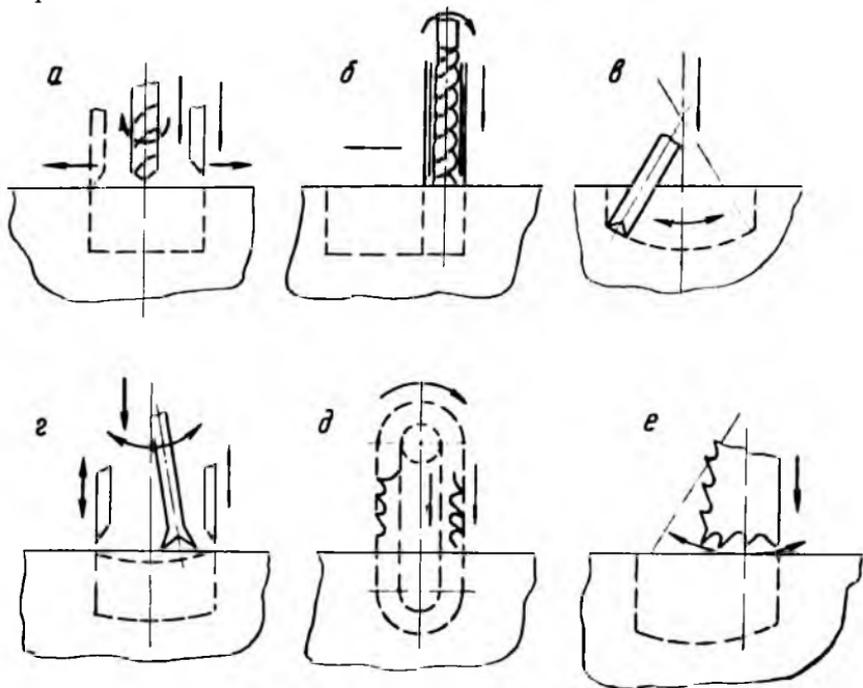


Рис. 171. Гнездообразующий долбежный инструмент:

a — простое станочное долото со сверлом; *б* — квадратное пустотелое долото со сверлом; *в* — концевая пазовая фреза; *г* — качающаяся стамеска с долбяками; *д* — фрезерная цепь; *е* — гнездовая пила

3. Фрезерные цепи.

4. Комбинированный инструмент — качающаяся двухлезвийная стамеска с долбяками (комбинированная стамеска).

5. Гнездовые фрезы, или пиловочные долота.

Простое станочное долото вытеснено более производительным инструментом, поэтому долбежные станки такого типа отечественная станкостроительная промышленность больше не выпускает.

То же можно сказать и о долбежных станках с комбинированным пустотелым долотом со сверлом. Комбинированный инструмент в виде качающейся двухлезвийной стамески с долбяками, созданный за рубежом, так и не получил широкого распространения как за рубежом, так и в Советском Союзе.

В отечественной практике применяются в основном два вида гнездообразующих инструментов: фрезерные цепи и концевые пазовые фрезы, описанные в главе XI.

В связи с созданием агрегатной силовой головки с гнездовой фрезой или пилкой этот тип инструмента тоже стал применяться в агрегатных многопозиционных станках.

Применяется в некоторых отраслях промышленности (вагоностроение, сельхозмашиностроение и пр.) и комбинированный инструмент — полое долото со сверлом.

Комбинированные квадратные полые долота со сверлом

Данный тип инструмента представляет собой пустотелое квадратное долото, в котором расположено винтовое или шнековое сверло (рис. 172). Сверло высверливает отверстие, долото подрезает углы квадрата, описанного окружностью отверстия, высверленного сверлом.



Рис. 172. Квадратное полое долото со сверлом

Форма пустотелого долота показана на рис. 173, а. На его конце имеются режущие элементы (главные — в углах квадрата), а сверху — продолговатый вырез для выхода стружки из гнезда. Конусообразная внутренняя поверхность концевой части долота заканчивается короткой фаской, образующей его лезвие; углы долота затачивают более полуго.

Нормальная работа комбинированного долота зависит от правильной установки сверла по отношению к долоту, при которой его режущие кромки выступают вершинами углов долота на 0,7—1,2 мм, как изображено на рис. 174. Необходимо следить за тем, чтобы между сверлом и внутренней поверхностью долота был незначительный зазор, обеспечивающий свободное движение сверла. Это может быть достигнуто правильным формированием выступающего конца сверла и правильной заточкой долота. Перья сверла на режущем его конце должны быть образованы так, чтобы поверхности их лежали на поверхности воображаемого конуса с углом при вершине, равным 50° (рис. 173).

Внутренняя поверхность конца долота должна представлять собой часть поверхности конуса с углом при вершине 50°. В связи с этим форма лезвий долота будет представлять часть гиперболы, как след сечения конуса с углом при вершине 50° плоскостью, параллельной оси конуса, находящейся от последней на расстоянии, равном 0,5В (В — ширина долота). Это обеспечивается путем заточки полого долота специальным фасонным зенкером (рис. 175) или шлифовальным коническим пальцем. Ни в коем случае недопустима заточка внутренних

поверхностей долота от руки напильником, так как в этом случае очертание кромок долота неизбежно получается в виде ломаной линии с углом посередине, что приводит к образованию продольной трещины в вершине этого угла и к порче долота.

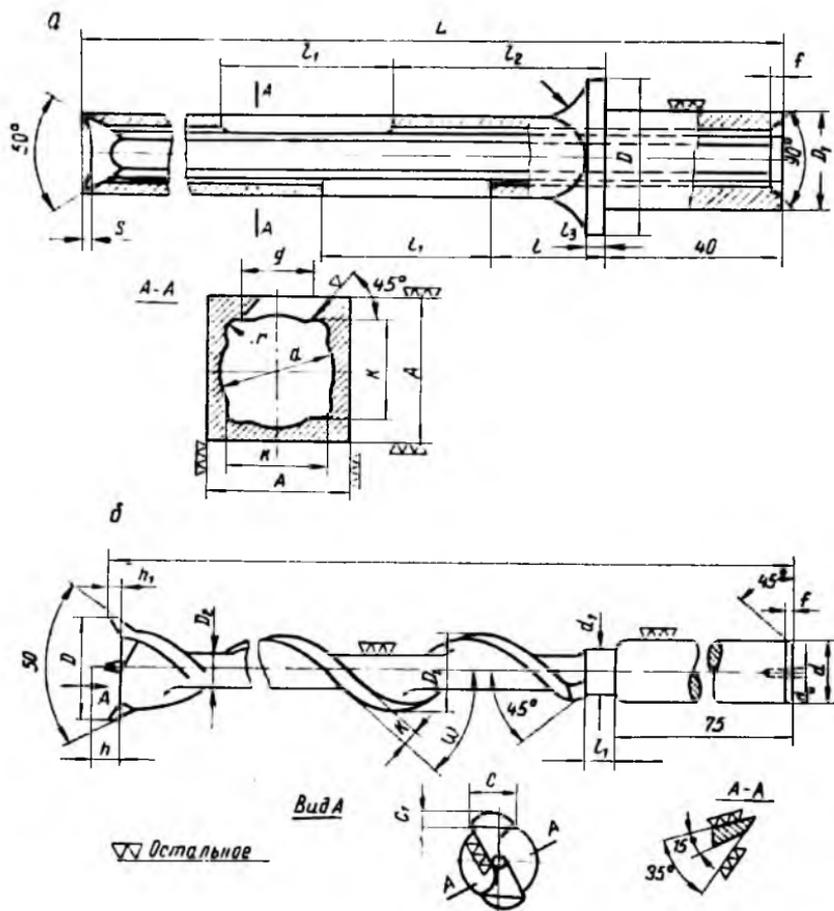


Рис. 173. Нормаль комбинированного долбежного инструмента:
 а — полое долото; б — шнекового сверла к полому долоту

Углы заострения лезвий по сторонам квадрата составляют 25° , углы долота — 20° . Во избежание трения боковых внешних поверхностей долота о стенки выдалбливаемого гнезда ширина долота незначительно уменьшается к хвостовику, вследствие чего образуется задний угол внешних граней долота порядка 1° .

Сверла, применяющиеся для этой цели, аналогичны винтовым или шнековым сверлам, с той лишь разницей, что режу-

щая их часть имеет значительное уширение по отношению к телу сверла (см. рис. 173, б). Это необходимо для получения диаметра режущей части сверла, равного ширине полого долота.

Из конструкций сверл, применяющихся в комбинации с полым долотом, предпочтение следует отдать шнековым сверлам с направляющими центрами. Шнековые сверла имеют преимущества перед винтовыми благодаря большей жесткости. Направляющий центр сверла обеспечивает лучшее центрирование и исключает биение режущей части, а следовательно, и распирающие стенки долота, которое часто приводит к возникновению тре-

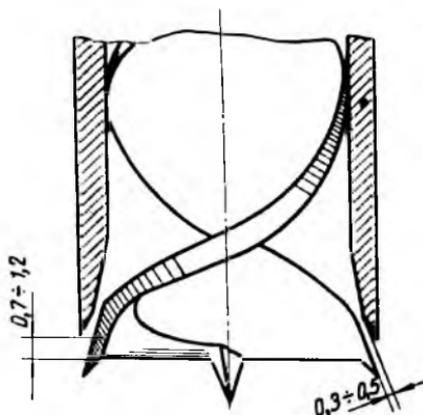


Рис. 174. Положение сверла в полом долоте

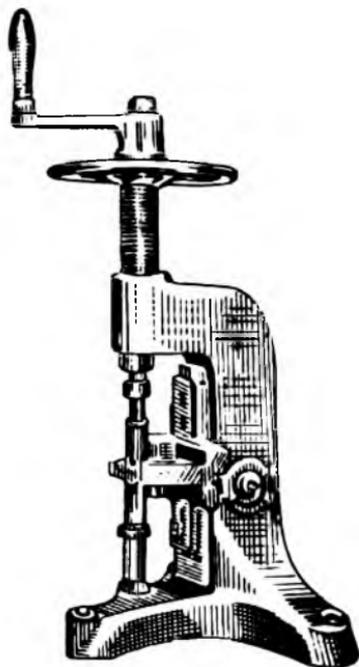


Рис. 175. Фрезерный аппарат для заточки полых долот

щин в его стенках, особенно при неправильной заточке лезвий.

Углы резания основных лезвий сверла имеют следующие значения: $\alpha = 15^\circ$; $\beta = 20 \div 25^\circ$; $\delta = 35 \div 40^\circ$. Угол наклона перьев ω , образованных по винтовой линии, колеблется в зависимости от диаметра сверла в пределах $35 \div 50^\circ$. Необходимый угол резания δ в этих случаях обеспечивается путем соответствующей подточки передней поверхности лезвия сверла.

Ширина долота ограничивается 6—30 мм, однако в ряде деревообрабатывающих производств применяются долота шириной квадрата до 50 мм. Градация размеров по ширине долота принята до 22 мм через 2 мм, а свыше 25 мм — через 5 мм, что согласуется с наиболее ходовыми размерами гнезд.

Заточка полого долота, как было указано выше, должна осуществляться на специальном аппарате (рис. 175). Формирование внутренней части конца долота по конусообразной поверхности производится посредством специального фасонного зенкера.

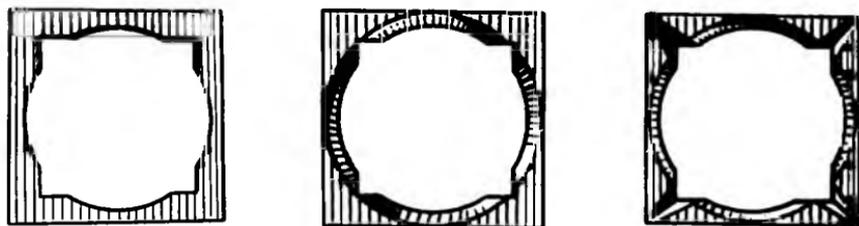


Рис. 176. Последовательность заточки полого долота

Процесс заточки (раззенковывания внутренней полости) понятен из рис. 176. Углы квадрата долота затачивают от руки шлифными напильниками (надфилями). Сверла затачивают следующим образом: основные лезвия — с задней грани, центр — по граням и подрезатели — с внутренней стороны. После заточки долота посредством зенкера необходима правка лезвия с внутренней стороны круглым оселком.

Как было указано выше, шнековые или винтовые сверла вследствие ограниченного размера режущей части подвергаются быстрому износу. Поэтому сверла, работающие в пустотелых долотах, должны подвергаться частой смене. Применение изношенных сверл приводит к дефектам работы долота: забиванию стружки, образованию трещин и загибов на концах долота. Сверла закрепляют в цанговых или кулачковых патронах, а долота — во втулке кронштейна стопорным винтом (рис. 177). Для крепления долот с разными диаметрами цилиндрического хвостовика применяют переходные разрезные втулки.

Как уже было указано, комбинированные квадратные долота обеспечивают наибольшую точность обрабатываемого гнезда по сравнению с прочим долбежным инструментом. Шиповые соединения в этом случае обладают наибольшей прочностью сопряжения, так как точность обрабатываемого гнезда легко укладывается в поле допусков на отверстия в деревянных деталях.



Рис. 177. Крепление полого долота и сверла в станке

Ширина квадрата долота предусмотрена с плюсовыми допусками 0,1 мм до 20 мм и 0,2 мм — более 20 мм с учетом упругих свойств древесины и уменьшения ширины долота при износе.

