



И. Т. Глебов

**ДЕРЕВО-
РЕЖУЩИЙ
ИНСТРУМЕНТ**



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Уральский государственный лесотехнический
университет**

И.Т. Глебов

ДЕРЕВОРЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ

Учебное пособие

Екатеринбург 2002

УДК 674.05:621.9

Дереворежущий инструмент/ Глебов И. Т.; Урал. гос. лесотехн. ун-т, Екатеринбург, 2002. 197 с. ISBN 5–230–25703–9.

В учебном пособии даны общие сведения о дереворежущем инструменте, его износе, затуплении, стойкости, приводятся инструментальные материалы, сведения по их термообработке, расчету и проектированию дереворежущих инструментов. Описаны типовые конструкции дереворежущих инструментов различного функционального назначения и даны основы их рациональной эксплуатации.

Ил. 98. Табл. 36. Библиогр.: 18 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Уральского государственного лесотехнического университета.

Рекомендовано УМО по образованию в области лесного дела министерства образования Российской Федерации в качестве учебного пособия.

Рецензенты: научно-методический совет Уральского института подготовки и повышения квалификации кадров лесного комплекса,

Рысев В.Е., директор ООО Проектсервис

© И.Т. Глебов, 2002

ISBN 5–230–25703–9
ЛР N020371 от 12. 02. 97

© Уральский государственный
лесотехнический университет, 2002

Предисловие

Эта книга предназначена для студентов специальностей 170402 и 260200 лесотехнических вузов, изучающих конструкции и эксплуатацию дереворежущего инструмента. В настоящее время для изучения дисциплин "Резание древесины и дереворежущий инструмент" и "Оборудование отрасли" студентам рекомендуются учебники "Оборудование и инструмент деревообрабатывающих предприятий" (авторов Амалицкого В.В. и Санева В.И., 1992 г.) и "Дереворежущий инструмент" (автора Грубе А.Э., 1971 г.). В качестве дополнительной литературы рекомендуется справочник "Дереворежущий инструмент" (Морозов В.Г., 1988 г.). Однако указанных книг либо не хватает для организации учебного процесса, либо они уже физически и морально устарели.

Предлагаемое учебное пособие полностью соответствует требованиям государственных образовательных стандартов указанных специальностей. Порядок расположения материала в книге принят согласно установившейся практике чтения учебной дисциплины. Однако, учитывая непрерывное сокращение количества лекционных часов и увеличение доли самостоятельной работы студентов, некоторые вопросы изложены нетрадиционно. Формулировки, подлежащие запоминанию, выделены в тексте жирным шрифтом. Для повторения пройденного материала в разделах приведены контрольные вопросы.

Книга состоит из 4 частей.

В первой части приведены общие сведения о дереворежущем инструменте, даны основные понятия и определения.

Во второй части приведены сведения о материалах, применяемых при изготовлении инструментов, их термообработке.

В третьей части рассмотрены конструкции лезвийных и абразивных инструментов.

Четвертая часть посвящена вопросам подготовки и эксплуатации инструмента.

Термины и обозначения, использованные в книге, унифицированы, единицы измерения физических величин приведены в соответствии с действующими стандартами. Использован многолетний опыт преподавания дисциплины по режущему инструменту и результаты научных исследований в Уральской государственной лесотехнической академии.

Введение

Задачи и содержание курса. "Дереворежущий инструмент" – это учебная дисциплина для изучения конструкций инструментов, способов подготовки их к работе и эксплуатации. Эта дисциплина позволяет сформировать у студентов комплекс знаний, умений и навыков, необходимых для правильного выбора инструмента для деревообрабатывающих станков, и назначения рациональных методов его эксплуатации. Обучающийся должен понимать, каким образом режущий инструмент влияет на улучшение рационального и комплексного использования древесного сырья, повышение качества выпускаемой продукции и производительности труда.

Для достижения этого студент должен знать современные конструкции и назначение дереворежущего инструмента. Студент должен владеть методами подготовки режущего инструмента к работе, его эксплуатации и оценки технического состояния, а также уметь выполнять расчеты необходимого количества инструментов. Обучающийся должен получить представление о принципах организации инструментального хозяйства на предприятиях, методах изготовления и ремонта специального инструмента.

Все эти вопросы рассматриваются в данном учебном пособии.

Этапы совершенствования дереворежущего инструмента. Дереворежущий инструмент следует рассматривать как орудие труда, применяемое при ручной и механической обработке древесины.

Режущие инструменты появились еще в первобытном обществе, когда человек уже не мог обходиться работой только своих рук. При добытии огня трением первобытный человек заметил, что можно получить тела вращения и соответствующей формы отверстия.

Было замечено, что производительность труда при изготовлении тел вращения увеличивается с повышением скорости вращения орудия труда. Сначала орудие вращалось одной рукой, затем – ладонями обеих рук. На следующем этапе развития для вращения стали использовать веревку, обведенную вокруг орудия и перетягиваемую в противоположные стороны. Затем для привода орудия стали применять тетиву лука.

Орудием для получения отверстий в каменных предметах была деревянная палка, обмазанная песком. На смену палке пришли трубчатые предметы (полые кости, бамбук). Это позволило увеличить давление на камень и центрировать орудие.

Большое влияние на совершенствование режущих инструментов оказало открытие бронзы, железа.

В средние века по мере развития ремесленного производства количество видов режущего инструмента значительно расширяется, изменяется его конструкция. Однако инструмент предназначался пока только для ручных работ.

В мануфактурный период, когда произошло разделение труда на отдельные технологические операции, режущий инструмент создавался применительно к каждой операции. Однако и в этот период инструмент остается только ручным.

Появление токарного станка с ножным приводом и деревянной пружиной относится к XIII в. Для точения тогда применялись стальные резцы.

В 1671 г., согласно документам Пушкарского приказа [1], в России применялись токарные станки с ручным приводом от отдельного маховика с помощью варочных веревок. В качестве резцов применялись крюки, долота прямые и желобчатые. Для сверления использовались большие и малые напари (буравы).

С появлением машин область применения инструмента значительно расширилась. Конструкции инструмента и требования, предъявляемые к нему, изменились. Для изготовления станочного режущего инструмента были созданы специальные инструментальные стали, твердые сплавы, металлокерамические твердые сплавы.

В современных условиях совершенствование инструмента происходит в тесной взаимосвязи с развитием станкостроения и технологического процесса. Выбор инструмента делается с учетом технологического процесса обработки детали и станка, на котором выполняется конкретная технологическая операция. Хороший режущий инструмент обеспечивает высокую производительность труда при требуемом качестве обработки деталей. Роль режущего инструмента в современном производстве настолько велика, что у производителей ходит в обращении пресловутая фраза: "Все дивиденды предприятий сидят на острие режущего инструмента".

Производство современного режущего инструмента ведется на основе стандартизации и нормализации. Стандарты разработаны на конструкции различных видов инструмента, на технические условия для приемки их потребителем. Соблюдение стандартов обязательно для всех предприятий. Разработкой инструмента в нашей стране занимается Всероссийский научно-исследовательский инструментальный институт (ВНИИинструмент).

Роль режущего инструмента в совершенствовании станков. Любую современную деревообрабатывающую машину принято рассматривать как технологическую систему, содержащую станок, приспособление, инст-

румент, деталь (систему СПИД). В такой системе все составляющие элементы взаимосвязаны. Работа одного элемента зависит от состояния других. Поэтому изменение, усовершенствование одного из элементов становится возможным при изменении, усовершенствовании других частей системы.

Например, с использованием в мебельной промышленности и строительстве новых плитных материалов (древесностружечных и древесноволокнистых плит) возникла проблема их обработки. При обработке плит прежними режущими инструментами из инструментальных сталей инструмент быстро тупился, и его приходилось затачивать через каждые 10...15 мин. Задача была решена, когда режущий инструмент стали оснащать твердосплавными пластинами.

При создании многопильных станков и автоматических линий, на которых используется несколько режущих инструментов, возникла проблема повышения надежности режущих инструментов. Было недопустимо, чтобы хотя бы один из инструментов отказал при работе станка. Это привело бы к поломке станка или линии, к простоему дорогостоящего оборудования. Вопросы надежности режущих инструментов сейчас решаются по-разному. Инструментальщики владеют достаточным количеством приемов для решения этой задачи. Например, пилы многопильных станков охлаждают водовоздушной смесью.

В деревообрабатывающих станках нового поколения, например в четырехстороннем продольно-фрезерном станке модели С16Ф-2П, режущий инструмент заменяется из магазина автоматически по программе. Благодаря этому время переналадки станка сократилось с 1,5 ч до 2 мин. Но для этого инструмент имеет особую конструкцию, отвечающую требованиям автоматической замены его из магазина.

Таким образом, совершенствование системы СПИД всегда требует совершенствования конструкции и способов эксплуатации режущего инструмента.

Требования, предъявляемые к дереворежущему инструменту [2].

Требования технологические:

- высокая производительность;
- высокое качество обработки деревянных поверхностей;
- требуемая точность обработки деталей;
- достаточная износостойкость инструмента.

Требования монтажа инструмента:

- простота и точность подготовки к работе;
- легкость и точность установки инструмента в станок.

Требования к технологии изготовления инструмента:

- простота и точность изготовления;
- исключение брака термической обработки (поводки инструмента, трещин и т. д.).

Требования эксплуатационные:

- оптимальные линейные и угловые параметры;
- стабильность параметров при переточках;
- надежность в работе;
- эстетичный внешний вид;
- виброустойчивость;
- безопасность в работе;
- низкий уровень шума;
- длительный срок службы инструмента;
- низкая стоимость;
- соответствие требованиям действующих нормалей и стандартов.

Часть I
Общие сведения о дереворежущем
инструменте

1. Основные понятия и определения

1.1. Лезвие

Лезвие – клиновидный элемент режущего инструмента. Оно предназначено для проникновения в материал обрабатываемой заготовки и отделения срезаемого слоя. Элементами лезвия являются передняя поверхность, одна или несколько задних поверхностей, режущие кромки и углы, определяющие положение элементов лезвия в пространстве [3].

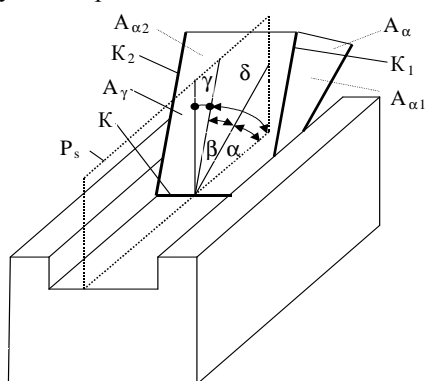


Рис.1. Элементы лезвия

поверхностями $A_{\alpha 1}, A_{\alpha 2}$.