Фрезерные цепи

Непрерывная режущая цепь, применяющаяся в качестве режущего инструмента на цепнодолбежном станке, состоит из комплекта звеньев — резцов, шарнирно связанных между собой на заклепках — осях. Надевается фрезерная цепь 1 на соответствующую направляющую линейку 2 и звездочку 3, приводящую цепь в движение по направляющей линейке (рис. 178).

Звездочка и направляющая линейка в свою очередь укрепляются: звездочка — на шпинделе электродвигателя, линейка — в пазу ползуна натяжного приспособления. Электродвигатель и натяжное приспособление с направляющей линейкой смонтированы на рабочем суппорте, получающем поступательно-возвратное движение (опускание и подъем) от механизма вертикальной подачи станка.

Выборка гнезд на цепнодолбежном станке может осуществляться следующими способами:

1. Опускают рабочий суппорт с фрезерной головкой на определенную глубину в древесину — в частном случае, когда ширина режущей части фрезерной цепочки соответствует ширине гнезда, а ширина фрезерной головки — длине гнезда (рис. 179, а).

2. Сначала выбирают древесину по краям гнезда, а затем расфрезеровывают промежуток повторным опусканием фрезерной головки и перемещением древесины в продольном направлении в тот момент, когда фрезерная головка находится в верхнем положении.

3. Выбирают древесину в правом конце гнезда (при движении цепи против часовой стрелки), затем в левом; далее, не вынимая фрезерной головки из нижнего положения, продвигают деталь в продольном направлении в правую сторону (рис. 179, б).

Выборка всего гнезда одним горизонтальным движением подачи без предварительной выборки противоположного отверстия не рекомендуется, так как противоположная стенка гнезда получается не вертикальной.

Опытные исследования показали, что потребляемая мощность резко возрастает в случае формирования гнезда боковой подачей древесины, причем часто бывают разрывы цепочек. Поэтому при тяжелых условиях работы рекомендуется формировать длинное гнездо по второму способу.

Фрезерные цепи различают по конструкции и числу резцов в каждом звене, по их расположению и размерам — в зависимости от размеров обрабатываемого гнезда.

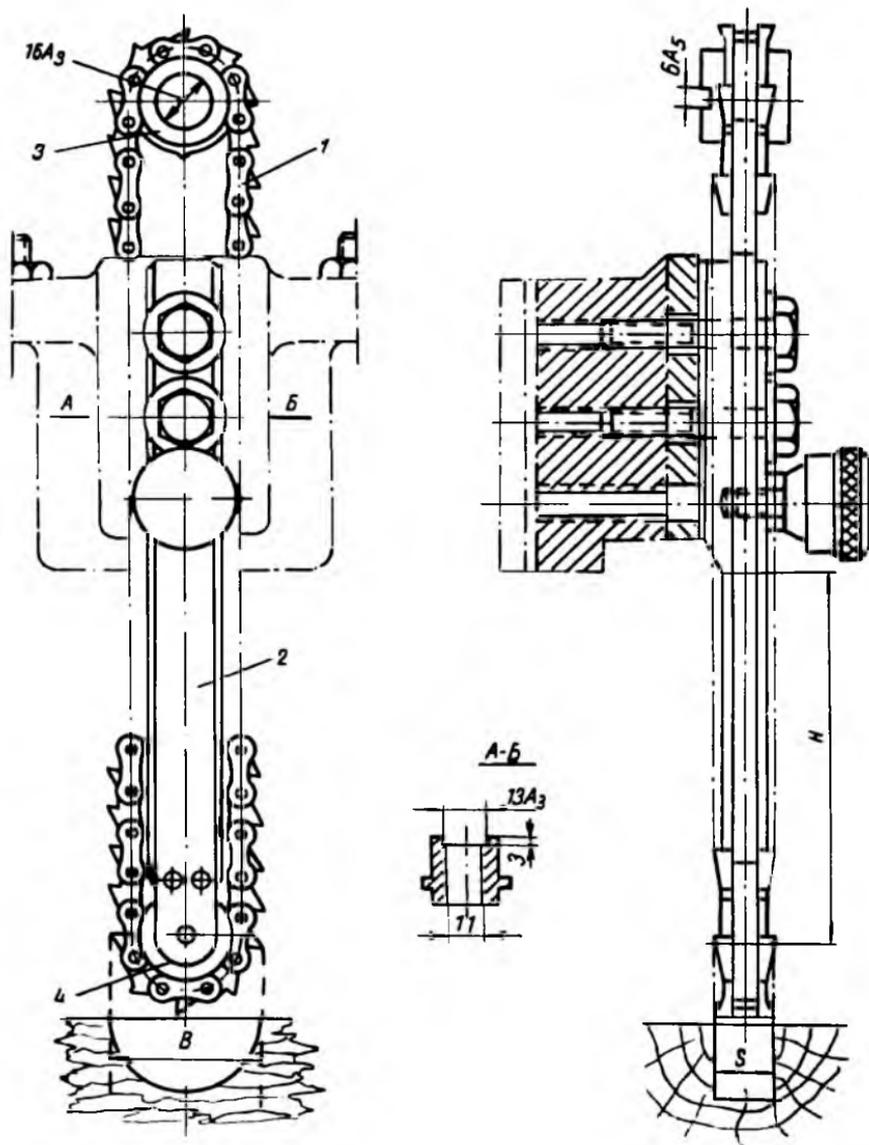


Рис. 178. Фрезерная головка цепнодолбежного станка:

1 — режущая цепь; 2 — направляющая линейка; 3 — ведущая звездочка; 4 — ролик

Направляющие линейки различают по форме и размерам. Определенной ширине режущей цепи соответствует комплект из направляющей линейки и звездочки.

Направляющие линейки. Направляющие линейки, на которые надевают фрезерные цепи, бывают с параллельными направляющими боковыми поверхностями и с поверхностями, расположенными под углом. Угловые направляющие линейки применяются для выборки в строительных деталях сквозных «конусных гнезд» под шипы с расклинкой.

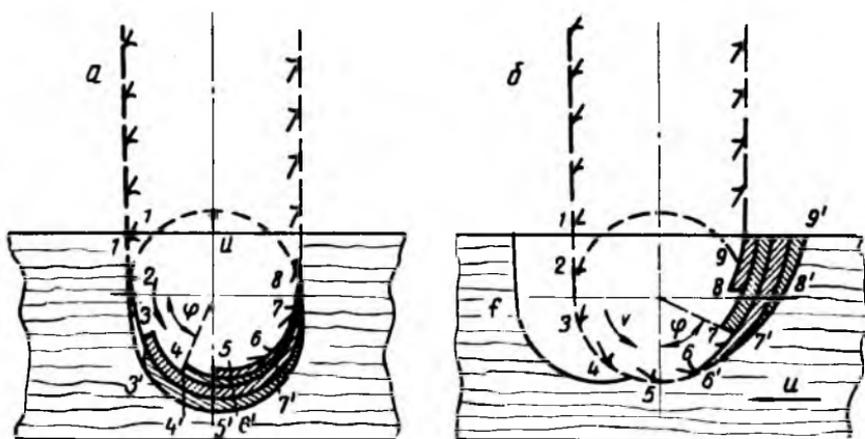


Рис. 179. Схемы обработки гнезда фрезерными цепочками:

а — при вертикальном перемещении фрезерной головки; б — при продольном перемещении детали

Типоразмеры головок к цепнодолбежным станкам в виде направляющих линеек и звездочек к ним регламентированы ГОСТ 4881—55.

Направляющая линейка имеет в поперечном сечении профильную форму. Ребра ее посередине имеют выступ прямоугольного сечения, ширина которого должна соответствовать расстоянию между внутренними сторонами внешних звеньев цепи (см. рис. 178). Назначение выступа — препятствовать боковому сдвигу цепи, так как внешние звенья ее охватывают этот выступ. В нижней части направляющая линейка оканчивается свободно вращающимся роликом, ширина которого соответствует ширине боковых выступов направляющей линейки. Концевой ролик, имеющий роликовый подшипник, надевается на цилиндрический выступ линейки и закрывается щитком, привинчиваемым тремя винтами к линейке (см. рис. 178).

Для смазывания роликового подшипника в направляющей линейке должен быть маслопровод с масленкой. В некоторых конструкциях применяется шприцевая смазка под давлением.

Верхней частью направляющая линейка заходит в паз натяжного ползуна и закрепляется болтами.

Ведущая звездочка, укрепляемая на рабочем шпинделе суппорта, имеет четыре зуба. Зубья звездочки входят в промежуточные звеньев цепи и при своем вращении приводят ее в движение по направляющей линейке. В зависимости от конструкции цепи (трех- или пятирядной) применяется одинарная или двойная звездочка. Размеры (мм) режущих головок цепнодолбежных станков представлены в табл. 43 (ГОСТ 4889—55).

Т а б л и ц а 43

Размеры режущих головок

Стандартизуемые размеры	Номера головок							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Ширина выбираемого гнезда	6; 8	10	6; 8	10	12; 16	12; 16	20	25
Наименьшая длина выбираемого гнезда	40	40	55	55	40	55	55	55
Наибольшая глубина выбираемого гнезда	100	120	100	120	140	140	140	140
Ширина режущей цепочки . .	6; 8	10	6; 8	10	12; 16	12; 16	20	25

Типы и геометрия фрезерных цепей. Как видно из рис. 180, *a*, звенья фрезерной цепи для выборки гнезда шириной от 6 до 11 мм состоят из трех пластинок-зубьев в одном шарнире. Цепь шириной от 12 до 16 мм также состоит из трех пластинок в шарнире, но средние ее пластинки имеют уступ, вследствие чего ширина режущей кромки соответствует значению $b/2 + 0,5$ мм. Уступ в соседних пластинках по длине цепи имеет шахматное расположение. Цепь шириной от 18 до 20 мм состоит из пяти пластинок в шарнире и, наконец, цепь шириной от 25 до 30 мм — из семи пластинок в одном шарнире. Таким образом, с увеличением ширины цепи число пластинок в шарнире увеличивается, причем крайние зубья-резцы повторяются последовательно в каждой пластинке по длине цепи, средние же пластинки-зубья с увеличением ширины цепи располагаются в шахматном порядке. Уступы в средних пластинках-зубьях также располагаются в шахматном порядке.

В конструктивном отношении крайние пластинки звена различаются по месту нахождения на линейке на правые и левые. Крайние пластинки имеют выступ на внешнюю сторону величиной от 0,5 до 0,8 мм (по аналогии с расклепкой зуба) во избежание трения боковых поверхностей пластинок и головок заклепок о боковые плоскости и обрабатываемого гнезда.

Контуры звеньев режущей цепи, направляющей линейки и звездочки взаимно связаны между собой, и основные параметры звеньев определяют параметры направляющей линейки

и звездочки. Основные параметры контура средней и крайней пластинок звена приведены на рис. 181 (нормаль Московского завода деревообрабатывающего станкостроения).

Толщина пластинок звена цепи зависит от общей ширины лезвия, определяющей ширину обрабатываемого гнезда B , и числа пластинок в звене.

Крайние пластинки звена цепи a (см. рис. 180), песущие функции прочного сопряжения оси заклепки между ними, дол-

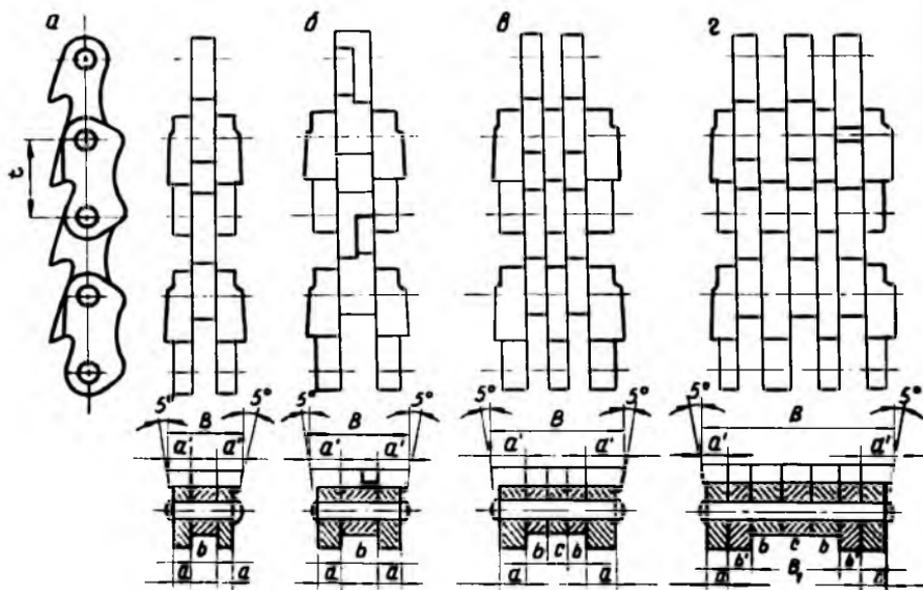


Рис. 180. Фрезерные цепи:

a — трехпластинчатая для выборки гнезд шириной от 6 до 11 мм; $б$ — то же для выборки гнезд шириной от 12 до 16 мм; $в$ — пятипластинчатая для выборки гнезд шириной от 16 до 20 мм; $г$ — семипластинчатая для выборки гнезд шириной от 20 до 25 мм

жны иметь достаточную толщину при наличии раззенковки и бокового выступа режущей части зуба. Средние пластинки звена, $в$, $в'$, трущиеся поверхности которых воспринимают всю нагрузку, испытываемую цепью, должны иметь толщину, при которой удельное давление в шарнире было бы в пределах нормы. Если установлены конструктивные размеры крайних пластинок и известно максимальное усилие, испытываемое цепью в процессе работы, определяют по допустимому удельному давлению толщину средних пластинок звена.

Ширину цепей и габарит обрабатываемых гнезд определяют по ГОСТ 4889—55 (основные размеры) от 6 до 25 мм с градацией через 2 мм, что позволяет обрабатывать гнезда размерами от $6 \times 40 \times 100$ мм до $25 \times 55 \times 140$ мм (по ширине, длине и глубине). Шаг звеньев цепи равен 11,3 мм.

Угловые значения зубьев-пластинок фрезерной цепи зависят от технологических свойств обрабатываемой древесины и колеблются в следующих пределах: $\alpha=15^\circ$; $\beta=55\div 65^\circ$; $\gamma=15\div 20^\circ$; $\delta=70\div 75^\circ$.

Большие значения угла резания δ относятся к обработке твердых пород, меньшие — к обработке мягких пород. Уменьшение угла резания более указанного не рекомендуется, так как в этом случае при резании происходит оттягивание цепи от направляющей линейки, что вызывает вредные напряжения в цепи и приводит к неправильной обработке гнезда. Выступы крайних пластинок звена во избежание трения о поверхности гнезда имеют поднутрение боковых плоскостей под углом 5° (см. рис. 180).

Выше приведены статические углы резания. Углы движения имеют малые величины (порядка $15\text{--}30'$), поэтому на условия резания не влияют.

Затылок зуба пластинок звеньев цепи очерчивают по дуге окружности, центр которой смещен по отношению к центру начальной окружности по аналогии с затылком зубьев цельных фрез.

Уход за фрезерными цепями заключается в их заточке, соединении пластинок звеньев в случае разрыва цепи, в смазывании цепи во время ее работы и хранения.

Зубья фрезерных цепей затачивают со стороны передних режущих граней на специальных точильных станках. Правильная заточка должна удовлетворять следующим требованиям:

1. Угол наклона передней грани зубьев должен оставаться неизменным после каждой заточки.

2. Зубья фрезерной цепи должны быть остро заточены. При заточке не допускается оставление крупных заусенцев и засиления вершин зубьев. После заточки цепи на заточном станке необходимо доводить грани зубьев.

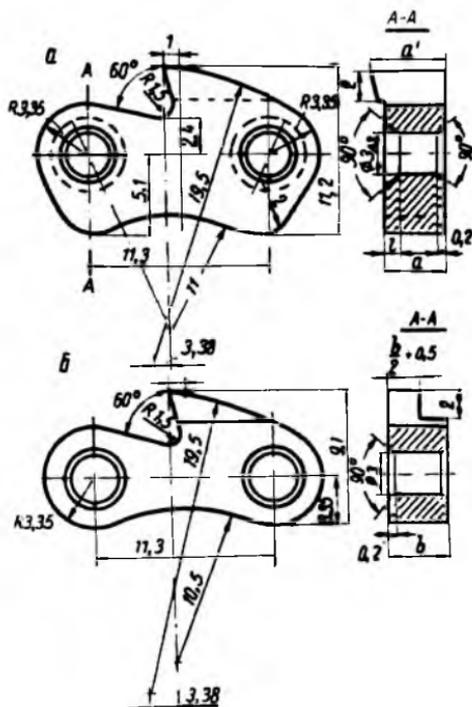


Рис. 181. Размеры крайней и средней пластинок звена:

а — звено правое крайнее; б — звено среднее правое с уступом

3. Впадина зубьев не должна иметь острых углов после заточки.

4. Режущие кромки одноптипных зубьев должны находиться на одинаковом расстоянии друг от друга и лежать в одной и той же плоскости при прямолинейном расположении ветви цепи.

При заточке цепи на ручном станке втулка-звездочка вместе с цепью перемещается рукой вдоль ее оси так, что режущая грань затачиваемого зуба проходит вдоль боковой плоскости

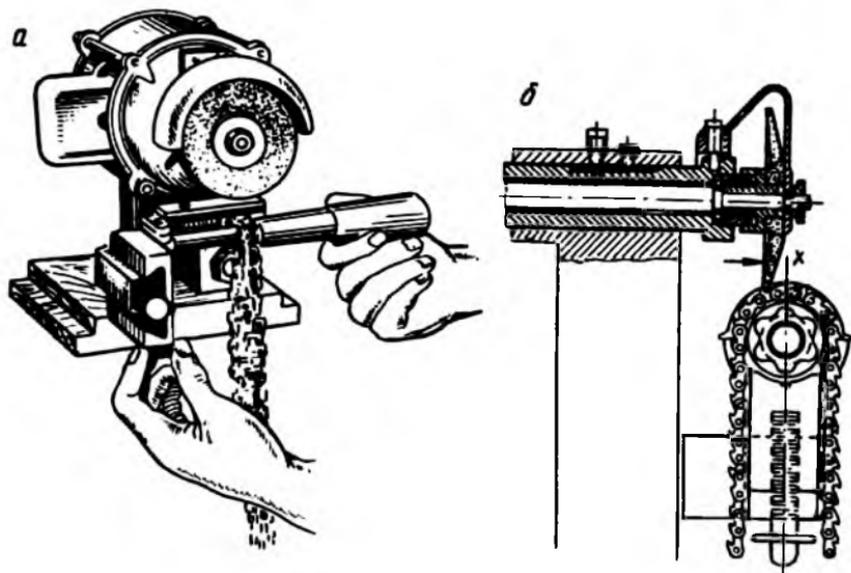


Рис. 182. Положение фрезерной цепи по отношению к шлифовальному кругу при заточке

шлифовального круга. Фиксация необходимого положения каждого затачиваемого зуба относительно шлифовального круга осуществляется в данном случае посредством упора или делительной головки (рис. 182, а). На автоматических станках цепь затачивают опускающимся шлифовальным кругом при неподвижном положении цепи. Перемещение цепи на величину одного зуба-звена происходит автоматически (посредством собачки или делительного устройства) во время подъема шлифовального круга.

В обоих случаях цепь должна быть правильно установлена по отношению к шлифовальному кругу; это необходимое условие для получения требуемого переднего угла γ режущей грани зубьев-пластинок. Достигается это путем смещения звездочки, как показано на рис. 182, б. Величина смещения центра звездочки цепи от боковой плоскости точильного круга x зависит

от радиуса R вершин зубьев оттачиваемой цепи и переднего угла зубьев γ и соответствует следующему выражению:

$$x = R \sin \gamma. \quad (119)$$

Ни в коем случае не следует допускать заточку от руки, без направляющих приспособлений, так как это всегда приводит к отрицательным результатам.

Для заточки цепей применяется шлифовальный круг тарельчатой формы $D=100$ мм (форма 1Т ГОСТ 2424—60). В процессе заточки следует тщательно следить за правильностью формы круга и выправлять профиль соответствующими прайлками.

Соединение пластинок-звеньев цепи в случае ее разрыва или необходимости замены дефектного звена следует производить с особой тщательностью. Склепанные звенья должны свободно вращаться в шарнирах, без заметной слабину в поперечном и продольном направлениях. Оси-заклепки для таких цепей изготавливаются из стали 15Х или 20Х.

Заклепки цепи надо расклепывать очень аккуратно, чтобы не погнуть ось заклепки или не осадить ее. Головки заклепки формируют специальной обжимкой. Боковая поверхность заклепок должна быть ниже боковых поверхностей режущей части зубьев цепи. Головки заклепок стачивают до уровня на 0,3—0,4 мм ниже боковой поверхности режущих частей крайних зубьев,

Для нормальной работы цепи большое значение имеет правильное ее натяжение. Слишком туго натянутая цепь быстрее изнашивается, вызывает нагревание концевой ролика, доходящее в некоторых случаях до цвета побежалости, и повышенный расход мощности. С другой стороны, слабое натяжение цепи приводит к нечистой и неточной работе.

Сила натяжения цепи в некоторой степени может характеризоваться стрелой продольного искривления цепи F при оттягивании ее в средней части силой P .

Экспериментальные исследования показали, что при нормальном состоянии шарниров режущей цепи обработка гнезда с допустимой степенью точности достигается при натяжении ее силой $T \approx 10$ кгс. Этой силе натяжения соответствует стрела прогиба $F=6$ мм при оттягивании ее от направляющей линейки с силой $P=2$ кгс.

Достаточная степень натяжения цепи должна определяться посредством специального упругомера.

Во избежание сильного трения цепи о направляющую линейку и ее нагревания необходимо периодически смазывать их в процессе работы. Периодическому смазыванию должен подвергаться и направляющий ролик. Для этой цели в направляющей линейке предусмотрен маслопровод, идущий к роликовому подшипнику. Смазывание ролика осуществляется либо посред-

ством масленки, либо шприцевым устройством — через шариковый клапан в маслопроводе направляющей линейки.

Точность и качество обработки фрезерных цепей. Фрезерные цепи в процессе работы подвержены вибрации. В результате продольной вибрации сбегавшей ветви цепи в процессе углубления режущей головки боковая стенка обрабатываемого гнезда получается наклонной — не параллельной оси головки. Изменяется и размер длины гнезда на величину продольной разбивки.

Продольная вибрация цепи приводит и к поперечной ее вибрации и, как следствие, к поперечной разбивке, особенно краев гнезда.

На величину поперечной разбивки влияет люфт цепи в поперечном направлении из-за разности размеров между внутренними сторонами крайних элементов звена и толщиной выступа направляющей линейки или ролика. Износ шарниров цепи и увеличение поперечного ее люфта вследствие этого, а также слабое натяжение цепи приводят к увеличению поперечной разбивки гнезда. В связи с неизбежной поперечной разбивкой гнезда из-за вибрации цепи отклонение от номинального размера ширины ее режущей части должно осуществляться в теле звеньев, т. е. с отрицательным допуском. Вибрация цепи сказывается на точности и качестве обработки гнезда. Качество обработки боковых поверхностей гнезд при выборке их фрезерными цепями соответствует шестому классу чистоты поверхности (ГОСТ 7016—68).

Точность обработки гнезд фрезерными цепями соответствует третьему классу точности. Для улучшения качества и точности обработки большое значение имеет точность изготовления звеньев цепи и их монтаж.

Точность основных размеров и качество обработки фрезерных цепей должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Отклонения от номинальных толщин пластинок звеньев должны лежать в пределах допуска третьего класса точности по скользящей посадке S_3 .

2. Допускаемые отклонения в размерах пластинок звеньев и угловых параметрах режущих частей от номинальных значений должны быть в пределах:

по шагу звеньев	$\pm 0,1$ мм
» высоте зубьев	$\pm 0,1$ »
» угловым параметрам	$\pm 1^\circ$

3. Фрезерная цепь должна быть подвижной в сочленениях и в то же время без заметного продольного и поперечного люфта в звеньях.

4. Звенья цепи должны быть без заусенцев, засинений, волосовин и трещин.

5. Поверхность расклепанной головки шарнирной оси-зак-

лепки должна быть гладкой. Расклепку заклепок следует производить обжимкой.

6. Возвышение поверхности головки заклепки над боковой поверхностью режущих элементов крайних звеньев не допускается.

7. Боковые опорные поверхности звеньев и затылочные поверхности режущих частей должны быть шлифованными.

Гнездовые долбежные фрезы

Гнездовые долбежные фрезы, пилочные долота целесообразно применять для выборки гнезд в деталях мебели, в деталях клавишных музыкальных инструментов и в прочих деталях с относительно малым размером гнезд: по длине от 12 до 80 мм; по ширине от 2 до 10 мм и по глубине от 20 до 80 мм. Применение спаренных долбежных фрез позволяет одновременно выбирать два гнезда, находящиеся в продольном направлении на близком расстоянии (например, гнезда в ножках столярных стульев для царги и проножки).

Гнездовые долбежные фрезы представляют собой многолезвийную плоскую мерную (по ширине гнезда) пластинку, несущую зубья с двух прилегающих сторон — торцовой и боковой.

Движение зуба гнездовой долбежной фрезы в процессе резания, траектория которого изображена на рис. 183, является плоским и может осуществляться по различным замкнутым кривым (эллипсу, а также различного вида шатунным и кулисным кривым). Это — главное движение резания, а также движение, способствующее удалению стружки из гнезда; движение подачи осуществляется надвиганием пилки на выдалбливаемое гнездо в направлении его глубины.

Согласно схеме (см. рис. 183) можно разбить весь цикл работы гнездовой фрезы на ряд элементов: *I* — врезание зубьев фрезы в древесину; *II* — рабочий ход (резание и транспортирование стружки по горизонтали); *III* — транспортирование стружки вверх по вертикали за пределы гнезда; *IV* — холостой ход.

Указанное движение гнездовой фрезы может быть осуществлено посредством четырехзвенного механизма с вращаю-

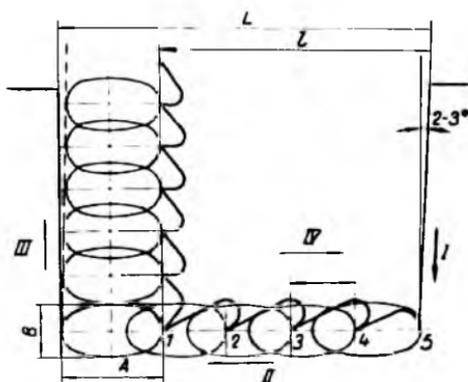


Рис. 183. Схема движений зубьев (1—5) гнездовой фрезы

щимися и поступательными парами. На рис. 184 приведены механизмы движения гнездовой фрезы, разработанные и осуществленные ЛТА имени С. М. Кирова.