Режущими кромками лезвия называют линии пересечения передней поверхности с задними. Часть режущей кромки, формирующая большую сторону сечения срезаемого слоя, называется главной режущей кромкой K , остальные – вспомогательными режущими кромками K_1, K_2 . Главная

Передней поверхностью лезвия A_{γ} называется поверхность, контактирующая в процессе резания со срезаемым слоем и стружкой (рис. 1).

Задней поверхностью лезвия A_{α} называется поверхность, контактирующая в процессе резания с поверхностью резания (она обращена к обработанной поверхности). Если у лезвия имеется несколько задних поверхностей, то одна из них называется главной задней поверхностью A_{α} , а остальные – вспомогательными задними

режущая кромка пересекается со вспомогательными режущими кромками в **вершинах** лезвия.

Относительное положение передней и задних поверхностей лезвия фиксируется главным и вспомогательными углами заострения. **Главный угол заострения β** измеряется между передней и главной задней поверхностями. Вспомогательные углы заострения измеряются между передней и вспомогательными задними поверхностями.

Положение лезвия на корпусе инструмента фиксируется либо задним, либо передним углами, либо углом резания.

Задний угол α – угол в секущей плоскости между задней поверхностью и плоскостью резания (см. рис. 1).

Передний угол γ – угол в секущей плоскости между передней поверхностью лезвия и основной плоскостью (нормалью к плоскости резания).

Угол резания δ – угол в секущей плоскости между передней поверхностью и плоскостью резания, равный сумме углов α и β . Сумма углов резания $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$.

1.2. Дереворежущий инструмент

Дереворежущий инструмент - это инструмент для обработки древесины и древесных материалов резанием. Конструктивно он состоит из корпуса, рабочей и крепежной частей.

Корпус - это часть режущего инструмента, несущая на себе все его элементы.

Рабочая часть содержит лезвия режущего инструмента.

Крепежная часть предназначена для установки и крепления режущего инструмента в технологическом оборудовании или приспособлении. Выполняется она в виде поверхности посадочного отверстия или хвостовика (стержня).

Виды режущих инструментов. Режущий инструмент может быть лезвийный или абразивный. Лезвийный режущий инструмент имеет заданное число лезвий установленной формы. Абразивный режущий инструмент на рабочей поверхности содержит неопределенное число частиц абразивного материала.

По форме корпуса лезвийный режущий инструмент подразделяется на дисковый, цилиндрический, конический и пластинчатый.

Дисковый режущий инструмент - это инструмент в форме тела вращения, толщина которого меньше его диаметра.

Цилиндрический режущий инструмент имеет форму тела вращения с режущими кромками на цилиндрической поверхности.

Конический (торцовый) режущий инструмент выполнен в форме тела вращения с режущими кромками на конической (торцовой) поверхности.

Пластинчатый режущий инструмент имеет форму пластины.

Режущий инструмент может быть цельным, составным и сборным.

Цельный режущий инструмент изготовлен из одной заготовки. Инструмент, выполненный с неразъемным соединением его частей и элементов, называют составным. **Составной** режущий инструмент может быть сварным, клееным, паяным. Режущий инструмент с разъемным соединением его частей и элементов называют **сборным**.

Сборный режущий инструмент, в котором предусмотрена регулировка размера рабочей части путем перемещения ножей, называется **инструментальной головкой**.

Лезвийный инструмент. Инструмент может быть **одно-** или **многолезвийный**. Если лезвия расположены на периферии корпуса, режущий инструмент называют **периферийным**, при расположении лезвий на торце - **торцовым** лезвийным инструментом, а при наличии на корпусе и тех и других зубьев - **периферийно-торцовым** инструментом.

Лезвийный инструмент, режущая кромка которого криволинейна и соответствует профилю детали, называется **профильным**. Он может быть фасонным и обкатным. **Фасонный** лезвийный инструмент формирует обработанную поверхность детали одновременно всеми точками режущей кромки. **Обкатной** лезвийный инструмент образует профиль обработанной поверхности путем огибания последовательных положений режущей кромки относительно заготовки.

По форме и положению режущей кромки в пространстве режущий инструмент подразделяют на прямозубый, косозубый и с винтовым зубом.

У **прямозубого** инструмента режущая кромка прямая и перпендикулярна направлению скорости главного движения. У **косозубого** инструмента режущая кромка прямая и неперпендикулярна направлению скорости главного движения. У инструмента с **винтовым зубом** режущая кромка является винтовой линией.

1.3. Классификация и обозначение инструментов

Весь дереворежущий инструмент подразделяется на **ручной** и **машинный**, а по способу крепления на станке – на **насадной** и **хвостовой**.

По материалу, из которого выполнены лезвия, инструмент подразделяют на следующие виды:

- стальной режущий инструмент;
- быстрорежущий инструмент;
- твердосплавный режущий инструмент;
- минералокерамический режущий инструмент;
- алмазный инструмент, его лезвия выполнены из синтетических алмазов или поликристаллов кубического нитрида бора.

С целью единого оформления технической документации в производстве нормами машиностроения [4] установлена десятичная система классификации и цифровых обозначений инструмента и приспособлений.

Единая система обозначения технологической оснастки используется в технической документации, при маркировке изделий, оформлении заявок, учете и хранении изделий.

Единая система классификации и условных обозначений устанавливает следующие ступени классификации инструмента и приспособлений: группа, подгруппа, вид, разновидность. Каждой классификационной ступени присваивается цифровая характеристика.

По назначению весь инструмент (режущий, контрольно-измерительный, вспомогательный для закрепления режущего инструмента в станке) и приспособления поделены на десять групп: 0; 1; 2; ... 8, 9.

Дереворежущий лезвийный инструмент помещен в третью группу и обозначается цифрой 3. Эта группа называется – инструмент для обработки резанием неметаллических материалов.

Инструмент вспомогательный для закрепления режущего инструмента в станке помещен в группу 6, а контрольно-измерительный – в группу 8.

Каждая группа поделена на десять подгрупп, например 30; 31; ... 39. Каждая подгруппа поделена на десять видов, например 340; 341; 342; ... 349. Наконец, каждый вид поделен на десять разновидностей, например 3420; 3421; 3422; ... 3429.

Для дереворежущего инструмента выделены следующие подгруппы: 30 - детали и узлы сборного инструмента; 31 – ножи и резцы; 32 - фрезерный инструмент; 33 - сверлильный, зенкерный, долбежный инструмент; 34 - пилы; 35 - зуборезный инструмент; 36 - резьбонарезной инструмент; 37 - резерв; 38 - ручной режущий инструмент; 39 - прочий инструмент.

Абразивный режущий инструмент помещен в подгруппу 27.

Обозначается режущий инструмент, например, так: 3420 - 0193. Первые четыре цифры (группа, подгруппа, вид, разновидность) определяют эксплуатационно-конструктивную характеристику инструмента, остальные цифры - порядковый номер типоразмера инструмента. В случае необходимости дополнительно к цифровому обозначению инструмента можно указать степень точности присоединительного размера инструмента и материал, например 3420 – 0193 Н8 9ХФ.

Ниже приведены определения основных видов лезвийного инструмента.

Пила. Многолезвийный инструмент с рядом зубьев, не выступающих один над другим, предназначенный для продольного, поперечного и смешанного разрезания. Пила имеет форму диска, полосы, бесконечной ленты.

Фреза. Многолезвийный инструмент с вращательным главным движением. Фрезы применяют для обработки плоских или профильных поверхностей деталей на станках фрезерных, фуговальных, рейсмусовых, шипорезных и т. д.

Нож. Зуб лезвийного инструмента, изготовленный отдельно и образующий с корпусом лезвийного инструмента разъемное соединение. Это пластинчатый режущий инструмент, применяемый на станках фрезерных, строгальных, лущильных, стружечных, рубительных машинах и т. д.

Сверло. Осевой режущий инструмент для образования отверстий в сплошном материале при вращательном главном движении резания и движении подачи вдоль оси главного движения резания.

Зенкер. Осевой многолезвийный режущий инструмент для обработки отверстий с вращательным главным движением резания и движением подачи вдоль оси главного движения резания. Зенкеры применяют для повышения точности формы отверстия и увеличения его диаметра.

Долото. Одно- или многолезвийный режущий инструмент с режущими кромками на торце с возвратно-поступательным главным движением резания и поступательным движением подачи перпендикулярно оси главного движения резания. Долота применяются для обработки в древесине прямоугольных или квадратных гнезд.

Резец. Однолезвийный инструмент для обработки с поступательным или вращательным главным движением резания и движением подачи в любом направлении. Резцы применяют для точения деталей на токарном или круглопалочном станках.

2. Линейные и угловые параметры режущих инструментов

2.1. Линейные размеры режущих инструментов

При проектировании режущих инструментов на чертеже проставляют номинальные размеры, предельные отклонения и условные обозначения полей допусков.

Номинальные размеры выбирают из рядов нормальных линейных размеров по ГОСТ 6636-69, которые ограничивают число применяемых размеров и приводят к удешевлению выпускаемой продукции [5].

Предусмотрено четыре основных ряда нормальных размеров (Ra5; Ra10; Ra20; Ra40;) и один ряд дополнительных размеров. Ряды предпочтительных размеров представляют собой десятичные ряды геометрических прогрессий со знаменателями: $\sqrt[3]{10} \approx 1,6$ – для ряда Ra5; $\sqrt[4]{10} \approx 1,25$ – для ряда Ra10; $\sqrt[20]{10} \approx 1,12$ – для ряда Ra20; $\sqrt[5]{10} \approx 1,06$ для ряда Ra40. Ряды с более крупной градацией размеров (с большим знаменателем прогрессии) всегда более предпочтительны. Ряд чисел Ra5 предпочтительнее ряда чисел Ra10.

Ряд Ra5 имеет следующие числа: 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10 и т.д. Последующие числа получаются путем умножения указанных чисел на 10; 100 и т.д.

Для дереворежущих инструментов наиболее важными являются размеры длины и ширины для полосовых пил, диаметра окружности резания, посадочного отверстия, толщины, шага и высоты зубьев.

Полосовые рамные пилы имеют длину 1100...1950 мм. Толщина пил изменяется от 0,6 мм (для ленточных пил) до 5,5 мм (для круглых пил). Диаметр круглых пил изменяется в диапазоне 250...1500 мм. Диаметр посадочных отверстий дисковых пил может быть 32; 50; 80 мм; насадных фрез – 22; 27; 30; 32; 40; 50; 60 мм. Посадочные отверстия выполняются с основным отклонением H7. Например, посадочное отверстие с размером 40H7 означает отверстие диаметром 40 мм 7-го качества с основным отклонением H.

2.2. Координатные плоскости. Системы координат

Лезвия режущих инструментов при проектировании, изготовлении и эксплуатации рассматривают в прямоугольной системе координат $P_v t P_n$, где P_v – основная плоскость; t – рассматриваемая точка режущей кромки; P_n – плоскость резания.

Основная плоскость P_v – это координатная плоскость, проведенная через рассматриваемую точку режущей кромки перпендикулярно направлению скорости главного (или результирующего) движения резания.