В большинстве конструкций эксцентрик или кривошип расположен на самом шпинделе электродвигателя (в агрегатной головке ДАГ-1).

Для определения параметров движения инструмента и профилирования зубьев долбежной фрезы необходимо ознако-

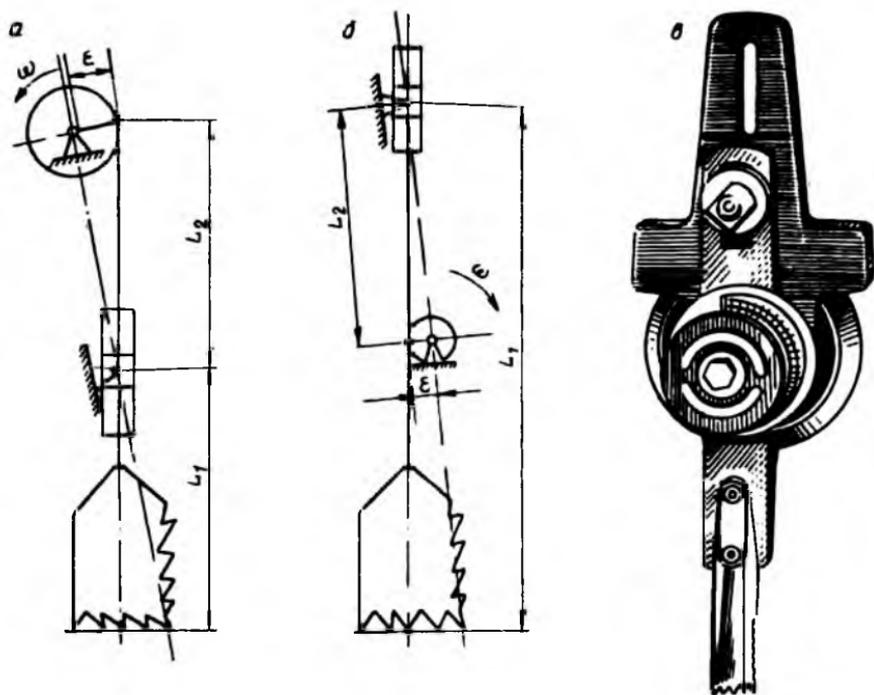


Рис. 184. Варианты механизмов резания гнездовой фрезы:

а — с верхним расположением кривошипной шайбы; *б* — с нижним расположением кривошипной шайбы; *в* — сменный механизм к цепнодолбежному станку (с регулируемым эксцентриком)

миться с кинематикой движения характерных зубьев фрезы. К характерным режущим зубьям, расположенным в нижней части фрезы, относятся первый зуб *1* (см. рис. 183), формирующий в конечной стадии рабочего цикла переднюю стенку гнезда, следующие за ним режущие зубья *2, 3, 4*, формирующие дно гнезда, и последний зуб *5*, формирующий в начальной стадии рабочего цикла заднюю стенку гнезда. Боковые зубья выполняют только функции транспортирования срезанной режущими зубьями стружки за пределы гнезда и в резании участия не принимают.

Для упрощения расчетов принимаем замкнутую траекторию

относительного движения лезвия зуба по эллипсу, что в основном соответствует реальному характеру движения кулисного механизма, и пренебрегаем изменением угловых параметров зубьев, вызванным переменным наклонным расположением долбежной фрезы из-за качаний вокруг оси (ошибка в пределах 2—3°).

Анализируя движение режущего среднего зуба 3, убеждаемся в том, что в процессе резания углы резания зуба претерпевают изменения в связи с изменением значений угла движения α_d .

Для осуществления процесса резания необходимо, чтобы встреча лезвия зуба с древесиной происходила на тех участках траектории, на которых зуб мог бы беспрепятственно внедряться в древесину своими режущими элементами, т. е. при допустимых углах резания, обеспечивающих стружкообразование. Прилегающие к этой траектории части древесины должны быть срезаны соседними зубьями.

Рассмотрим в связи с этим, при каких условиях возможно нормальное резание режущего зуба 3 (см. рис. 183).

Максимальное значение заднего угла движения соответствует $\alpha_d = 20^\circ$.

$$\operatorname{tg} \alpha_d = \frac{B}{A} \operatorname{ctg} \varphi, \quad (120)$$

где B и A — соответствующие оси эллипса;

φ — угол контакта резца на выходе из древесины.

Определив максимальное значение угла движения α_d , задаемся статическими углами резания зубьев: $\gamma = 30^\circ$; $\beta = 30^\circ$ и $\alpha = 30^\circ$.

Для обеспечения более нормальных значений углов резания целесообразно, чтобы замкнутая кривая траектории движения зуба имела вид удлинненного эллипса с соотношением параметров:

$$\frac{B}{A} = 0,3 \div 0,5. \quad (121)$$

Исследования процесса резания долбежным фрезами посредством скоростной киносъемки показали, что выброс стружки обеспечивается не только боковыми зубьями, выполняющими транспортную роль, но и воздушным потоком, создаваемым движением пилки, поэтому значения B могут быть меньше горизонтальной амплитуды колебаний. В то же время для транспортирования стружки к нижней части по горизонтали важно, чтобы амплитуда движения зуба по горизонтали была больше шага зубьев.

Выбранные параметры долбежной фрезы и ее движения позволяют получать одной и той же фрезой гнезда различной длины путем увеличения амплитуды ее колебания A в пределах до 25% от расчетного значения.

Условия резания крайнего правого — последнего зуба 5,

формирующего заднюю стенку гнезда, как видно из рис. 183, существенно отличаются от условий работы средних режущих зубьев. В данном случае задний угол резания меняется от 0° до 60° . Это обстоятельство при нормальном угле заострения $\beta=30^\circ$ приводит к работе зуба с углом резания больше 90° , в связи с чем зуб профилируется со значением бокового заднего угла $\alpha=0^\circ$.

Некоторый задний угол $\alpha=2\div3^\circ$ образуется в начальный период резания в связи с наклонным положением долбежной фрезы в крайних положениях при качании, что устраняет вредное трение ее грани о стенки гнезда. В таких же тяжелых условиях приходится работать и первому крайнему левому зубу 1 фрезы (см. рис. 183).

Как видно из схемы, значение угла резания зуба 1 становится больше 90° ($\angle\gamma$ приобретает отрицательный уклон). Некоторого улучшения работы зубьев (1 и 5) можно достичь путем уменьшения их шага и увеличения отношения A/B против указанных величин с соответствующей перепрофилировкой первого зуба. Ненормальные условия работы резания первого и последнего зубьев долбежной фрезы приводят к ускоренному их затуплению. Для увеличения износоустойчивости зубьев следует изготавливать долбежные фрезы из легированной хромистой инструментальной стали X12M.

Выше было сказано, что, помимо резания, торцовые зубья транспортируют стружку по горизонтали к передней стенке гнезда. Стружка, срезанная зубом, передвигается несколько больше, чем шаг ($A>t$) при обратном ходе, в результате сил инерции выбрасывается из впадины, при рабочем ходе снова захватывается следующим зубом и т. д., пока не дойдет до передней стенки гнезда.

За пределы гнезда стружка выбрасывается (по вертикали) боковыми транспортирующими зубьями путем последовательной передачи из впадины одного зуба во впадину следующего зуба. Вместе с тем, как показали специальные исследования (методом скоростной киносъемки через прозрачную стенку), движение стружки в гнезде по вертикали обеспечивалось и воздушным потоком. В гнезде, видимо, при работе пилки образовывались воздушные (турбулентные) потоки, которые подхватывали стружку у передней стенки гнезда и подбрасывали ее вверх; если стружка не вылетала из гнезда, то замедляла свой ход и начинала опускаться, но до падения подхватывалась зубьями и воздушным потоком, который вновь образовывался движением фрезы и т. д., пока стружка не удалась из гнезда. При работе долбежной фрезы с большими амплитудами качания основное значение в транспортировании стружки из гнезда имеют сила инерции стружки и воздушный поток. Во избежание запрессовки стружки впадины зубьев должны иметь соответствующие радиусы закрепления дна.

Специальные экспериментальные исследования подтвердили хорошие эксплуатационные качества этого нового вида режущего инструмента как в отношении точности, так и качества работы при удовлетворительной производительности его по сравнению с другими типами долбежного инструмента.

В зарубежной практике (в ФРГ) для электрифицированных переносных долбежных станков фирмы «Макка» применяются долбежные двухзубые фрезы. Профили и размеры зубьев гнездовых фрез имеют и другие варианты. Выбор оптимальной конструкции гнездовой фрезы для тех или иных условий работы требует соответствующего экспериментирования. Во избежание трения боковые поверхности фрезы поднутрены по сравнению с шириной режущей части (на 0,6 мм на каждую сторону).

Производительность долбежной фрезы при $n=3000$ качаний в минуту равна 15—25 мм/сек. Качество поверхности гнезда соответствует девятому классу чистоты по ГОСТ 7016—68.

Выборка гнезда обеспечивается по первому классу точности. Возможность выполнения гнезд малых размеров по длине и ширине технологичной формы при высоком качестве и точности изготовления деталей мебели делает этот инструмент весьма перспективным.

Глава XIV

ШЛИФОВАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИНСТРУМЕНТ

Шлифование — процесс отделки поверхности для придания ей ровного и гладкого вида независимо от обрабатываемого материала. При обработке металлов шлифование применяется также для получения точных размеров обрабатываемой детали и для заточки режущего инструмента.

Процесс шлифования заключается в снятии с обрабатываемой поверхности тонкой стружки при помощи большого количества одновременно работающих мелких острых режущих кромок абразивных зерен. В соответствии с этим для шлифования необходимо располагать режущим инструментом, состоящим из массы зерен абразивного материала, связанных посредством связующего вещества (связки) в одно целое. Для шлифования древесины таким инструментом используется шлифовальная шкурка, для заточки и доводки режущего инструмента — шлифовальный круг и брусок.

По существу, шлифование является одним из видов обработки резанием, вернее скоблением, откуда и название шлифующих материалов и инструмента — абразивные, т. е. скобящие. Неправильность углов резания абразивных зерен с избытком компенсируется большим их числом, действующим при больших скоростях резания.

Отличие шлифовального круга от другого вида режущего инструмента состоит в его основном свойстве — самонатачивае-

мости. Шлифовальный круг представляет массу твердых режущих зерен — кристаллов неправильной формы, связанных друг с другом связкой. Каждое зерно работает до определенной степени затупления. Назначение связки — держать прочно зерно до момента потери им режущих свойств. Под воздействием увеличившихся сил сопротивления резанию затупившееся зерно должно оторваться от связки и тем самым предоставить возможность резания соседнему, острому зерну и т. д. Связка не должна размягчаться при нагреве в процессе шлифования, и поры шлифовального круга не должны забиваться ею, шлифовальными стружками и пылью.

В основном шлифовальные круги применяются для шлифования металлов. Однако, исследования доц. А. И. Яцук (Львовский лесотехнический институт) показали возможность применения абразивных кругов и для жесткого шлифования древесины. Материалом абразивных зерен в этих кругах является стекло, связкой — бакелитовая смола. Применение таких шлифовальных кругов эффективно при шлифовании фасонных боковых поверхностей фасонными кругами, калибровании плит, снятии провесов в изделиях и пр.

Для шлифования древесины широко применяются шлифовальные шкурки. В отличие от шлифовальных кругов, шлифовальные шкурки не обладают свойством самонатачиваемости, так как в основном зерна распределяются на основе в один слой. В этом случае основа и связка, удерживающая зерна, должны обладать повышенной эластичностью.

Процесс шлифования из-за различия режущих способностей зерен, имеющих грани неправильной формы, неодинаково выступающие над поверхностью, не имеет стабильных условий. Поэтому, если на наиболее выступающее зерно шлифовальной шкурки, вдобавок имеющее неблагоприятные углы резания, придется большая стружка, во избежание вырыва его из связки под воздействием сил сопротивления резанию основа и связка должны обеспечить упругий отжим зерна. В то же время зерно, потерявшее режущие способности, должно быть в процессе работы удалено из основы. Для этого необходима повышенная эластичность основы и связки.

Шлифовальные шкурки для шлифования древесины не должны засаливаться в процессе работы из-за забивания шлифовальной пылью промежутков между зернами или размазывания связки вследствие нагревания.

Шлифовальные материалы и инструмент для шлифования древесины

Назначение шлифования. Основное назначение шлифования при обработке деталей из древесины заключается в подготовке их поверхности к отделке, а также в шлифовании лаковых по-

крытый деталей. В процессе шлифования устраняются неровности, оставшиеся после предыдущей обработки (кинематические неровности, вырывы, заусенцы и т. д.) и достигается необходимая гладкость поверхности. Такое шлифование должно обеспечить высокое качество поверхности для покрытия прозрачными лаками или политурами с последующим полированием, поэтому оно называется чистовым.

Шлифование применяется также для снятия провесов у рам, коробок и щитков, склеенных из делянок, для «заваливания» кромок деталей, зачистки фанеры после фанеровки и пр. В этих случаях с обрабатываемых деталей или узлов снимают выступающие части древесины (провесы), клеевые выступы или в отдельных местах значительный слой древесины. Шлифование осуществляется наиболее интенсивно, в связи с чем оно называется черновым (грубым).

Древесину шлифуют шкуркой, состоящей из гибкой основы — бумаги или ткани, к которой посредством связки — клея прикреплены абразивные зерна.

Детали из древесины шлифуют шкуркой в основном на шлифовальных станках. Шлифование вручную или посредством переносных шлифовальных электрифицированных приборов применяется лишь для местной подчистки или подшлифовывания деталей после их машинного шлифования или для зачистки элементов узлов изделия (вторичной зачистки).