Плоскость резания P_n – это координатная плоскость, проходящая через режущую кромку параллельно направлению скорости главного (результирующего) движения резания. Она перпендикулярна основной плоскости.

В зависимости от ориентации основной плоскости различают три системы координат: инструментальную $P_{vu}tP_{nu}$, статическую $P_{vc}tP_{nc}$, и кинематическую $P_{vk}tP_{nk}$.

Инструментальная система координат ориентирована относительно лезвий режущего инструмента (рис. 2, *a*). Она применяется при из-

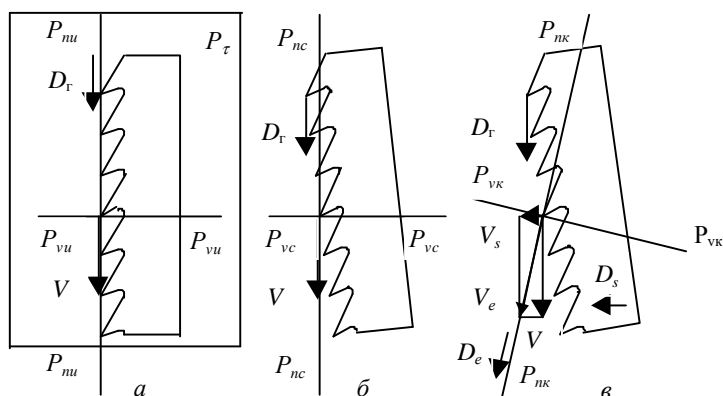


Рис. 2. Системы координат:

a – инструментальная; *б* – статическая; *в* – кинематическая

готовлении и контроле режущих элементов инструмента. При работе с этой системой координат направление скорости главного движения резания проводят через режущие кромки касательно к окружности их вращения или вдоль режущих кромок (при расположении их вдоль прямой линии).

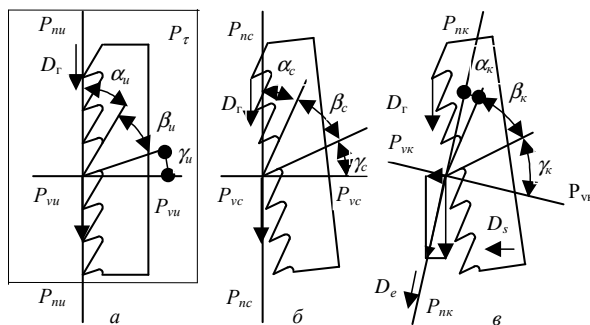


Рис. 3. Угловые параметры зубьев режущих инструментов в системе координат:

a – инструментальной; *б* – статической; *в* – кинематической

Статическая система координат ориентирована относительно направления скорости главного движения резания, которое может быть не параллельно линии вершин лезвий (рис. 2, б). Она применяется для приближенных расчетов углов лезвия в процессе резания и для учета изменения этих углов после установки инструмента на станке.

Кинематическая система координат ориентирована относительно направления скорости результирующего движения резания (рис. 2, в). Она применяется для учета реальных значений угловых параметров режущих элементов инструментов в процессе резания.

В зависимости от того, в какой системе координат измерены угловые параметры (рис. 3), их называют соответственно инструментальный передний или задний угол (γ_u, α_u), статический передний или задний угол (γ_c, α_c), кинематический передний или задний угол (γ_k, α_k).

2.3. Секущие плоскости

Линейные углы лезвий режущих инструментов измеряются в секущих плоскостях: главной P_p , нормальной P_n и плоскости схода стружки P_c .

Главной секущей плоскостью P_p называется координатная плоскость, перпендикулярная линии пересечения основной плоскости и плоскости резания.

На рис. 2, а она совпадает с плоскостью чертежа. В инструментальной системе координат она называется инструментальной главной секущей плоскостью P_{pi} , в статической – статической главной секущей плоскостью P_{pc} , в кинематической – кинематической главной секущей плоскостью P_{pk} .

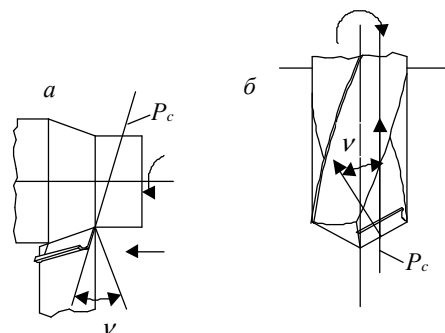
Нормальной секущей плоскостью P_n называется плоскость, перпендикулярная режущей кромке в рассматриваемой точке.

Секущей плоскостью схода стружки P_c называется плоскость, проходящая через направления схода стружки по передней поверхности лезвия и скорости резания в рассматриваемой точке режущей кромки.

Направление схода стружки характеризуется углом схода стружки ν . Этот угол приобретает важное значение для некоторых процессов, связанных с рациональным отводом стружки.

Углом схода стружки ν называется угол, измеряемый в плоскости, касательной к передней поверхности лезвия, между направлением схода стружки и нормалью к главной режущей кромке (рис. 4).

Рис. 4. Углы схода стружки:
 а – при точении;
 б – при сверлении



2.4. Положение режущей кромки

Положение режущей кромки в системе координатных плоскостей определяется углом ее наклона и углами в плане.

Углом наклона режущей кромки λ называется угол в плоскости резания между режущей кромкой и основной плоскостью, если $\lambda \neq 0$, имеем косоугольное резание (рис. 5).

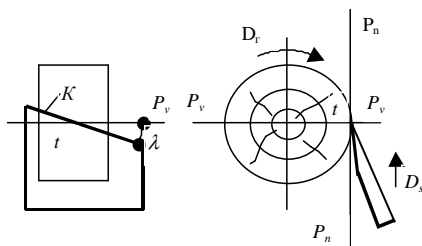


Рис. 5. Наклон режущей кромки к основной координатной плоскости P_v

Углом в плане φ называется угол в основной координатной плоскости P_v между режущей кромкой (плоскостью резания) и рабочей плоскостью P_s (рис. 6).

В зависимости от того, в какой системе координат измеряются углы λ и φ , они называются соответственно углами инструментальными, статическими или кинематическими.

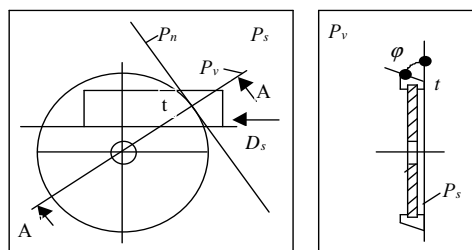


Рис. 6. Угол в плане режущих кромок пилы

2.5. Выводы

Для обработки древесины применяют лезвийные и абразивные режущие инструменты.

Лезвийный режущий инструмент состоит из корпуса с одним или несколькими лезвиями (зубьями). Лезвие образовано передней, задней и боковыми поверхностями. По передней поверхности при резании скользит стружка. Линии пересечения передней поверхности с задней и боковыми поверхностями называют соответственно главной и вспомогательными режущими кромками.

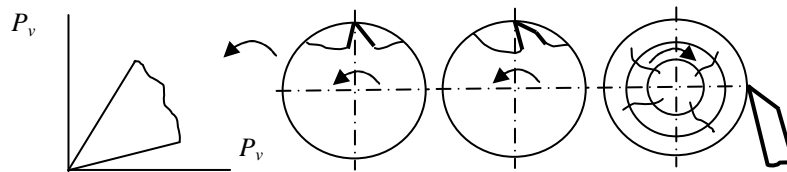
Передняя и задняя поверхности лезвия образуют между собой, плоскостью резания и основной плоскостью углы: задний, заострения (заточки), передний и резания. Эти углы измеряют в инструментальной, статической или кинематической системах координат.

Контрольные вопросы

Какие элементы характеризуют лезвие?

Лезвие в поперечном сечении имеет форму клина.

1. Какие поверхности лезвия называют передней и задними?
2. Какие из режущих кромок лезвия называются главной и вспомогательной?
3. Дайте определения следующих углов лезвия: заострения, заднего, переднего, угла резания.
4. Укажите углы α , β , γ , δ на следующих схемах:



Линейные углы лезвий измеряют в секущих плоскостях: рабочей P_s , главной P_n , нормальной P_n , схода стружки P_c . Как проходят эти плоскости?

Координатные плоскости

Угловые параметры лезвия рассматривают в прямоугольной системе координат, образованной в рассматриваемой точке t плоскостью резания P_n и основной плоскостью P_v .

1. Какие плоскости называют основной и резания?
2. Какие секущие плоскости называют главной, нормальной и схода стружки?
3. Для чего необходимы инструментальная, статическая и кинематическая системы координат?
4. Дайте определения угла наклона режущей кромки λ и угла в плане ϕ .

Часть II

Стойкость дереворежущего инструмента

3. Износ и затупление инструмента

3. 1. Микрогеометрия лезвия

Лезвие режущего инструмента при срезании припуска с обрабатываемой заготовки под действием сил трения подвергается износу.

При рассмотрении этого явления различают два понятия: износ лезвия и затупление его режущих кромок. **Износ** - это величина, характеризующая изменение формы и размеров лезвия. При изучении физической природы износа используется показатель **массового износа** - массы изношенной части инструмента в миллиграммах. **Затупление** лезвий характеризуется изменением их микрогеометрии в процессе резания. Линейные показатели износа на процесс резания не влияют. Здесь важна микрогеометрия затупившегося лезвия.

Износ и затупление - это явления взаимообуславливающие друг друга.

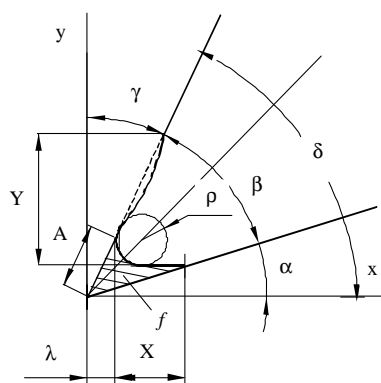


Рис. 7. Параметры износа и затупления лезвия

Параметрами износа и затупления служат (рис. 7) износ по задней поверхности X , по передней поверхности Y , по высоте лезвия λ , по биссектрисе угла заточки A , площадь износа f , радиус кривизны режущей кромки ρ . Изменение указанных параметров приводит к изменению переднего и заднего углов резания.

Численные значения указанных параметров затупления находятся в определенной зависимости от общего пути лезвия в обрабатываемой древесине. Доминирующее значение на динамику и качество обработки оказывает параметр радиуса закругления режущей кромки.

Радиус закругления ρ есть радиус условно вписанной окружности в поверхность режущей кромки лезвия. Численное значение радиуса закругления принято считать мерой остроты лезвия.

Радиус закругления острых лезвий $\rho_0 = 4...6$ мкм для фрез и $\rho_0 = 10$ мкм для пил. Тупые лезвия имеют радиус закругления $\rho = 30...60$ мкм и более.