Станки для шлифования разделяются в основном на следующие группы: дисковые, ленточные, цилиндровые (барабанные) и вибрационные.

Вследствие анизотропии древесины шлифованием достигается в основном устранение кинематических и технологических неровностей от предшествующей шлифованию механической обработки и удаление ворса. В этих случаях шлифовальная шкурка имеет эластичное основание (фетр, техническое сукно и пр.), потому шлифование древесины не обеспечивает плоскостной обработки высокой степени точности.

Выравнивание плоскости или калибрование материала (в размер по толщине), например калибрование древесностружечных плит, осуществляется шлифовальной шкуркой с жестким основанием. Для высокого качества шлифования и удаления ворса необходимо перед окончательным чистовым шлифованием смачивать поверхность; при этом ворс древесины поднимается и легко удаляется последующим тонким шлифованием.

Шлифовальные шкурки. Качество и производительность шлифования древесины зависят от качества шлифовальной шкурки, правильного ее выбора и соответствующих режимов работы.

Основными характеристиками шлифовальной шкурки являются: вид абразивного материала; его зернистость; плотность

насыпания зерен на основу; материал основы; клей-связка; влагостойкость.

Шлифовальная шкурка должна удовлетворять следующим основным требованиям:

1. Абразивный материал должен быть износостойкий, однородной формы, высокой твердости и прочности и закреплен на основе достаточно прочно, чтобы он не отрывался от нее до соответствующего затупления.

2. Основа шкурки должна быть прочной, чтобы избежать под воздействием усилий, возникающих при работе, разрывов или чрезмерного удлинения до полного износа наклеенного слоя абразивного материала.

3. Поверхность шкурки должна быть однородной, без каких-либо дефектов (бугорков, морщин, повреждений кромок), с равномерно нанесенным слоем клея и зерен нужной толщины.

Шлифовальные шкурки, применяющиеся для обработки древесины, изготавливаются из разнообразных абразивных материалов. Наиболее широко распространены электрокорунд, кремль и стекло. Реже используются гранат, наждак и карбид кремния. В табл. 44 приведена характеристика абразивных материалов и область их применения.

Таблица 44

Основные характеристики абразивных материалов для шлифования древесины

Абразивный материал	Вид	Химический состав	Удельный вес зерна, г/см ³	Пластичность	Твердость		Область применения
					по Моосу	микротвердость, кгс/мм ²	
Стекло	Искусственный	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot \text{X} \cdot 6\text{SiO}_2$	2,4—2,6	Хрупкий	4—6	500—565	Ручное шлифование древесины
Кремль	Естественный	SiO_2	2,65—2,85	Ломкий	5—7	1000—1100	
Гранат	То же	$\text{Fe}_3\text{Al}_2 \cdot \text{X} \cdot (\text{SiO}_2)$	3,4—4,3	Средней хрупкости	6,5—8	1150—1400	Ручное и механическое шлифование всех пород древесины
Электрокорунд	Искусственный	Al_2O_3	3,2—4,0	То же	9,0—9,2	2000	Механическое шлифование древесины
Карбид кремния (зеленый и черный)	То же	SiC	3,1—3,4	Хрупкий	9,5—9,75	2900	Механическое шлифование твердой древесины и шпона очень твердых пород, мокрое шлифование

Стекло применяется обычно бутылочное зеленое, дающее при дроблении меньше стеклянной пыли (пивные и винные бутылки).

Кремль — природная горная порода. Дробленые кремневые зерна имеют раковистый излом. Материал — не однородный по

составу: наряду с зернами, состоящими из халцедона, наблюдается включение мелких частиц кальцита, кварцита и окислов железа, снижающих абразивную способность кремня.

Гранат — горная порода, менее прочная, чем кремень. Наилучшими в качестве абразивов являются железистые гранаты. Кристаллы граната имеют форму ромбического додекаэдра; при дроблении дают изотермические зерна с острыми краями.

Наждак — горная порода, состоящая из тесной смеси корунда с окислами железа и силикатами. Зерна наждака имеют остроугольные частицы.

Электрокорунд — искусственный абразивный материал, состоящий в основном из кристаллической окиси алюминия (Al_2O_3). Кристаллы корунда обладают остропирамидальной или призматической формой, обеспечивающей им высокие режущие свойства.

Карбид кремния — искусственный материал, представляющий собой химическое соединение углерода с кремнием (SiC). Зерна остроугольные, излом раковистый.

В деревообрабатывающей промышленности для сухого шлифования древесины и древесных материалов применяют шкурки, абразивным материалом для которых служит электрокорунд (ГОСТ 5009 — 68 и ГОСТ 6456 — 62).

Для мокрого шлифования, как правило, применяется карбид кремния на тканевой основе или стеклопластике (ГОСТ 133444—67 и ГОСТ 10054—62).

В зависимости от размера абразивные зерна имеют обозначения, приведенные в табл. 45.

Таблица 45

Обозначение зернистости абразивных материалов
(по ГОСТ 9206 — 59)

Группа	Обозначение	Размер зерен основной фракции, мк	Группа	Обозначение	Размер зерен основной фракции, мк
Шлифзерно	200	2500—2000	Шлиф- порошки	12	160—125
	160	2000—1600		10	125—100
	125	1600—1250		8	100—80
	100	1200—1000		6	80—63
	80	1000—800		5	63—50
	63	800—630		4	50—40
	50	630—500	Микро- порошки	M40	40—28
	40	500—400		M28	28—20
	32	400—315		M20	20—14
	25	315—250		M14	14—10
	20	250—200		M10	10—7
	16	201—160		M7	7—5
			M5	5—3	
			M3	3—1	
			M1	Мельче 1	

В табл. 46 приведены рекомендации по выбору зернистости шлифовальных шкурок в зависимости от требований к чистоте шлифуемой поверхности.

Абразивные зерна должны быть нанесены на основу одним слоем; плотность его определяется количеством зерен и клея, приходящимся на единицу поверхности шкурки. От плотности насыпки зависит качество и производительность работы шкурки. Различают 100 %-ную — плотную, 75 %-ную — среднюю и 50 %-ную — редкую насыпку.

По способу насыпки зерна при изготовлении шлифовальной шкурки различают механическую насыпку (гравитационную) и насыпку в электростатическом поле. При механической насыпке зерно на поверхности шлифовальной шкурки не ориентируется, т. е. может ложиться беспорядочно. При электростатической насыпке за счет кулоновых сил электростатического поля зерно притягивается к основе, ориентируясь длинной осью перпендикулярно основе, т. е. вдоль действия кулоновых сил.

Для шлифования высокоортного облицовочного шпона, который должен быть полностью лишен царапин для последующей полировки, следует применять шкурки с плотной насыпкой. Редкая насыпка рекомендуется для шкурок, применяющихся при шлифовании влажной или смолистой древесины

Т а б л и ц а 46

Выбор зернистости шлифовальных шкурок в зависимости от требуемой чистоты обработки

Требуемое качество поверхности древесины		Номера зернистости шлифовальных шкурок (по ГОСТ 9006 — 59)
класс чистоты по ГОСТ 7016—54	максимальные неровности, мк	
▽ d 7	60—100	32—40
▽ d 8	30—60	16—32
▽ d 9	16—30	8—12
▽ d 10	До 16	5—8

Т а б л и ц а 47

Структура и номера зернистости шкурок для различных видов работ

Вид работы	Материал	Номера зернистости	Плотность насыпки
Цинубление	Мягкая древесина	100—63	Редкая
Обдирка	Твердая »	50—80	Плотная
Черновое шлифовальные	Мягкая древесина	10—25	Редкая
	Твердая »	10—25	Плотная
Чистовое шлифовальные	Мягкая »	16—12	Редкая
	Твердая »	12—8	Плотная
То же »	Грунтовка	12—8	Редкая
	Лаковые пленки	8—5	Средняя

во избежание быстрого забивания пробелов между зернами смолы и шлифовальной пылью. В табл. 47 даны практические указания по выбору шкурок в соответствии с их применением.

По данным исследований (канд. техн. наук М. А. Зайцевой), установлено, что производительность при шлифовании шкуркой с 75%-ной плотностью насыпки повышается на 10—30%. Чистота поверхности при переходе от плотной насыпки к 75%-ной не изменяется.

В качестве основы согласно ГОСТ 5009—52 применяются: бязь техническая (БТ), нанка 1137 (Н), саржа техническая № 2 (СТ). Бязь является средней основой и используется для мелко- и среднезернистых шкурок. Нанка относится к тяжелым основам и применяется для средне- и крупнозернистых абразивов. Саржа обладает большей прочностью, чем бязь и нанка, и применяется для крупнозернистых абразивов. Во избежание просачивания клея при его нанесении ткань заранее покрывают специальным составом, так называемым аппретом, который плотно закупоривает ее поры.

В качестве материала для основы бумажной шкурки используется бумага (по ГОСТ 6124—52) четырех марок:

БШ-100 —	плотностью 100 г/м ²	желтого цвета
БШ-120 —	» 120 г/м ²	синего цвета
БШ-140 —	» 140 г/м ²	красного цвета
БШ-200 —	» 200 г/м ²	цвета сульфатной целлюлозы

Связка должна обеспечивать высокую прочность соединения зерна с основой и в то же время должна быть достаточно эластичной. При изготовлении шкурок в качестве связки пользуются клеем, главным образом мездровым (по ГОСТ 3252—46), а водостойких шлифовальных шкурок — синтетическим клеем на основе феноло-фурфурольно-формальдегидных смол (ФМ-3 и ФМ-4).

Прочность прикрепления абразивных зерен к основе испытывается путем перегибания шкурки рабочей стороной внутрь. При этом абразивные зерна не должны осыпаться или отделяться от основы вместе с клеем. Основа же не должна растрескиваться или ломаться.

Контроль качества шкурки осуществляется внешним осмотром. Шкурки выпускаются двух типов: рулонные и листовые. Ширина рулонов шкурки 700; 750; 800 мм, длина для № 50 и крупнее — 30 м и для № 40 и мельче — 50 м. Размеры листов, мм: 210×285; 700×650; 750×615; 800×575.

На нерабочей поверхности каждой шкурки должна быть четко и прочно нанесена маркировка с указанием завода-изготовителя, типоразмера шкурки, материала основы, абразивного материала и зернистости.

Шкурки следует хранить в закрытом вентилируемом помещении при $t=5\div 25^\circ$ и относительной влажности воздуха 50—60%.

Условия оптимальной работы шлифовальных шкурок

Шлифование древесины шлифовальными шкурками является интегральным процессом воздействия массы абразивных зерен, производящих царапание, разрушение клеток древесины и отделение частиц ее.

В результате различного фракционного состава зерен и колебаний их размеров вершины зерен находятся на разной высоте и различно участвуют в работе шлифования в зависимости от удельного давления на шкурку.

Исследования микротопографии зерен шлифовальных шкурок показали, что лишь небольшой процент их (0,5—2%) участвует в процессе резания. Остальные зерна пассивны.



Рис. 185. Микрошлиф поперечного сечения шлифовальной шкурки для шлифования древесины

Наглядное представление о топографии шлифовальной шкурки дает микрошлиф ее участка, представленный на рис. 185. Как видно из микрошлифа, вершины абразивных зерен расположены на разных уровнях. В связи с этим для высококачественного шлифования необходимо обеспечение определенного контакта с поверхностью обработки древесины относительно большой протяженности шкурки. В этом случае по теории вероятности в контакт с древесиной вступает большое количество зерен и может быть обеспечено сплошное шлифование.

Так как удельное давление на шкурку определяет глубину внедрения зерен абразива и, следовательно, число активных зерен, участвующих в резании, оно оказывает основное влияние на производительность и качество шлифования.

В то же время удельное давление для цилиндрических станков определяет длину контакта цилиндра с древесиной, тем самым время контакта.

Таким образом, на производительность и качество шлифования влияет сочетание таких факторов, как зернистость шкурки, удельное давление, скорость подачи u , скорость резания v и длина контакта l_n шкурки с древесиной (длина утюжка, длина контакта цилиндра с упругой основой с древесиной).

Производительность шлифования обуславливается толщиной снимаемого слоя древесины за один проход ее в станке (η *мк*). Чаще всего, однако, по результатам исследовательских работ производительность выражается в объеме или весе сошлифованной с 1 см^2 поверхности древесины в одну минуту ($\text{см}^3/\text{см}^2\cdot\text{мин}$, $\text{г}/\text{см}^2\cdot\text{мин}$). Зная параметры шлифования (u , v , l_k), можно пересчитать этот показатель производительности в показатель толщины снимаемого слоя.

Качество шлифованной поверхности характеризуется ее микропрофилем — средним значением максимальной высоты неровностей $H_{\text{макс}}$ (по ГОСТ 7016—68 «Чистота поверхности древесины»).

Для обеспечения высокой производительности и хорошего качества шлифования шкурка должна иметь однородный состав зерен и их правильную ориентацию по высоте, обуславливающие большой процент активных зерен.

Во избежание забивания пор шкурки, засаливания ее, необходимо в зависимости от удельного давления и номера зернистости обеспечивать оптимальную длину контакта шкурки с древесиной. Так, по исследованию ВНИИДМаш (М. Н. Гиндина), длина утюжка должна быть 65—125 *мм* для шкурок № 10 — 32.

При определении оптимальных режимов шлифования надо руководствоваться назначением шлифования.