3. 2. Критерий затупления

Радиус закругления лезвия не может в полной мере характеризовать работоспособность режущего инструмента. Одно и то же состояние лезвия для одних условий считается тупым, неработоспособным, а для других условий – достаточно острым и работоспособным. Понятие работоспособность и затупление всегда следует рассматривать во взаимосвязи с результатами работы лезвия: шероховатостью и точностью обработанной поверхности, энергопотреблением, производительностью и параметрами шума. Указанные параметры определяют критерий затупления.

Критерий затупления характеризуется максимально допустимым значением износа режущего инструмента, после достижения которого, наступает его отказ, т.е. неработоспособное состояние. Продолжение резания таким лезвием приведет к недопустимому нарушению установленных показателей обработки древесины.

3. 3. Период стойкости инструмента

Отказ режущего инструмента, т.е. его неработоспособное состояние, может быть стойкостным или точностным.

Стойкостный отказ - это постепенный отказ режущего лезвийного инструмента после достижения им критерия затупления.

Точностный отказ - постепенный отказ режущего лезвийного инструмента после достижения размером, формой или расположением обработанной поверхности предела поля допуска.

При наступлении отказа режущий инструмент подвергается восстановлению. **Восстановление** - приведение рабочей части режущего лезвийного инструмента в работоспособное состояние.

Продолжительность работы инструмента характеризуется периодом стойкости. **Период стойкости - это время резания новым или восстановленным режущим лезвийным инструментом от начала резания до отказа.**

Различают еще **полный период стойкости**, равный сумме периодов стойкости режущего лезвийного инструмента от начала резания новым инструментом до достижения предельного состояния. Полный период стойкости R , ч, можно определить по формуле

$$R = T i = \frac{TH}{h}, \quad (1)$$

где T - период стойкости, ч; i - число допустимых переточек; H - допустимая величина стачивания рабочей части инструмента, мм; h - толщина слоя, удаляемого за одну заточку, мм.

3.4. Этапы износа лезвий

Графическое изображение закономерности износа лезвий за время работы инструмента называется **кривой износа**.

Типовая кривая износа лезвия по биссектрисе угла заточки A приведена на рис 8. Кривые износа можно построить по каждому параметру износа и затушения. Форма кривых зависит от многих факторов процесса резания.

Весь период стойкости режущего инструмента можно разделить на три этапа износа: период приработки t_1 , соответствующий приработочному периоду Oa , период монотонного износа t_2 , соответствующий монотонному износу $AaAb$, и аварийный износ t_3 с аварийным (катастрофическим) износом.

Износ лезвий на первом этапе происходит главным образом в результате обломов или отгибов. Это изменение формы режущей кромки

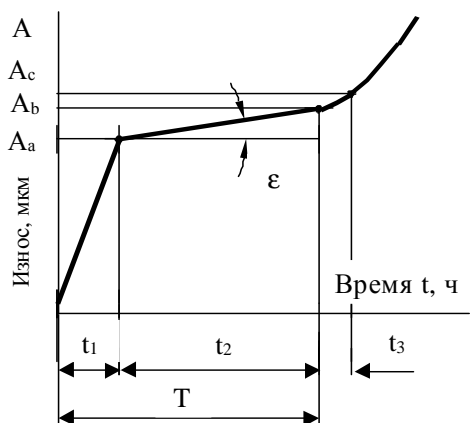


Рис. 8. Кривая износа лезвия

происходит на отдельных ее участках. Сначала возникают выкрошины малых размеров и глубин, затем с увеличением сил резания образуются выломы больших размеров.

Облом и выкрашивание лезвий продолжается до тех пор, пока прочность их сечений не будет достаточна для того, чтобы противостоять изгибающему моменту.

Износ на втором этапе протекает в сложных условиях, когда при резании древесины одновременно проявляют себя несколько факторов: высокое

давление, температура на поверхности лезвий около 240...840°C, окисление, действие статического электричества, электрохимическая коррозия и др. Характеристикой монотонного износа служит угол наклона кривой ε .

Аварийный износ происходит вследствие чрезмерного увеличения сил резания и температуры на лезвии.

Обычно период стойкости равен

$$T_c = t_1 + t_2. \quad (2)$$

3.5. Физическая сущность износа

Механическое диспергирование - истирание, отделение мелких частиц металла лезвия является основной причиной монотонного износа. Интенсивность истирания зависит от величины сил трения при резании.

Механическое диспергирование можно объяснить и усталостью металла при многократном нагружении лезвия силами резания.

Тепловой износ. При резании древесины в результате трения и деформирования по контактным поверхностям выделяется тепло. Лезвия режущего инструмента нагреваются. При этом интенсивность их нагрева возрастает с увеличением радиуса закругления режущих кромок.

Образовавшееся тепло локализуется в малом объеме лезвия. Температура нагрева по мере удаления от режущей кромки уменьшается. Действие температуры на лезвие внешне проявляется образованием на нем тонких окисных пленок различных цветов.

Температура на лезвиях фрезерных ножей достигает 800...840°C; на лезвиях зубьев дисковых пил – 700...850°C, на зубьях концевых фрез – 700...800°C.

Высокие температуры, возникающие в поверхностных слоях лезвия, приводят к уменьшению прочности металла. Металл тонкого поверхностного слоя размягчается и размазывается. В слоях глубиной 2...3 мкм, прилегающих к лезвию, изменяется структура металла. В результате таких преобразований понижается прочность и твердость металла.

Износ на микроучастках лезвия происходит путем постоянного образования и износа текучего пластического поверхностного слоя. Подвижность поверхностных слоев велика. Древесина размазывает новую поверхностную структуру металла. В результате этого на передней поверхности лезвия иногда образуется лунка, а на задней - наплыв металла.

Окислительный износ. Окислительный износ металла лезвия при резании протекает при сложном сочетании следующих явлений: адсорбции кислорода на поверхности трения, диффузии кислорода в поверхностные слои, пластического течения слоев металла с образованием химических адсорбированных пленок, пленок твердых растворов и химических соединений металла с кислородом.

Пластические деформации тонких слоев металла, вызванных нагревом лезвий, создают благоприятные условия для диффузии кислорода в металл и образования пленок. Наиболее вязкоподвижная часть продуктов превращения имеет серый цвет, которая размазывается по лезвию с образованием наплывов.

Электрохимическая коррозия. При резании, в результате трения, а также пьезоэлектрического эффекта при деформировании древесины на лезвии и в стружке создаются электрические заряды. Если древесина сырая, то органические кислоты и влага образуют электролит, который при совместном действии с электрическими зарядами поражает металл лезвия электрохимической коррозией.

Электрическая эрозия. Статическое электричество, возникающее при резании в результате трения лезвия о древесину, может привести к искровым разрядам и разрушению поверхности металла. На поверхности лезвия образуются кратеры от искровых разрядов.

Абразивный износ. Под абразивным износом принято понимать процесс интенсивного разрушения поверхности лезвия при трении скольжения, обусловленный абразивной средой и выражающийся в местной пластической деформации. Абразивный износ лезвий инструмента наблюдается при обработке клееных древесных материалов. В них клеевые слои действуют на лезвие подобно абразиву, оставляя на поверхности царапины.

3.6. Выводы

За меру остроты лезвия принят радиус закругления режущей кромки. Острые лезвия имеют радиус закругления $\rho = 4 \dots 10$ мкм, тупые – $\rho = 30 \dots 60$ мкм. При этом одно и то же лезвие для одного режима резания считается острым и работоспособным, а для другого тупым, непригодным для дальнейшей работы. Работоспособное состояние лезвия характеризуется критерием затупления.

Время непрерывной работы лезвия от начала резания до отказа называют периодом стойкости инструмента.

Процесс износа лезвия за период стойкости изображают графически кривой износа. На кривой износа выделяют три зоны: приработки, монотонного и катастрофического износа. Причины износа различные: механическое диспергирование, тепловой износ, окислительный, абразивный износ, электрохимическая коррозия и электрическая эрозия.

Контрольные вопросы

Износ и затупление - это явления взаимообуславливающие друг друга.

Параметрами износа и затупления служат износ по задней поверхности X , по передней поверхности Y , по высоте лезвия λ , по биссектрисе угла заточки A , площадь износа f , радиус кривизны режущей кромки ρ (рис. 7).

1. Что такое износ лезвий инструмента?
2. Что такое затупление лезвий?
3. Покажите на схеме параметры, характеризующие износ и затупление лезвий.
4. Дайте определение критерия затупления.
5. Как вы понимаете следующие понятия: отказ инструмента стойкостный и точностный, восстановление инструмента, период стойкости и полный период стойкости?
6. Назовите этапы износа и чем они отличаются.
7. Как распределяется температура по поверхности лезвия при резании?
8. Назовите причины износа инструмента и поясните их физическую сущность.

4. Материалы для дереворежущего инструмента

4.1. Требования, предъявляемые к материалу

Материал режущего инструмента должен обеспечить такое сочетание свойств, чтобы инструмент одинаково хорошо работал как в начальном приработочном этапе износа, так и в последующем этапе монотонного износа. К материалу предъявляются следующие требования [6]:

прочность, уменьшающая приработочный износ и обеспечивающая работоспособность при срезании толстых слоев древесины;

высокая усталостная прочность, обеспечивающая способность сопротивляться циклически изменяющимся контактными нагрузкам;

пластичность, необходимая для выполнения ряда операций по подготовке инструмента, например, развода, плющения зубьев пил и др.;

твердость, определяющая стойкость металла к истиранию;

теплостойкость, обеспечивающая неизменность механических свойств при нагреве;

устойчивость против коррозии, создающая возможность обрабатывать сырую древесину, когда лезвие подвергается электрохимической коррозии.

4.2. Инструментальные стали

Инструментальная углеродистая сталь. Выпускается два класса инструментальной углеродистой стали: качественная и высококачественная. Последняя сталь отличается меньшим содержанием вредных примесей серы и фосфора.

Инструментальные качественные стали обозначают буквой У, за которой следует цифра, характеризующая процентное содержание углерода в десятых долях процента, например, сталь У10 содержит 1% углерода. Марка высококачественной стали содержит в своем обозначении букву А, например, сталь У10А.

Инструментальную углеродистую сталь (марки У8; У10; У12; У8А; У10А; У12А по ГОСТ 1435 - 74) применяют главным образом для изготовления ручного режущего инструмента.

Основной недостаток углеродистых сталей - их небольшая прокаливаемость, примерно до 5...10 мм, и низкая теплостойкость. При нагреве выше 200°С их твердость резко снижается.

Инструментальная легированная сталь. Легированная сталь (ГОСТ 5950 - 73) содержит кроме железа и углерода специальные легирующие добавки, введение которых в определенном количестве позволяет управлять физико-механическими свойствами стали. Легированные стали отличаются высокой износостойкостью, обладают большой прокаливаемостью, меньшей чувствительностью к нагреву, они меньше деформируются при закалке в масле. Теплостойкость сталей находится в пределах 250...300°С.

Маркировка легированных сталей. В обозначении марок первые цифры означают содержание углерода в десятых долях процента. Цифры не указываются, если содержание углерода близко к единице или больше единицы. Легирующие элементы обозначают буквами: Х - хром, В - вольфрам, М - молибден, Ф - ванадий, С - кремний, Н - никель, К - кобальт, Т - титан. Цифры, стоящие за буквой, означают среднее содержание легирующего элемента в процентах. Если содержание элемента равно 1%, то цифры после буквы не ставятся. Содержание серы и фосфора не превышает 0,03% каждого элемента. Например, в стали марки 6Х6В3СМФ содержится углерода - около 0,6%, хрома - 6%, вольфрама - 3%, кремния, молибдена и ванадия - по 1%.

Быстрорежущая сталь. Быстрорежущая сталь (ГОСТ 19265 - 73) - это высоколегированная инструментальная сталь, в которой содержание

главной легирующей добавки **вольфрама** достигает 10...18 %. Она обладает более высокой твердостью, прочностью, а теплостойкость ее достигает 600...650°C. Содержание углерода в стали более 0,85 %.

Быстрорежущие стали обозначаются буквами, соответствующими карбидообразующим и легирующим элементам (Р – вольфрам, М – молибден, Ф – ванадий, К – кобальт, Т – титан). За буквой следует цифра, обозначающая среднее содержание элемента в процентах. Например, сталь Р6М5 содержит 6% вольфрама и 5% молибдена.

В целях экономии вольфрама выпускаются быстрорежущие стали вольфрамомолибденовые (Р6М5, Р9М4), ванадиевые (Р9Ф5, Р14Ф4), кобальтовые (Р9К5, Р9К10).

Стали для дереворежущих инструментов. Марки сталей, применяемых для изготовления основных видов дереворежущего инструмента, приведены ниже [7].

Инструмент	Марки стали
Пилы рамные, ленточные, дисковые	9ХФ, У10А (заменитель для пил ленточных столярных)
Ножи:	
фрезерные	8Х6НФТ, Х6ВФ, 9ХФ, 9Х5ВФ
стружечные	8Х6НФТ, 9Х6ВФТ, 6Х6В3МХС
луцильные, гильотинные	8Х6НФТ, 85ХФ
строгальные	85ВФ
корообдирочные	9Х1, 6ХС
рубильные	6Х6В3НФС
Фрезы цельные	Х6ВФ, 9Х5ВФ, 9ХВФ
Фрезы концевые	Х6ВФ
Фрезы концевые	Х6ВФ, Р6М5

4.3. Твердые сплавы

Литые твердые сплавы. К этим сплавам относятся стеллиты и сормаиты. Стеллиты (ВЗКР, ВЗК) представляют собой сплав на кобальтовой, а сормаиты (№1, №2) - на железистой основе. Стеллиты включают углерод, хром, вольфрам, кобальт, марганец, никель, кремний, железо. Сормаиты состоят из тех же элементов за исключением вольфрама и кобальта.

Износостойкость сплавов ВЗК в 3...4 раза выше износостойкости легированных сталей, а сплавы ВЗКР - в 6...7 раз.

Применяют для наплавки зубьев рамных и ленточных пил. Наносят тонкий слой электродуговой или газовой сваркой.

Металлокерамические твердые сплавы. Получают при спекании пресованных порошков карбидов вольфрама (WC) и кобальта (Co). Обозначают буквами ВК и цифрой, показывающей содержание кобальта (%).

Металлокерамические сплавы превосходят быстрорежущие и другие стали по твердости, износостойкости и теплопрочности (900...1000°C), но уступают им по прочности на изгиб и являются хрупкими.

Стойкость сплавов при резании древесных материалов характеризуется в относительных единицах так: ВК15 - 1,0; ВК8 - 1,4...1,6; ВК6 - 1,6...2,0. По сравнению с быстрорежущей сталью период стойкости твердосплавного инструмента повышается в 20...50 раз.

Марки твердых сплавов регламентированы ГОСТ 3882 - 74.

Зубья пил оснащают пластинками из твердого сплава марок ВК6 и ВК15. Ножи и фрезы оснащают пластинками из сплава марки ВК15, сверла - ВК8 или ВК15 [7].

Минералокерамические и сверхтвердые материалы. В последние годы для изготовления дереворежущего инструмента стали применять новые твердые материалы: минералокерамику и поликристаллические сверхтвердые материалы (ПСТМ) на основе кубического нитрида бора (ПКНБ) и поликристаллического алмаза (ПКА).

Минералокерамические инструментальные материалы обладают высокой твердостью, тепло- и износостойкостью. Их основой является глинозем Al_2O_3 (белая оксидная керамика, содержащая 99,7% Al_2O_3) или смесь окиси алюминия и карбидов титана (Al_2O_3+TiC) – черная карбидно-оксидная керамика.

Минералокерамика поставляется в виде неперетачиваемых многогранных режущих пластинок.

Износостойкость режущего инструмента, оснащенного минералокерамикой, в 5...10 раз выше, чем износостойкость твердосплавного инструмента.

Синтетические сверхтвердые материалы обладают высокой износостойкостью, твердостью и низким коэффициентом трения.

Износостойкость режущего инструмента, оснащенного ПСТМ, в 3 раз выше, чем износостойкость твердосплавного инструмента.

Для дереворежущего инструмента выпускаются пластинки из следующих марок сверхтвердых материалов на основе нитрида бора: композит 01 (торговое название "Эльбор-Р"), композит 10 ("Гексонит-Р").

Кроме того, дереворежущий инструмент оснащают пластинками из поликристаллического алмаза (ПКА), который позволяет повысить износостойкость по сравнению с твердосплавным инструментом в 15...80 раз.

По сравнению с быстрорежущей сталью период стойкости алмазного инструмента повышается в 300...1000 раз. Если при работе стальным инструментом период стойкости равен 4 ч, то при работе алмазным инструментом – 1200...4000 ч или при двухсменной работе 150...500 суток.

4.4. Выводы

Материал дереворежущего инструмента должен быть прочный, пластичный, твердый, теплостойкий, устойчивый против коррозии. Этими свойствами обладают инструментальные стали:

- качественные марок У8; У10; У12 и др.;
- высококачественные марок У8А; У10А; У12А и др.;
- легированные стали марок 9ХФ; 85ХФ; Х6ВФ и др.;
- быстрорежущие стали марок Р6М5; Р9Ф5; Р9К5 и др.

Для повышения периода стойкости режущий инструмент оснащают твердыми сплавами:

- литыми: стеллитами марки ВЗКР, ВЗК; сормаитами №1, №2;
- вольфрамокобальтовыми марок ВК6 ... ВК20;
- минералокерамическими в виде многогранных неперетачиваемых режущих пластинок;
- синтетическими сверхтвердыми материалами на основе нитрида бора: композит 01 (торговое название "Эльбор-Р"), композит 10 ("Гексонит-Р").
- из поликристаллического алмаза (ПКА).

По сравнению с легированными сталями твердые сплавы позволяют повысить период стойкости инструмента. Литые твердые сплавы повышают период стойкости в 3...7 раз, вольфрамокобальтовые – в 20...50 раз, минералокерамические пластины – в 200...250 раз, ПКА – 300...1000 раз.

Контрольные вопросы

Материал режущего инструмента должен обеспечить такое сочетание свойств, чтобы инструмент одинаково хорошо работал как в начальном приработочном этапе износа, так и в последующем этапе монотонного износа. Период стойкости современных инструментов достигает одного года и более.

1. Назовите перечень требований, предъявляемых к материалу режущего инструмента.
2. Дайте характеристику углеродистых инструментальных сталей.
3. Какими свойствами обладает легированная инструментальная сталь?
4. Как маркируется легированная сталь?
5. Какая сталь называется быстрорежущей?
6. Какие марки сталей применяются для изготовления дереворежущих инструментов?
7. Назовите марки литых твердых сплавов.
8. Какова износостойкость литых и металлокерамических твердых сплавов?
9. Назовите марки металлокерамических твердых сплавов.

10. Какой материал называют минералокерамикой? В каком виде поставляется минералокерамика?
 11. Какие материалы называют поликристаллическими сверхтвёрдыми?

5. Термическая обработка инструмента

5.1. Твёрдость

Твёрдость материала – сопротивление проникновению в его поверхность стандартного тела – наконечника (шарика, конуса), недеформирующегося при испытании.

Твёрдость по Бринеллю ГОСТ 9012 - 59 определяют статическим вдавливанием в испытываемую поверхность под нагрузкой P стального закаленного шарика диаметром D . Число твердости HB определяют отношением нагрузки P , Н, к сферической поверхности отпечатка F , мм², диаметром d , мм:

$$HB = \frac{P}{F} = \frac{2P}{\pi D \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)}. \quad (3)$$

В обозначении HB символ H - начальная буква от слова Hardness (твёрдость), а B - от слова Brinell.

Диаметр шарика $D = 10; 5; 2,5$ мм выбирают в зависимости от толщины изделия. Нагрузку P принимают так: для термически обработанной стали и чугуна $P = 300D^2$; для литой бронзы и латуни $P = 100D^2$; для алюминия и других мягких металлов $P = 25D^2$.

Продолжительность выдержки под нагрузкой для стали и чугуна составляет 10 с, для латуни и бронзы 30 с.

Испытания ведут на твердомере *ТШ*. Диаметр отпечатка измеряют с точностью до 0,01 мм. Число твердости находят по таблицам. Размерность числа твердости (Н/мм²) не указывается: $HB 250$. Иногда указывают условия испытания твердости: $HB 5/2500/30 - 80$ ($d = 5$ мм, $P = 2500$ Н, $\tau = 30$ с). Способ Бринелля применим при твердости не более 450 HB .

Твёрдость по Роквеллу (ГОСТ 9013 - 59) определяют твердомером ТК по глубине вдавливания стального шарика диаметром 1,59 мм или алмазного конуса в испытываемую шлифованную поверхность. Твёрдость определяют по индикатору прибора.

Твердость мягких материалов (60...220 *HB*) измеряют вдавливанием шарика под нагрузкой 1000 Н, и отсчет делают по шкале *B*. Обозначают - *HRB* 30.

Для материалов средней твердости (220...700 *HB*) применяют алмазный конус под нагрузкой 1500 Н. Отсчет ведут по шкале *C*. Обозначают - *HRC* 60.

Для очень твердых материалов (свыше 700 *HB*) используют алмазный конус под нагрузкой 600 Н. Отсчет ведут по шкале *A*. Обозначают - *HRA* 80.