Черновое шлифование древесины применяется в тех случаях, когда максимальная высота неровностей обработки, предшествующей черновому шлифованию, составляет $H_{\text{макс}} \geq 0,15 \div \div 0,25$ *мм*. При черновом шлифовании оптимальный режим должен устанавливаться в основном по оптимальной стойкости шкурки.

Чистовое шлифование применяется для подготовки поверхности древесины к отделке лаками или политурами. В связи с этим оптимальный режим шлифования должен устанавливаться в основном в зависимости от требуемого качества поверхности $\nabla\partial 9$ — $\nabla\partial 10$ (по ГОСТ 7016—68).

На рис. 186 в качестве примера приведен график зависимости производительности (q , $\text{мг}/\text{см}^2\cdot\text{мин}$), качества поверхности шлифования ($H_{\text{макс}}$) и стойкости шкурки ($T_{\text{мин}}$). Из этого графика, составленного по данным исследования доц. А. В. Андрезена (шлифование древесины березы на шлифовальном цилиндре), видно, что производительность шкурки резко падает в первый этап ее работы (10—15 *мин*). Этот этап можно считать как бы «правкой» поверхности шкурки. Второй этап характеризуется устойчивой работой шкурки. Последующий период работы шкурки (третий этап) характеризуется потерей абразивными зернами режущих свойств и интенсивным засаливанием поверхности шкурки, что сопровождается значительным выделением тепла из-за трения скольжения тупых зерен

о поверхность древесины. Происходит прижигание поверхности древесины и полная потеря шкуркой шлифующих способностей.

Первый и второй этапы работы в основном определяют срок нормальной работы шкурки и характеризуют ее стойкость.

Стойкость шкурки T зависит от удельного давления шлифования P , скорости резания v , зернистости абразивных зерен и их износоустойчивости.

Износоустойчивость абразивных зерен в свою очередь определяется их твердостью и динамической прочностью. Зерна из

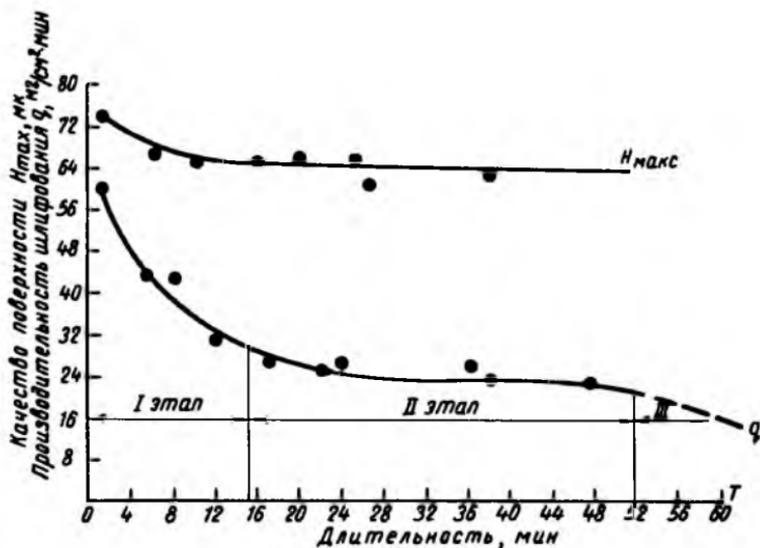


Рис. 186. Графическая зависимость производительности и чистоты шлифования древесины от длительности работы шкурки

твердого сплава ВК6, обладая примерно той же твердостью, как и зерна электрокорунда, имели повышенную динамическую прочность, в результате чего обеспечивали высокую износоустойчивость. Эти зерна целесообразно применять для комбинированного инструмента, например дисковой пилы, покрытой на основе фенольных смол зернами абразива ВК6. В результате применения такого инструмента распиловка совмещается со шлифованием.

При определенных параметрах шкурки и технических данных станка основное определяющее влияние на стойкость шкурки, производительность и качество шлифования оказывает удельное давление. В связи с этим особенно важным является его обеспечение. Для этого необходимо модернизировать шлифовальные станки, не имеющие приспособления для нормирования давлений (пневмоприжима утюжков, тарирования давлений цилиндров и пр.).

В табл. 48 приведены оптимальные режимы шлифования на ленточном шлифовальном станке.

Режимы шлифования для трехцилиндровых станков при следующих условиях их работы: порода древесины — береза, бук, абразивный материал — кремль, электрокорунд, скорость

Таблица 48

Оптимальные режимы шлифования на ленточном шлифовальном станке
(по данным исследований канд. техн. наук Е. Г. Зюнова)

Допускаемая высота неровности	Скорость резания, м/сек	Порода древесины	Зернистость	Удельное давление, кгс/см ²	Примечание
Черновое шлифование					
20—100	30	Береза Дуб	80; 50; 40	0,015—(0,035) 0,020—(0,040)	Удельное давление в скобках относится к случаю снятия провесов в рамных и щитовых конструкциях
Чистовое шлифование					
10	30	Береза Дуб	25; 16 92; 10 25; 16 12; 10	0,02—(0,015) 0,009—(0,01) 0,027—(0,025) 0,02—(0,025)	Удельное давление в скобках соответствует величине припуска на шлифование выше 0,15 мм

Таблица 49

Режимы шлифования на трехцилиндровых шлифовальных станках
(по данным исследований канд. техн. наук Е. В. Жукова МЛТИ)

Обрабатываемые поверхности	Класс чистоты по ГОСТ 7016—54	Рекомендуемые скорости подачи (м/мин) при постовах шлифовальной шкурки		
		50—25—16	40—32—25	40—16—10
Строганая фанера	▽ d 4	2—4	2—4	—
Клееная и строганая фанера	▽ d 5	4—6	4—6	4
	▽ d 6	6—8	6—8	4—6
	▽ d 7	12	12	8—12
После цилиндрического фрезерования	▽ d 5	4	4	—
	▽ d 6	6	6	4
	▽ d 7	8	8	6
	▽ d 8	12	12	8
	Δ d 9	12	12	12
После шлифования	▽ d 8	9	8	9

резания — 23 м/сек, величина осциллирования — 11 мм представлены в табл. 49.

Нитроцеллюлозные шпаклевочные полиэфирные лаковые прозрачные покрытия рекомендуется ВПКТИМ шлифовать при режимах и номерах шкурки, представленных в табл. 50.

Т а б л и ц а 50

Режимы шлифования шпаклевочных и лаковых покрытий

Параметры режима	Шлифование шпаклевочных покрытий	Шлифование полиэфирных покрытий
Скорость резания, м/сек	14—16	22—24
» подачи, м/мин	2—3	2—3
Удельное давление, кгс/см ²	0,04—0,05	0,06—0,07
Номер шлифовальной шкурки	5—6	6—M40

Конструктивные особенности органов шлифования и уход за шлифовальной шкуркой

Для ленточного шлифования шлифовальную ленту вырезают из рулона определенной длины и ширины. Склеивание ее концов производится под углом 45° встык; шлифовальная лента наклеивается на полотняную ленту шириной 100—200 мм, как показано на рис. 187, а. Такой способ склеивания обеспечивает плавное, безударное набегающее шва на шкивы. Практикуется также склеивание шлифовальной ленты внахлестку (рис. 187, б); в этом случае на одном конце ленты удаляют абразивную насыпку на протяжении 80—100 мм, затем на обнаженную основу, смазанную клеем, накладывают другой конец ленты. Шов зажимают и высушивают.

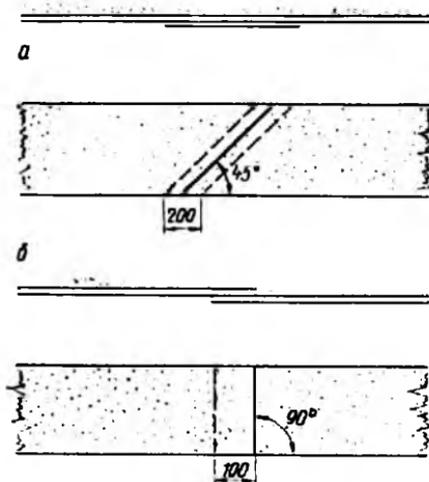


Рис. 187. Соединение абразивной ленты:

а — встык; б — внахлестку

Шлифовальные цилиндры (барабаны) в шлифовальных станках имеют различную конструкцию в соответствии со способом навивки на них шлифовальной ленты. В практике встречаются два способа навивки и закрепления ленты на цилиндре: по спирали и по образующей цилиндра.

При первом способе навивки ленты (рис. 188, а) полый цельностальной цилиндр имеет по торцам диски с натяжным винтом, рычагом и затяжным стальным поясом. На цилиндр натягивается фетр, который обматывается тонкой проволокой, утопленной в спиральных канавках цилиндра. Фетр выкраивается перед навивкой по специальному шаблону.

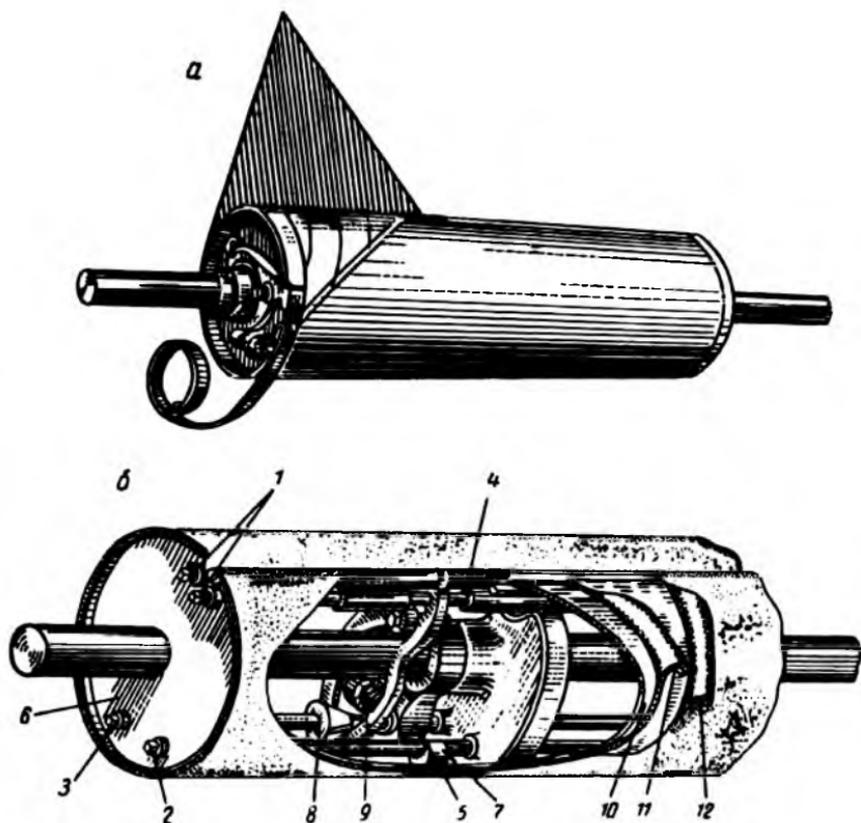


Рис. 188. Конструкции шлифовальных цилиндров:

а — со спиральной навивкой абразивной ленты; б — с навивкой ленты по образующей цилиндра; 1, 2, 3 — винты; 4 — натяжной валик; 5 — затяжное устройство; 6 — стенка цилиндра; 7 — кулачок; 8 — конус; 9 — пружина; 10 — цилиндр; 11 — фетровая подкладка; 12 — шлифовальная шкурка

При навивке фетра на цилиндр надо тщательно следить за плотностью его прилегания. Края фетра в местах стыка не должны перекрывать друг друга. Проволоку, обматывающую фетр, необходимо натягивать плотно, в строгом соответствии с направлением канавок, нанесенных на наружной стороне цилиндра, причем диаметр проволоки должен соответствовать глубине канавок. Проволока ни в коем случае не должна выступать выше поверхности фетра.

При навивке шлифовальной ленты по этому способу поверхность цилиндра получается совершенно замкнутой, что является преимуществом данного способа навивки.

Рекомендуемый постав шкурок для отдельных цилиндров приведен в табл. 49.

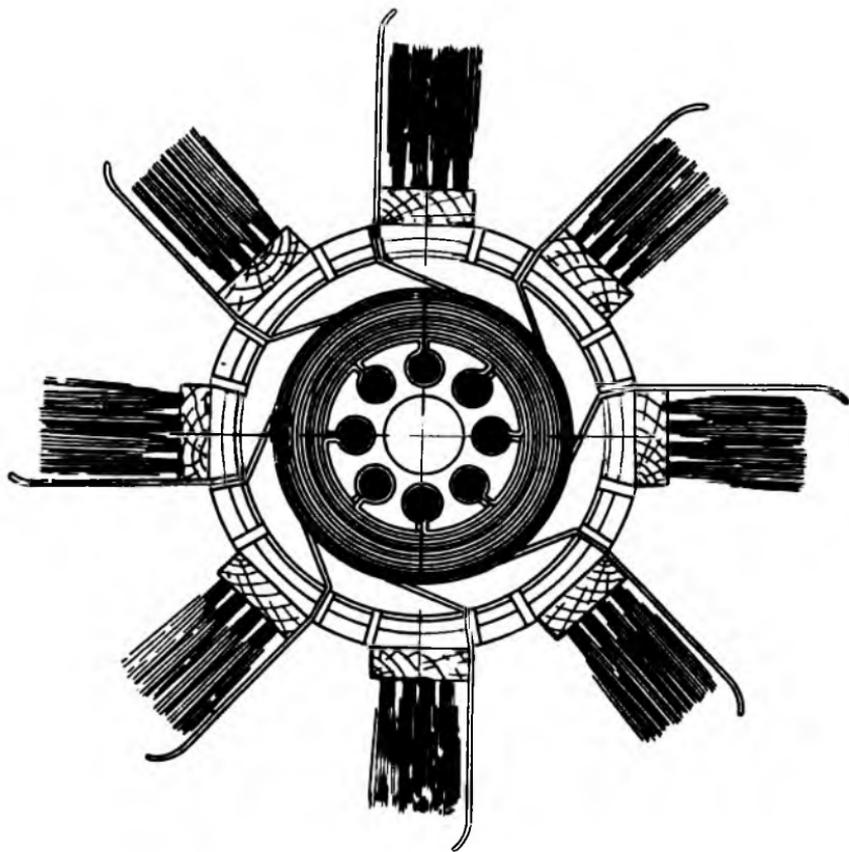


Рис. 189. Щеточная шлифовальная головка

Для широколенточных шлифовальных станков, на которых шлифуют — калибруют древесностружечные плиты или щитовые изделия, широкой шлифовальной ленты в Советском Союзе не выпускается, поэтому ее следует склеивать из лент стандартной ширины (по специальным шаблонам).