С целью обеспечения единства измерения с 01.07. 80 г. введены государственный специальный эталон и единая шкала твердости *C₃* по Роквеллу (ГОСТ 8.064 - 79). Твердость, измеренную по шкале *C₃*, воспроизводимой этим эталоном, обозначают *HRC₃*. При переводе чисел твердости *HRC* в числа твердости *HRC₃*, следует пользоваться табл. 1. Пример обозначения - 60 *HRC₃*, где 60 - число твердости; *HR* - твердость по Роквеллу; *C₃* - шкала твердости.

Твердость по Виккерсу (ГОСТ 2999 - 75) определяют путем внедрения четырехгранной алмазной пирамиды под одной из нагрузок: 50; 100; 200; 300; 500; 1000; 1200 Н. Твердость определяют по длине диагонали отпечатка и обозначают *HV*. Продолжительность выдержки под нагрузкой 10...15 с. Число твердости определяют отношением нагрузки *P* к площади боковой поверхности отпечатка *F*:

$$HV = \frac{P}{F} = \frac{2P \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} = 1,8544 \frac{P}{d^2}, \quad (4)$$

где *d* - длина диагонали отпечатка, мм.

Таблица 1

**Соотношение твердости по различным способам определения
(ориентировочно)**

HB	HRC	HRC ₃	HV	HB	HRC	HRC ₃	HV	HB	HRC	HRC ₃	HV
286	30	31,8	285	387	41	42,5	401	555	56	57,1	649
293	31	32,8	291	402	43	44,5	423	578	58	58,7	694
302	33	34,8	305	418	44	45,5	435	600	59	59,0	746
311	34	35,7	312	430	45	46,4	460	627	61	62,0	803
321	35	36,7	320	444	47	48,4	474	652	63	63,9	867
332	36	37,7	335	460	48	49,3	502	-	65	65,8	940
340	37	38,6	344	477	49	50,3	534	-	67	67,8	1021
351	38	39,6	361	495	51	52,2	551	-	69	-	1114
364	39	40,6	380	512	52	53,2	587	-	72	-	1220
375	40	41,5	390	532	54	55,2	606	-	-	-	-

5.2. Компоненты и фазы в сплавах железа с углеродом

Чистое железо. При нагреве железо испытывает превращения. С повышением температуры до 911°C железо имеет объемно центрированную кристаллическую решетку. Такое железо называют альфа-железом и обозначают Fe_{α} .

При температуре 911°C происходит превращение решетки объемно центрированной кубической в гранецентрированную кубическую. Такая решетка железа сохраняется в интервале температур 911...1392°C. Железо обозначают Fe_{γ} и называют гамма-железо.

При 1392°C вновь происходит перестройка решетки гранецентрированной кубической в объемно центрированную кубическую, которая сохраняется до температуры плавления 1539°C.

Железо обладает невысокой твердостью и прочностью: $HB \ 80$, $\sigma_{\sigma} \approx 250$ МПа.

Углерод. В природе углерод встречается в виде двух модификаций: в форме алмаза с кубической решеткой и в форме графита с простой гексогональной решеткой.

Фазы в системе $Fe - Fe_3C$. **Феррит** - твердый раствор углерода в альфа-железе. Обозначается $Fe_{\alpha}(C)$. При комнатной температуре углерода растворяется 0,006%, а при 727°C - 0,02%. Твердость и прочность феррита примерно такие же, как у чистого железа.

Аустенит - твердый раствор углерода в гамма-железе. Обозначается $Fe_{\gamma}(C)$. При температуре 727°C аустенит содержит углерода 0,8%, а при 1147°C - 2,14%. Аустенит парамагнитен, пластичен, имеет низкий предел прочности и твердости ($HB \sim 170...220$).

Цементит - карбид железа Fe_3C , образующийся при содержании углерода 6,87%. Температура плавления 1600°C. Цементит имеет высокую твердость ($HB \sim 800$), хрупкий.

5.3. Превращения в стали при нагревании

Свойства стали изучают по диаграмме железо - цементит. Для этого понадобится не вся диаграмма, а только ее левая нижняя часть, ограниченная содержанием углерода 2,14% (рис. 9).

Типы сталей. По диаграмме стали делят на три группы: эвтектоидные, доэвтектоидные, заэвтектоидные.

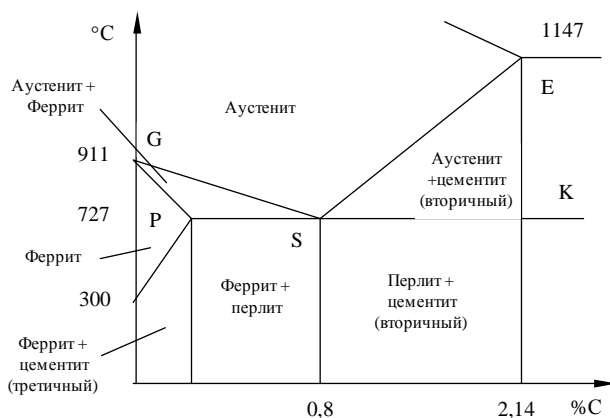


Рис. 9. Начало диаграммы железо-цементит

Эвтектоидной называют механическую смесь двух (или более) разнородных кристаллов, одновременно кристаллизующихся из жидкости. Образование смеси происходит диффузионным путем. **Эвтектоидная** сталь содержит углерода 0,8%. Состоит она только из перлита. **Перлит** - механическая смесь (эвтектоид), состоящая из мелких пластинок или зерен цементита, расположенных в ферритной основе. Твердость перлита $HB = 170...250$.

Механические свойства перлита зависят от степени измельчения (дисперсности) частичек цементита. При очень мелком цементите смесь называют **трооститом**.

Твердость троостита $HB = 270...450$.

Ферритокарбидную смесь дисперсностью между перлитом и трооститом называют **сорбитом**. Его твердость $HB = 270...320$.

Доэвтектоидная сталь содержит углерода меньше 0,8%. Состоит она из феррита и перлита.

Заэвтектоидная сталь содержит углерода от 0,8% до 2,14%. Состоит она из перлита и вторичного цементита.

Сплавы, содержащие углерода более 2,14% называют чугунами.

Критические точки. Точки, расположенные на линиях диаграммы железо - цементит, называют критическими. **Критические точки - это температуры, соответствующие фазовым превращениям в стали.** Одни точки отвечают началу перестройки решетки, а другие - концу перестройки. Все критические точки обозначают буквой *A*. Покажем некоторые из них.

Первая критическая точка A_1 для всех сталей лежит на линии PSK (727°C). В этой точке перлит превращается в аустенит. При температуре более 727°C структура доэвтектоидной стали будет состоять из аустенита и феррита, для эвтектоидной стали - полностью из аустенита и для заэвтектоидной стали - из аустенита и вторичного цементита.

Точка A_3 лежит на линии GS . Здесь происходит превращение феррита в аустенит. Температура превращения зависит от содержания углерода в доэвтектоидной стали.

Точка A_{cm} лежит на линии SE и соответствует превращению вторичного цементита в аустенит.

При охлаждении стали превращения идут в обратном порядке, но при несколько других температурах (вследствие теплового гистерезиса). Для отличия процессов нагрева и охлаждения критические точки обозначают так: при нагреве - A_{C1} , A_{C3} ; при охлаждении - A_{r1} , A_{r3} .

5.4. Виды термической обработки стали

Различают четыре основных вида термической обработки стали: отжиг I рода, отжиг II рода, закалка и отпуск. Применяются еще два способа обработки: химико-термической и термомеханической.

Отжиг I рода. Отжиг возможен для любых металлов и сплавов. Его проведение не связано с фазовыми превращениями в твердой поверхности.

Отжиг I рода применяют для частичного или полного устранения химической неоднородности стали, уменьшения внутренних напряжений.

Отжиг II рода. Так называют отжиг стали, испытывающей фазовые превращения при нагревании и охлаждении. Этот процесс термической обработки заключается в нагревании стали до температуры выше фазовых превращений (рис. 10, *а*) с последующей выдержкой и медленным охлаждением.

Инструментальные стали подвергают отжигу II рода для улучшения обрабатываемости стали на станках, уменьшения остаточных напряжений и подготовки структуры для последующей термической обработки.

Закалка. Закалкой называется процесс термической обработки, включающий операции нагрева стали до температуры выше критической точки A_{c1} , выдержки ее при этой температуре и последующего быстрого охлаждения. Закалка основана на фазовых превращениях в твердой стали при нагреве и охлаждении (рис. 10, *б*). Применяют закалку для повышения твердости стали.

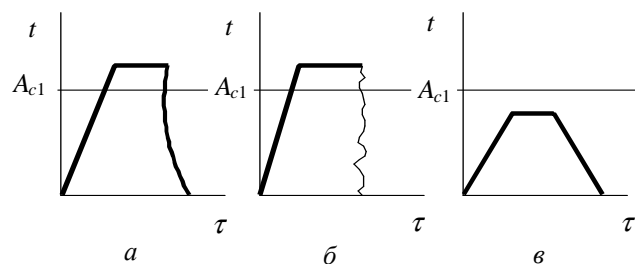


Рис. 10. Виды термической обработки:
 а – отжиг II рода; б – закалка; в – отпуск

Отпуск. Отпуск - это процесс термической обработки, заключающийся в нагревании **закаленной** стали до температуры ниже фазовых превращений A_{c1} , выдержки ее при этой температуре и последующем охлаждении (рис. 10, в).

Основные параметры отпуска - температура нагрева и время выдержки. При отпуске уменьшаются внутренние напряжения, и закаленная сталь переходит в более равновесное состояние.

Химико-термическая обработка (ХТО). ХТО - это процесс нагревания стали в каких-либо химически активных средах с целью изменения химического состава поверхностных слоев изделия.

Термомеханическая обработка (ТМО). При ТМО сочетают пластическую деформацию с термической обработкой таким образом, чтобы наклеп оказывал влияние на кинетику фазовых и структурных превращений, происходящих при термической обработке.

5.5. Технология термической обработки

Отжиг II рода. Температура нагрева и время выдержки должны обеспечить нужные структурные превращения в нагретой стали. Скорость охлаждения выбирают такой, чтобы в материале успели произойти обратные диффузные превращения в полном объеме. Углеродистые стали охлаждают со скоростью $\sim 200^\circ\text{C}/\text{ч}$, легированные $\sim 30\dots 100^\circ\text{C}/\text{ч}$. Охлаждают материал вместе с печью.

Различают полный и неполный отжиг.

Полный отжиг применяют для доэвтектоидной стали. Температура нагрева $t_H, ^\circ\text{C}$:

$$t_n = A_{c3} + (30 \dots 50^\circ C). \quad (5)$$

При такой температуре аустенит получается мелкозернистым. После охлаждения сталь будет иметь тоже мелкозернистую структуру.

Неполный отжиг применяют для заэвтектоидной стали. Температура нагрева t_n , °C:

$$t_n = A_{c1} + (20 \dots 50^\circ C). \quad (6)$$

После отжига получается сталь с зернистым цементитом. Она лучше обрабатывается резанием и приобретает хорошую структуру после закалки.