Шлифование профильных деталей лучше всего осуществлять на специальных щеточно-шлифовальных головках. Щетки, в которых пучки щетины расположены в несколько рядов, представляют собой упругое основание. При соприкосновении с деталью

во время вращения пучки щетины, а вместе с ними и шлифовальная шкурка плотно, с определенным давлением (в силу упругости щетин щетки) облегчают деталь и шлифуют ее правильную поверхность.

Для лучшего облегчения сложного профиля обрабатываемой детали шлифовальную шкурку разрезают на полоски. На рис. 189 приведена схема устройства щеточно-шлифовальной головки. На внутреннюю втулку наматывают отдельные полоски шкурки и пропускают через прорези внешнего кольца впереди щетины щетки. По мере износа шкурки концы ее вытягивают с вальца и изношенную часть отрезают.

Во Львовском лесотехническом институте под руководством А. И. Яцука разработаны абразивные круги для шлифования древесины и древесных материалов. В качестве абразивного материала применяются зерна из измельченного стекла, связующим материалом является бакелитовая смола. Круги обладают свойством самонатачиваемости. Они могут иметь различную фасонную поверхность для шлифования фасонной поверхности деталей из древесины.

Шлифовальные материалы и инструмент для заточки стального дереворежущего инструмента

Неудовлетворительная заточка режущего инструмента — сильно наварившиеся заусенцы на режущих кромках, засинение лезвия, завороты носков и пр. — происходит не только вследствие неисправного состояния шлифовального станка и неправильной работы на нем, но также из-за неправильного выбора шлифовального круга.

При выборе шлифовального круга должны учитываться:

- материал шлифующих зерен;
- величина зерен (зернистость);
- род связки;
- твердость связки;
- структура круга;
- окружная скорость шлифовального круга;
- размер и форма круга.

Материал. Пригодность шлифующего материала (зерен) для заточки инструмента определяется его твердостью и в то же время эластичностью, под которой понимается способность оказывать определенное сопротивление ударам и режущим силам и не расщепляться. Твердость шлифующих зерен должна быть выше твердости затачиваемого инструмента. Для заточки стального инструмента употребляется преимущественно искусственный шлифующий материал — корунд, представляющий синтетический продукт, в котором кристаллического глинозема (окиси алюминия) содержится 92—98%. Искусственный корунд получается в результате плавления в электрических печах боксита —

глины, состоящей главным образом из окиси алюминия Al_2O_3 , кремнекислоты SiO_2 и окиси железа Fe_2O_3 (хибинских нефелинов, уральских бокситов, ганджинских алунитов).

Твердость искусственного корунда по шкале Мооса равняется девятой степени. Следующим по твердости идет алмаз (десятая степень), тогда как твердость самой твердой закаленной стали равняется восьмой степени.

Инструмент с пластинками из твердых сплавов затачивают на специальных карборундовых кругах из карбида кремния КЗ и эффективней всего посредством алмазных кругов.

Зернистость. Абразивные зерна кругов разделяются на группы, номера и размеры в соответствии с ГОСТ 9206—59 (см. табл. 45).

Выбор зернистости круга зависит от требуемой чистоты шлифования. Крупнозернистые круги ускоряют процесс заточки, но заточенная крупным зерном грань инструмента имеет более крупные штрихи и заусенцы по бокам. Мелкозернистые круги скорее засаливаются, вследствие чего увеличивается опасность засипания оттачиваемой грани инструмента.

Шлифовальные круги изготавливаются из зерен разных номеров, причем максимальное количество зерен имеет размеры соответственно предъявляемым к ним требованиям зернистости. Так, например, шлифовальный круг зернистости 50 имеет в основном зерна № 50 и частично зерна № 80, 40 и даже 25. Это объясняется необходимостью получить шлифовальный круг определенной пористости.

Род связи. В зависимости от состава различают следующие связи шлифовальных кругов: эластичную, минеральную и керамическую. Для сухой заточки пил и прочего инструмента применяют шлифовальные круги главным образом на эластичной связке, а для заточки инструмента, работающего с водяным охлаждением, — на керамической связке. В качестве эластичной связи применяется в основном бакелит или резина.

Шлифовальные круги на керамической связке бывают двух видов: прессованные и литые. Связующим материалом этих кругов является керамическая масса различных составов (каолин, кварц, полевошпат и пр.). Изготовление шлифовальных кругов на керамической связке несколько сложнее и продолжительнее, чем на эластичной. Шлифовальные круги на керамической связке чаще всего применяются для ножеточильных станков с водяным охлаждением.

Твердость шлифовального круга. Под твердостью круга понимают прочность связки, характеризующую усилием, которое нужно приложить, чтобы вырвать шлифующее зерно с поверхности круга (силу сцепления шлифующих зерен между собой). Твердость круга зависит не от твердости зерен, а исключительно от сцепляющих сил связки, формы и величины зерен.

Связка должна быть прочной до определенного момента.

Пока зерно режет, связка должна крепко его удерживать, но как только зерно затупилось, перестает резать и начинает только нагревать обрабатываемый предмет, связка должна обеспечить возможность затупившемуся зерну оторваться, чтобы в работу вступило новое, острое зерно. Различные условия работы (твердость и химический состав материала затачиваемого инструмента, число оборотов и диаметр круга, толщина снимаемой стружки, скорость подачи и пр.) вызывают более быстрое или более медленное затупление зерен, поэтому крепость связки должна быть также различной (табл. 51).

Проявление твердости круга существенно зависит от скорости его вращения. Круг кажется тверже (более устойчивым) при большем числе оборотов; при малом числе оборотов круг, наоборот, кажется более мягким. При работе твердыми кругами во избежание засинения лезвия затачиваемого инструмента рекомендуется несколько уменьшить число оборотов круга (скорость резания), скорость

же подачи инструмента увеличить. Таким образом уменьшается количество участвующих в работе зерен и тем самым повышается усилие, приходящееся на зерно.

Указанным мероприятием устраняется засаливание поверхности круга, происходящее, как было указано раньше, оттого, что усилия для вырывания затупившегося зерна недостаточно и пористость шлифовального круга мала.

Некоторое влияние на твердость круга оказывает и твердость стали затачиваемого инструмента, а также ее состав. Так как затупившееся зерно скорей должно выпасть из круга и так как твердый материал быстрее затупляет шлифовальные зерна, чем мягкий, твердость круга находится в обратной зависимости от твердости стали затачиваемого инструмента.

На твердость круга влияет и величина шлифующих зерен. Длительность работы кругов из одного и того же материала и одной и той же связки неодинакова. Круг крупнозернистый будет казаться мягче, а мелкозернистый тверже, так как в первом случае на долю каждого зерна (при меньшем их числе) будет приходиться большая работа, они будут скорей затупляться, вызывать большие усилия, и круг будет больше и быстрее изнашиваться, т. е. становиться как бы более мягким. Поэтому круги крупнозернистые выбирают более твердые, а мелкозернистые — более мягкие.

В дополнение к приведенному необходимо указать следующие

Т а б л и ц а 51

Обозначение степени твердости кругов (по ГОСТ 3751 — 47)

Наименование	Обозначение
Мягкие	$M_1; M_2; M_3$
Среднемягкие	$CM_1; CM_2$
Средние	$C_1; C_2$
Среднетвердые	$CT_1; CT_2;$ CT_3
Твердые	$T_1; T_2$
Весьма твердые	$VT_1; VT_2$
Чрезвычайно твердые	$CT_1; CT_2$

щее: сухое шлифование требует более мягких кругов, чем шлифование с охлаждением. Для заточки инструмента из быстрорежущей стали применяют круги мягче, чем для заточки инструментов из углеродистой стали; чем шире рабочая поверхность круга, тем мягче он должен быть; чем уже рабочая поверхность, тем тверже должен быть круг.

Для определения твердости (стойкости) шлифовального круга нет еще достаточно точного и удобного прибора, поэтому стойкость устанавливают на основании эксплуатационных исследований. Показателями твердости являются: удельный расход круга — коэффициент работоспособности k , равный отношению веса снятого металла к весу изношенной части шлифовального круга, и качество заточки инструмента. Хорошее качество эластичного шлифовального круга характеризуется высоким коэффициентом ($k = 7 \div 10$) и нормальной заточкой — без поджогов — засинений затачиваемых граней инструмента.

Выправление профиля шлифовального круга, искажающегося в процессе заточки, производится посредством специальных шарошек. Такой же правке подвергают шлифовальные круги в тех случаях, когда требуется, чтобы их профиль соответствовал тому или иному профилю зубьев пил или другого инструмента. Для высококачественной заточки инструмента шлифовальные круги должны подвергаться статической балансировке.

Структура шлифовального круга. Структура характеризует строение шлифовального инструмента в зависимости от количественного соотношения между зернами, связкой и порами в единице объема. Шлифовальный инструмент имеет 13 номеров структур (0—12), которые делятся на три группы: плотные (№ 0, 1, 2, 3); среднелотные (№ 4, 5, 6) и открытые (№ 7, 8, 9, 10, 11 и 12). Чем выше номер, тем больше поры в шлифовальном инструменте.

Процесс изготовления керамических прессованных кругов позволяет делать их с открытой структурой. При изготовлении пористого круга абразивные зерна, связующий материал и выгорающий наполнитель (каменный уголь или древесные опилки) смешивают в определенной пропорции. После этого смесь спрессовывают и обжигают. При обжиге наполнитель выгорает, вследствие чего образуются поры.

Открытая пористость круга благоприятно действует на его самозатачиваемость и вентилируемость, способствует образованию воздушных вихревых потоков, охлаждающих затачиваемый инструмент и предохраняющих его от ожогов. Большая пористость при уменьшенной зернистости содействует хорошему размещению стружки в порах круга, благодаря чему уменьшается склонность его к засаливанию. Кроме того, пористые круги обладают меньшей массой, что очень важно для скоростного шлифования (при скоростях 40—50 м/сек), сопровождающегося большими центробежными силами. По данным исследований

Н. Т. Разумова (СибЛТИ), керамические круги ЭБ40СТ1К9 открытой структуры, изготовленные на Косулинском абразивном заводе, показали увеличенную в 7 раз стойкость при заточке рамных пил (со скоростью резания 48 м/сек) по сравнению с бакелитовыми кругами при хорошем качестве заточки, отсутствии поджогов зубьев и засаливании круга.

Преимущества пористых керамических кругов с открытой структурой неоспоримо, поэтому их всемерно следует внедрять в практику инструментального дела деревообрабатывающих производств.

Форма и размеры шлифовальных кругов зависят от назначения и конструкции шлифовального станка и затачиваемого инструмента. В табл. 52 приведены основные данные шлифовальных кругов (мм), которые могут быть использованы для заточки дереворежущего инструмента.

Особой разновидностью абразивного инструмента являются шлифовальные головки (ГОСТ 2447—60), применяющиеся для заточки мелкого и сложного по форме инструмента (сверл, специальных фрез и пр.).

Маркировка шлифовального круга. В маркировке круга отражается его полная характеристика: шлифующий материал, зернистость, твердость, связка, структура, форма, размеры и максимальная окружная скорость вращения.

Пример маркировки:

Э40СТ1К9 ЗП200×10×127 30 м/сек.

Это означает: шлифовальный круг из электрокорунда зернистостью 40, средней твердости 1, на керамической связке, структура № 9; форма плоская, с наружным диаметром 200 мм, толщиной 10 мм, диаметром отверстия 127 мм, окружная скорость вращения не более 30 м/сек.

Выбор шлифовального круга. В соответствии с приведенными положениями в табл. 53 указаны данные шлифовальных кругов для заточки инструмента, основанные на специальных исследованиях и практических данных. Для устранения заусенцев с лезвий инструмента, затаченного шлифовальным кругом, и для придания им большей остроты применяются оселки; процесс обработки инструмента оселком называется правкой.

Правке оселком должен подвергаться весь дереворежущий инструмент, так как это увеличивает срок его службы. Для правки лезвий применяются оселки, изготовленные из естественного или искусственного материала. Лучшими по качеству являются оселки из естественного материала.