Длительность выдержки при отжиге примерно равна 1/4 времени нагрева.

Нормализация. Нормализацией называют термическую обработку стали, при которой изделие нагревают до температуры t_n , °C, а затем охлаждают на спокойном воздухе. При этом

$$t_n = A_{c3} + (30 \dots 50^\circ C) \quad \text{или} \quad (7)$$

$$t_n = A_{cm} + (30 \dots 50^\circ C).$$

Нормализация отличается от полного отжига способом охлаждения. Производительность процесса больше, но твердость и прочность выше, чем после отжига.

Нормализацию применяют для снятия внутренних напряжений и получения лучшей структуры. Сталь после этой операции получает нормальную однородную мелкозернистую структуру.

Закалка стали. Основные параметры при закалке - температура и скорость охлаждения.

Температура закалки доэвтектоидной стали t_3 , °C:

$$t_3 = A_{C3} + (30 \dots 50^\circ C); \quad (8)$$

для заэвтектоидной стали

$$t_3 = A_{C1} + (40 \dots 60^\circ C). \quad (9)$$

Время нагрева зависит от размеров детали. Определяют его экспериментально или по эмпирическим формулам.

Продолжительность выдержки при температуре закалки должна обеспечить полную гомогенизацию образовавшегося аустенита.

Охлаждение при закалке должно протекать с заданной скоростью. Скорость охлаждения зависит от охлаждающей среды, формы изделия и теплопроводности стали.

Охлаждающая способность различных сред (табл. 2) оценивается скоростью охлаждения в области температур наименьшей устойчивости переохлажденного аустенита (650...550°C) и в области мартенситного превращения (300...200°C). В последнем интервале желательно замедленное охлаждение.

Таблица 2

Скорость охлаждения стали в различных средах

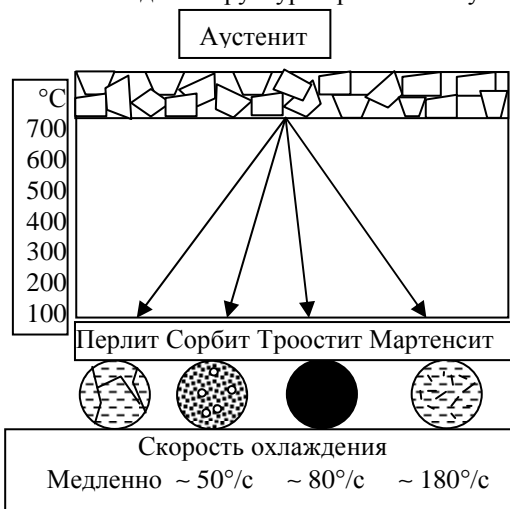
Закалочная среда	Скорость охлаждения, град./с, при температурах, °С	
	650...550	300...200
Вода при температуре, °С:		
18	600	270
28	500	270
50	100	270
10%-ный раствор NaOH в воде при 18°С	1200	300
10%-ный раствор NaCl в воде при 18°С	1100	300
Минеральное масло	100...150	20...50
Спокойный воздух	3	1

При выборе охлаждающей среды учитывают закаливаемость и прокаливаемость стали.

Закаливаемость - способность стали принимать закалку, т. е. приобретать при закалке детали высокую твердость. Закаливаемость определяется содержанием углерода в стали. При содержании углерода менее 0,2% сталь не закаливается. При закалке ее твердость не повышается.

Прокаливаемость - глубина проникновения закаленной зоны.

Исходная структура при закалке углеродистой стали – аустенит, ко-



торый в зависимости от скорости охлаждения переходит в мартенсит, троостит, сорбит или перлит (рис. 11) [8]. **Мартенсит** – это пересыщенный твердый раствор углерода в α -железе. Образование мартенсита начинается при температуре 230°С и заканчивается при температуре 80°С.

Рис. 11. Влияние скорости охлаждения на структуру стали

Способы закалки. Применяют различные способы закалки. Их выбор зависит от формы изделия, марки стали и комплекса желаемых свойств.

Закалка в одном охладителе применяется для деталей простой формы. Нагретую деталь охлаждают в одном охладителе. Из-за неравномерности охлаждения в детали возникают большие переохлаждения.

Закалка в двух средах применяется для деталей более сложной формы. Нагретую деталь сначала охлаждают в воде до температуры 400...300°C, а затем переносят в масло. Для деталей диаметром 15...25 мм продолжительность выдержки в воде равна 5...8 с. Способ широко применяют для закалки режущего инструмента из углеродистой стали.

Ступенчатая закалка более совершенна. Деталь с температурой закалки погружают в ванну с горячей средой. Температура среды на 30...50°C выше мартенситной точки. После выравнивания температуры по сечению детали ее охлаждают на воздухе и в холодном масле. Способ закалки применяют для деталей диаметром 10...30 мм.

Изотермическая закалка мало отличается от ступенчатой. Температура горячей охлаждающей среды равна 250...400°C. После выдержки деталь охлаждают на воздухе. В результате закалки образуется структура бейнита (игольчатый троостит), имеющая твердость HRC , 46,4...56,1 и достаточную пластичность.

Закалка с самоотпуском включает операции закалки и последующего отпуска при одном нагреве изделия. Изделие с температурой закалки охлаждают в воде так, чтобы оно прокалилось на заданную глубину. Дальнейшее охлаждение ведут на воздухе. При этом охлажденная часть за счет внутреннего тепла нагревается. После достижения температурой значения, необходимого для отпуска, изделие опять погружают в воду до полного охлаждения.

Отпуск. Отпуск стали производят сразу же после закалки.

При низкотемпературном отпуске закаленное изделие нагревают до 150...250°C. После выдержки при этой температуре в течение 1...3 ч сталь получает структуру мартенсита. После отпуска получается твердость HRC , 59...60,5.

При среднетемпературном отпуске температуру изделия поднимают до 350...400°C. Получается структура троостита. Изделие обладает высокой твердостью HRC , 41,5...46,4, прочностью и упругостью.

При высокотемпературном отпуске закаленное изделие нагревают до 450...600°C. После выдержки получается структура сорбита. Твердость HRC , 31,8...36,7.

5.6. Оборудование для термической обработки

Нагрев изделий, подвергаемых термообработке, осуществляют в печах. По способу передачи тепла печи подразделяют на камерные, муфельные и печи-ванны.

Камерные печи бывают пламенные и электрические. В пламенной печи тепло образуется при сгорании мазута или газа. Нагреваемое изделие непосредственно контактирует с пламенем и печными газами. В электрической печи тепло излучается электрическими нагревателями, которые позволяют нагреть изделие до 1300°C.

Муфельные печи применяют тогда, когда нельзя допустить контакта нагреваемого изделия с печными газами. Для этого в рабочее пространство пламенной печи может быть поставлен муфель с изделием. Муфель - герметичная закрываемая камера для нагреваемого изделия. При работе пламя и печные газы нагревают стенки муфеля, а последние - изделие.

Печи-ванны в зависимости от горячей среды в ванне подразделяются на масляные с температурой до 180...200°C, селитровые, в которых изделие нагревается в расплавленной селитре при 300...500°C, свинцовые (350...800°C), соляные. В зависимости от состава солей ванна позволяет нагреть изделие до 1350°C.

Способы измерения температуры. Температуру стали при термообработке измеряют различными способами. Приблизительно температуру нагретой стали определяют по цвету окисных пленок на очищенной поверхности изделия. Зависимость цвета пленки от температуры приведена ниже.

Температура, °C	220	255	280	300	330...350
Цвет окисной пленки	Светло-желтый	Желто-коричневый	Фиолетовый	Синий	Серый

Термометры, пирометры. Ртутные и спиртовые термометры используют для измерения температур в интервале от -150 до +400°C.

Пирометры бывают термоэлектрические и оптические. Термоэлектрический пирометр включает термопару и милливольтметр. Он находит широкое применение во всех видах термической обработки.

Оптический пирометр позволяет определить температуру выше 600°C, когда раскаленный металл начинает светиться. Его принцип действия основан на измерении степени яркости раскаленных тел в сравнении со степенью яркости нити накала электрической лампочки.

5.7. Выводы

Твердость инструментальных материалов измеряется методами Бринелля, Роквелла или Виккерса. Твердость материала лезвий достигает значений 40...61 HRCэ.

Твердость стального инструмента зависит от фазового состояния стали. При нагревании стали в ней происходят фазовые превращения. При охлаждении фазовые превращения происходят в обратном порядке, однако на их ход влияет скорость охлаждения. Изменяя скорость охлаждения, можно получить разное фазовое состояние стали. На этом принципе разработаны различные способы термической обработки стали: отжиг, нормализация, закалка. После термической обработки получают сталь с заданными физико-механическими свойствами.

Контрольные вопросы

Твердость материала - сопротивление проникновению в его поверхность стандартного тела - наконечника (шарика, конуса), недеформирующегося при испытании

1. Как определяется твердость по Бринеллю, по Роквеллу, по Виккерсу?
2. Правда ли, что в 1980 г. введена новая шкала твердости?
3. Что означают символы HB, HRC, HRCэ?

Свойства стали изучают по диаграмме железо – цементит.

1. Назовите компоненты и фазы в сплаве железа с углеродом.
2. Изобразите начало диаграммы железо - цементит.
3. Что такое эвтектика?
4. Дереворежущий инструмент изготавливают из сталей марок: У7, У10А, 9ХФ, ХВГ, 8Х4В4Ф1, Х6ВФ и др. Какие из этих сталей являются эвтектоидными, доэвтектоидными, заэвтектоидными?

Точки, расположенные на линиях диаграммы железо - цементит, называют критическими. Критические точки - это температуры, соответствующие фазовым превращениям в стали.

1. Что означают следующие обозначения: A_{C1} , A_{C3} , A_{Cm} , A_{r3} , A_{r1} ?
2. Изобразите диаграмму изотермического превращения аустенита.
3. Каким образом в стали можно получить структуры перлита, сорбита, троостита, бейнита и мартенсита?

Различают четыре основных вида термической обработки стали: отжиг I рода, отжиг II рода, закалка и отпуск. Применяются еще два способа обработки: химико-термической и термомеханической.

1. Дайте определения основных видов термической обработки стали.
2. Как определяется температура нагрева для основных видов термической обработки стали?
3. Назовите охлаждающие среды для термической обработки стали?
4. Что такое закаливаемость и прокаливаемость?
5. Назовите способы закалки.
6. Назовите виды отпуска.
7. Какие печи и ванны применяют при термической обработке?

6. Способы повышения стойкости инструмента

6.1. Направления повышения стойкости инструмента

Известно много способов увеличения стойкости дереворежущих инструментов. Эти способы можно классифицировать по двум направлениям:

- увеличение твердости и прочности лезвий режущего инструмента;
- совершенствование эксплуатации инструмента.