Они представляют мелкокристаллический кремнезем, связанный кристаллическим кальцитом. Твердость этих оселков зависит от содержания в них кремнезема. Так, очень твердыми являются оселки (обычно темного цвета) с содержанием кремнезема до 98%. Оселки из искусственного материала (ГОСТ

Шлифовальные круги для заточки дереворежущего инструмента

Эскиз	Наименование	D	H	d
Для заточки пил				
	Форма 3П ГОСТ 2424 — 60	300	8	75; 127
		300	10	75; 127
		300	13	75; 127
Для заточки фрез				
	Тарельчатый, форма 2Т ГОСТ 2424 — 60	175	16	32
		175	20	32
Для заточки малых фрез и цепей				
	Тарельчатый, форма 1Т ГОСТ 2424 — 60	70	8	13
		100	10	20
		125	13	32
		150	16	32
Для заточки ножей				
	Чашко-цилиндрический, форма ЧЦ ГОСТ 2424 — 60	150	80	32
		200	63	32
		250	100	150
	Плоский прямой, форма ПП ГОСТ 2424 — 60	300	25	75

Эскиз	Наименование	D	H	d
Для заточки сверл и мелкого инструмента				
	Форма 4П	75	6	13
	ГОСТ 2424 — 60	100	6	20
		150	6	32

2456—60) — электрокорундовые подразделяются по твердости (грубые, средние); они применяются главным образом для грубой правки дереворежущего инструмента.

Форма и размеры оселков весьма разнообразны и зависят от формы инструмента, для правки которого предназначаются.

Таблица 53

Данные шлифовальных кругов для заточки дереворежущего инструмента

Затачиваемый инструмент	Шлифовальный круг			
	материал	связка	зернистость	твердость
Рамные пилы	Электрокорунд	Эластичная	50—40	C ₁ —CT ₁
Круглые пилы	То же	То же	50—40	C ₁ —CT ₁
Строгальные ножи	»	Керамическая	40—25	M ₂ —C ₁
Фасонные ножи	»	То же	40—25	CM ₁ —CT ₁
Фрезы	»	»	40—25	M ₁ —CT ₁
Сверла	»	»	40—25	CM ₁ —C ₁
Фрезерные цепи	»	»	25	CM ₁ —CT ₁

При правке инструмента оселок смачивают маслом. Масло, обладающее вязкостью, препятствует забиванию мельчайших стружек в поры оселка. Засалившиеся и загрязнившиеся оселки промывают в бензине.

Для доводки лезвий ножей применяют мелкозернистые оселки из естественного абразивного материала.

Более эффективным способом доводки станочных инструментов является применение шлифовальных кругов из борозона, о чем изложено в главе III.

Шлифовальные материалы и инструмент для заточки и доводки дереворежущего инструмента с пластинками из твердого сплава

Успешная эксплуатация твердосплавного дереворежущего инструмента, обуславливающая высокую стойкость инструмента, производительность и качество обработки, зависят главным обра-

зом от качества его заточки и доводки. Поэтому на производстве им должно быть уделено особенно серьезное внимание.

На качество и производительность заточки большое влияние оказывают правильный выбор абразивных кругов и их рациональная эксплуатация. Для заточки дереворежущих инструментов с пластинок из твердых сплавов применяют в качестве шлифующего материала карбид кремния КЗ и алмаз. Доводку инструментов производят при помощи алмазных кругов или паст из карбида бора.

В результате сравнительных исследований эффективности заточки и доводки твердосплавных дереворежущих инструментов различными абразивными материалами — кругами из КЗ и кругами из синтетических алмазов АС Украинский научно-исследовательский институт синтетических сверхтвердых материалов и инструмента пришел к следующим выводам:

1. Стойкость дереворежущего инструмента, заточенного и доведенного кругами из синтетических алмазов, увеличивается по сравнению со стойкостью инструмента, заточенного кругами из КЗ и доведенными пастой карбида бора, в среднем в 2 раза. Кроме того, резко уменьшается трудоемкость и повышается производительность многолезвийного режущего инструмента, в результате чего расходы по уходу и эксплуатации твердосплавного инструмента на единицу выпускаемой продукции снижаются в 2—3 раза.

2. Благодаря высоким режущим свойствам алмазов значительно улучшается качество затачиваемых поверхностей и режущих кромок твердосплавного инструмента. Так, чистота, поверхности при заточке и доводке алмазными кругами равна $\nabla 9$ — $\nabla 10$ классам, или на 1—2 класса выше, чем при заточке и доводке кругами из КЗ и доводке пастой карбида бора.

В связи с этими выводами рекомендуется применять для заточки и доводки твердосплавных дереворежущих инструментов алмазные круги из синтетических алмазов и лишь в случае отсутствия алмазных кругов применять круги из зеленого карбида кремния КЗ.

Следует применять шлифовальные круги из КЗ твердостью МЗ—СМ1, керамические, со структурой 7—8. В зависимости от характера заточки применяют шлифовальные круги КЗ следующей зернистости: для грубой заточки 40—25; для окончательной заточки 25—16; для доводки применяют круги на бакелитовой связке Б со структурой 4—5 и зернистостью 8. Окончательная доводка твердосплавных инструментов производится пастами из карбида бора зернистостью М14 на чугуновых дисках.

При заточке твердосплавных инструментов необходимо стремиться к тому, чтобы кругами из карбида кремния или алмазными кругами затачивалась только режущая часть инструмента и возможно меньше шлифовались остальные участки тела зуба или реза из стали. В связи с этим твердосплавные дереворежу-

щие инструменты проектируют таким образом, чтобы твердый сплав можно было шлифовать и доводить, не затрагивая в основном тело зуба-резца. Для шлифования тела зуба лучшим абразивным материалом является электрокорунд Э.

В последние годы в связи с открытием в Советском Союзе богатейших месторождений алмазов в Якутии и изготовлением искусственных, синтетических алмазов для заточки и доводки твердосплавных инструментов стали применяться в основном алмазные шлифовальные круги. При этом по результатам исследований НИИ сверхтвердых материалов и инструментов, эксплуатационные качества шлифовальных кругов из синтетических алмазов АС превосходят эти качества кругов из естественных алмазов.

Алмазные круги характеризуются зернистостью алмазов, их концентрацией в алмазном слое, связкой и степенью твердости. Зернистость алмазных кругов для окончательной шлифовки и доводки выбирают в соответствии с требованиями чистоты обработки инструмента и производительностью операций.

Концентрация алмазного круга определяется весом алмазов в 1 мм^3 алмазного слоя. В основном алмазные круги изготовляют 50%-ной концентрации ($0,439 \text{ мг/мм}^3$). Алмазные круги делают с алюминиевым корпусом на бакелитовой связке или с медным корпусом на металлической связке. Чаще всего используют алмазные круги на бакелитовой связке. Эти круги дают высокие чистоту поверхности и производительность. Алмазные круги имеют твердость связки: бакелитовой СМ—С2; металлической С2—Т1. При заточке и доводке твердосплавных дереворежущих инструментов рекомендуется применять алмазные круги следующей зернистости: АС16—АС12—для грубой предварительной заточки; АС10—АС8—для чистовой заточки поверхности с чистотой 8—9 классов; АС6—АС4, АСМ40—для доводки поверхностей с чистотой 10—12 классов.

Формы и размеры алмазных кругов, наиболее подходящие для заточки и доводки твердосплавных дереворежущих инструментов, представлены в табл. 54.

Для наибольшей эффективности от применения алмазных кругов необходимо соблюдать требования рациональной эксплуатации их, основными из которых являются:

радиальное и осевое биение шпинделя станка, на котором устанавливается алмазный круг, не должно превышать $0,005—0,008 \text{ мм}$;

биение посадочной поверхности оправки под круг не должно быть более $0,01 \text{ мм}$, а биение рабочей поверхности алмазного круга при установке его на шпинделе станка — $0,02 \text{ мм}$; снятие круга с фланцев или оправок до износа не рекомендуется.

Заточка и доводка твердосплавных дереворежущих инструментов должны производиться на заточных станках, имеющих повышенную жесткость (ТчПТ, ЗА64М и других).

Таблица 54

Форма, размеры и характеристика алмазных кругов для заточки и доводки твердосплавного
дереворежущего инструмента (по ГОСТ 9770 — 61)

Эскиз	Наименование	Обозначение	Основные размеры, мм				Вес алмазов при 50%-ной концентрации, карат	Назначение
			D	b	S	d		
	Плоские с выточкой	АПВ	150	5	3	32	14,98	Чистовая заточка и доводка фасок ножей, боковых поверхностей
			150	10	3	32	28,94	
			200	10	3	32	39,28	
	Алмазные тарелки	АТ	75	5	1,5	20	3,60	Чистовая заточка и доводка передней поверхности фрез, сверл, пил
			100	3	1,5	32	3,00	
			100	5	1,5	32	4,90	
			125	3	1,5	32	3,78	
			125	5	1,5	32	6,20	
	Алмазные чашки конические	АЧК	75	3	3,0	20	4,46	Чистовая заточка и доводка фасок ножей, фрез, фрезерных головок, сверл, боковых поверхностей пил
			100	3	3,0	32	6,00	
			100	5	3,0	32	9,80	
			100	10	3,0	32	18,60	
			125	3	1,5	32	7,56	
			125	5	1,5	32	12,40	
			125	10	3,0	32	23,78	
	Плоские прямого профиля	АПТ	125	5	3	32	7,56	Круглое наружное шлифование фрез, фрезерных головок, сверл, поднутрение круглых пил, шлифование ножей и пил
			125	10	3	32	12,60	
			150	5	3	32	15,20	
			150	10	3	32	30,39	
			200	5	3	32	20,36	
			200	10	3	32	40,63	

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Раздел первый	
Общие сведения о режущем инструменте и материале для него	4
<i>Глава I.</i> Общие сведения о режущем инструменте	4
Роль режущих инструментов в развитии технологии и техники де- ревообработки	4
Научные проблемы и практические задачи совершенствования кон- струкций дереворежущих инструментов и методов их подготовки к работе	5
Основные требования, предъявляемые к оптимальной конструкции дереворежущего инструмента	7
Классификация инструмента	8
Основные части режущего инструмента	10
Угловые параметры режущих элементов	11
Рабочий чертеж инструмента и технические условия на его приемку	17
<i>Глава II.</i> Материалы для дереворежущего инструмента	19
Условия работы дереворежущих инструментов и физическая сущ- ность их износа	19
Характер затупления режущих элементов	28
Материалы для дереворежущего инструмента	32
Выбор материала дереворежущего инструмента для разных усло- вий работы	40
Термическая обработка дереворежущего инструмента	44
<i>Глава III.</i> Основные направления и способы увеличения износоустой- чивости дереворежущего инструмента	46
Дереворежущий инструмент с пластинками из твердых сплавов	47
Наплавка на режущие элементы инструментов износоустойчивых материалов	54
Электроконтактная закалка зубьев пил	55
Методы улучшения качества поверхности режущих граней инстру- мента	57
Раздел второй	
Пилы	60
<i>Глава IV.</i> Рамные пилы	60
Конструирование рамных пил	61
Вальцевание и правка полотен рамных пил	65
Установка, закрепление и выверка пил в лесопильной раме	72
<i>Глава V.</i> Дисковые пилы	83
Конструирование дисковых пил	83
Придание дискам пил правильной формы и напряженного со- стояния	102
Современные методы компенсации температурных напряжений в дисках пил	118
Установка дисковых пил в станок	122
<i>Глава VI.</i> Ленточные пилы	126
Конструирование ленточных пил	126
Вальцевание и правка ленточных пил	132
Ремонт полотен ленточных пил	137
Установка ленточных пил в станок	143
<i>Глава VII.</i> Уход за зубьями пил	148
Заточка и штампование зубьев пил	148

Развод зубьев пил	156
Плющение и формирование зубьев пил	160
Раздел третий	
Фрезерный инструмент	167
<i>Глава VIII. Фрезы</i>	<i>167</i>
Основные понятия	167
Конструирование цельных фасонных фрез (теоретические положения)	172
Основные практические положения по конструированию цельных фасонных фрез	181
Типовые конструкции цельных фрез и фрез с пластинками из твердых сплавов	188
Составной и комбинированный фасонный фрезерный инструмент	200
<i>Глава IX. Фрезерный инструмент со вставными сменными резцами</i>	<i>207</i>
Ножевые головки с фасонными плоскими ножами с задней заточкой	209
Фрезы со вставными резцами с передней заточкой	217
Установка и закрепление фрез	228
<i>Глава X. Фрезерные (строгальные) ножи</i>	<i>230</i>
Конструкция ножевых валов и плоских строгальных ножей	230
Установка строгальных ножей	239
Заточка и доводка ножей	247
<i>Глава XI. Концевые фрезы</i>	<i>249</i>
Основные понятия о фрезах и их элементы	249
Концевые затылованные фрезы	256
Концевые незатылованные фрезы	261
Раздел четвертый	
Сверлильный, долбежный и прочий инструмент	268
<i>Глава XII. Сверлильный инструмент</i>	<i>268</i>
Основные понятия	268
Центровые сверла	272
Ложечные сверла	278
Спиральные сверла	280
Винтовые сверла	288
Зенкеры	293
Заточка сверл	296
Закрепление сверл и зенкеров	298
Точность и качество обработки сверл	299
<i>Глава XIII. Гнездообразующий инструмент</i>	<i>300</i>
Комбинированные квадратные полые долота со сверлом	302
Фрезерные цепи	306
Гнездовые долбежные фрезы	315
<i>Глава XIV. Шлифовальные материалы и инструмент</i>	<i>319</i>
Шлифовальные материалы и инструмент для шлифования древесины	320
Условия оптимальной работы шлифовальных шкур	326
Конструктивные особенности органов шлифования и уход за шлифовальной шкуркой	330
Шлифовальные материалы и инструмент для заточки стального дереворежущего инструмента	333
Шлифовальные материалы и инструмент для заточки и доводки дереворежущего инструмента с пластинками из твердого сплава	339