Способы первого направления:

- изготовление лезвий из прочных и твердых стальных пластин или пластин металлокерамических твердых сплавов, а также минералокерамики или поликристаллических сверхтвердых материалов (ПСТМ) на основе кубического нитрида бора (ПКНБ) или поликристаллического алмаза (ПКА);

- наплавка на лезвия литых твердых сплавов;
- закалка зубьев (электроконтактная, в поле ТВЧ (токов высокой частоты) и др.

Способы второго направления:

- правильная заточка лезвий;
- поддержание рациональных режимов резания и др.

Многие способы из-за небольшой эффективности или значительной трудоемкости не нашли применения на практике.

6.2. Оснащение зубьев инструмента пластинами твердого сплава

Оснащение зубьев пластинами твердого сплава - эффективное средство повышения стойкости дереворежущего инструмента. Инструмент с твердосплавными пластинами особенно незаменим при обработке ДСтП, ДВП и других клееных материалов.

Пластины твердого сплава крепят на зубьях режущего инструмента методом пайки.

Качество паяного соединения зависит от правильности выбора материала для корпуса инструмента, подготовки корпуса и пластин твердого сплава к паянию, выбора припоев и флюса, метода и режима нагрева.

Пайка - процесс создания неразъемного соединения различных материалов в твердом состоянии путем заполнения капиллярного зазора между ними промежуточным металлом или сплавом в жидком состоянии, называемым припоем.

Материал корпуса инструмента. Корпус твердосплавной пилы рекомендуется делать из стали марки 50ХФА. Это пластичная сталь. Она не закаливается на воздухе после пайки латунными припоями.

При организации производства пил с твердосплавными пластинами на деревообрабатывающем предприятии допускается для корпуса пилы использовать сталь марки 9ХФ. Эта сталь имеет температуру закалки 840°С. После пайки припоями, имеющими температуру плавления выше 840°С, она закаливается на воздухе. Поэтому после пайки зубья пилы подвергают отпуску при температуре 450...500°С, так как закаленные зубья слишком хрупкие.

Корпусы фрез и ножей изготавливают из конструкционной стали марки 45.

Твердосплавные пластины. Наиболее часто дереворежущий инструмент оснащают твердосплавными пластинами из карбидов вольфрама на кобальтовой связке марок ВК8, ВК15.

Форма и размеры пластин твердого сплава стандартизованы ГОСТ 13833-77 и 13834-77. Например, пластины О1Д (ширина 5,5 мм, длина 10 мм, толщина 3 мм) применяются для зубьев продольного пиления, а пластины О2Д - для зубьев поперечного пиления; пластины О5Д (ширина 15 мм, длина 110 мм, толщина 3 мм) - для ножей и фрез.

Припой. Обязательным свойством припоя, позволяющим получать прочное паяное соединение, является его способность смачивать основной металл. При смачивании атомы припоя вступают в энергетическое взаимодействие с поверхностными атомами основного металла. При этом атомы

припоя и основного металла сближаются на такое расстояние, на котором находятся атомы в кристаллической решетке металла.

Смачивание зависит от свойств припоя и основного металла. Его характеризуют величиной краевого угла смачивания θ . При хорошем смачивании $\theta \rightarrow 0$, при плохом смачивании $\theta > 90^\circ$ (рис. 12).

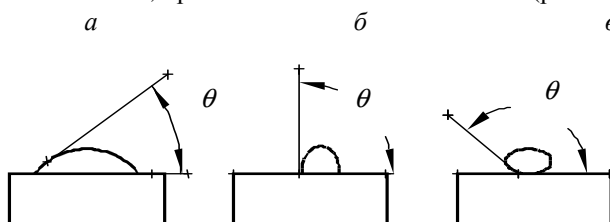


Рис. 12. Смачивание поверхности основного металла припоем:
 $a - \theta < 40^\circ$, хорошее смачивание; $b - \theta = 90^\circ$, плохое смачивание;
 $c - \theta > 90^\circ$, несмачивание

Для пайки рекомендуются припои марок Л63, Л68 (латунные), ПрМНЦ68-4-2 (медно-цинковый), ПСр-40(серебряный), М1(медный) по ГОСТ23137-78.

Флюс. В обычном состоянии основной металл покрыт пленкой окислов и загрязнениями, которые препятствуют смачиванию. Перед пайкой окислы и загрязнения удаляют механически (шлифованием, фрезерованием) с последующим обезжириванием в органических растворителях (ацетон, чистый бензин) или травлением в кислотах.

Для защиты очищенной поверхности от повторного окисления в процессе нагревания при пайке применяют флюс. Флюс растворяет образующиеся окислы, способствует растеканию припоя и смачиванию им поверхности основного металла. Флюс наносят до нагрева паяемых металлов. Он не должен сгорать и терять свою химическую активность.

Для пайки рекомендуются флюсы (ГОСТ 19250-73) марок 1; 2; 3; 4; 5; №200; №201. В состав флюсов входят обезвоженная бура, борная кислота и фтористый кальций.

Подготовка к пайке. Подготовка к пайке пластин включает выполнение следующих операций.

Припой в виде фольги или ленты разделяют на полоски шириной 1...1,5 мм и обезжиривают в бензине или другом растворителе. Для пайки можно использовать припой в виде проволоки диаметром 0,3...0,4 мм.

Опорные поверхности пластин твердого сплава очищают от окалин и окисной пленки. Для этого их шлифуют по задней поверхности на плоскошлифовальном станке с магнитным столом алмазным шлифоваль-

ным кругом. Перед пайкой шлифованные пластины обезжиривают бензином.

На **корпусе** режущего инструмента формируют зубья с углом заострения не менее 50° . При меньших углах заострения жесткость зуба становится недостаточной, и при работе в пластине твердого сплава могут образоваться трещины.

На каждом зубе под пластину формируют методом фрезерования или шлифования абразивным кругом паз. Глубина паза $1...2$ мм, длина паза меньше длины пластины на $1,0...1,5$ мм и составляет около $2/3$ высоты зуба.

Для ножей глубина паза на $0,3...0,5$ мм меньше толщины пластины.

Шероховатость поверхности паза $R_a = 6,3...3,2$ мкм, поверхность должна быть прямолинейна и обезжирена.

Подготовка компенсаторов, которые делают из медной или стальной фольги толщиной $0,2...0,3$ мм.

Коэффициенты линейного расширения твердых сплавов примерно в два раза меньше, чем для стали. Поэтому в паяном шве образуются внутренние напряжения: сжимающие со стороны твердосплавной пластины и растягивающие со стороны корпуса. С целью предотвращения образования трещин в шве между пластиной и корпусом помещают компенсатор.

Пайка твердосплавных пластин на зубья пил. Для пайки корпус пилы с подготовленными зубьями крепят во фланцах нагревательной установки (рис. 13). Фланцы подключены к одному из электродов трансформатора (часто используют сварочные трансформаторы).

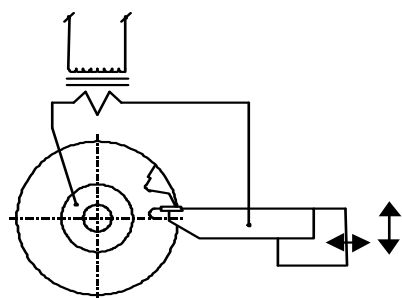


Рис. 13. Схема электроконтактной пайки

Пластины твердого сплава кладут на подвижный медный электрод, заводят в паз и прижимают к корпусу зуба с усилием $5...50$ Н. Между зубом и пластиной можно положить компенсатор (иногда паяют без него).

На место пайки насыпают флюс и включают трансформатор. Зону пайки нагревают, например, до желтого цвета побежалости. Флюс плавится и растекается. В зону пайки вручную подводят полоску припоя, который плавится и растекается на поверхности паза. Трансформатор отключают, и зуб остывает на воздухе. Остывший припой должен образовать галтель по всему периметру соединения.

После пайки зубьев производят их отпуск при температуре 400...500°C.

6.3. Применение сменных режущих пластин

В последние годы в фрезерных головках широко применяют **поворотные режущие пластины**, которые имеют 2...4 режущие кромки. Изготавливаются они из твердого сплава или минералокерамики для разового применения. После затупления режущих кромок пластины не затачиваются, а заменяются новыми. Крепят режущие пластины на фрезерных головках механически. Для этого они имеют посадочные отверстия, которыми пластины базируются на штифтах.

На рис. 14 показаны примеры выполнения поворотных режущих пластин. Профили режущих кромок пластин могут быть разнообразными.

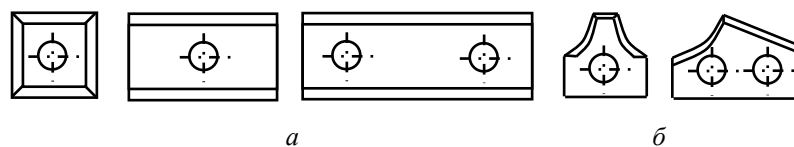


Рис. 14. Режущие пластины: *a* – поворотные; *б* – профильные

Поворотные пластины квадратной формы применяются как подрезающие резцы и режущие. Подрезающие резцы имеют размеры 14×14×(1,2...2) мм, диаметр отверстия 6,3...8,6 мм.

Размеры поворотных режущих пластин (7,65...120)×(12...13)×(1,5...2,2) мм.

Профильные пластины могут быть поворотными.

6.4. Наплавка на лезвия литых твердых сплавов

В последнее время в лесопилении успешно внедряется наплавка зубьев рамных, ленточных и круглых пил для продольной распиловки износостойкими стеллитами марок ВЗКР и ВЗК. Этот метод разработан в СибНИИЛП. Зубья, наплавленные этими литыми твердыми сплавами, имеют стойкость в 1,5...4 раза выше, чем без наплавки. Это позволяет повысить производительность распиловки на 4...6%, уменьшить расход пил на 30...35%. Метод подготовки пил к наплавке, технология самой наплавки, заточка и эксплуатация пил регламентируются технологическими режимами

ми РИ 16-00 "Наплавка зубьев рамных, ленточных и круглых пил износостойкими сплавами. Подготовка и эксплуатация".

Для нанесения стеллита кончик зуба пилы расплющивают, нагревают и в образовавшуюся лопаточку приспособлением НПК-1 направляют сплав. Для нагрева применяют ручные горелки. Пруток стеллита диаметром 3,5...6,0 мм нагревают и в разогретую лунку зуба направляют каплю твердого сплава, не отрывая ее от прутка. Стеллит равномерно распределяется по лунке. Нужная толщина слоя обеспечивается повторным нанесением капли. После отпуска зубьев выполняют их заточку.

6.5. Электроконтактная закалка зубьев пил

Из-за того, что зубья пил разводят или плюшат, твердость материала пил не превышает HRC , 46...47. Для других инструментов твердость равна HRC , 58...63.

Твердость зубьев пил, а следовательно и стойкость, можно повысить электроконтактной закалкой.

Способ разработан в 1950 г. и в то время использовался некоторыми предприятиями. В 70-х годах способ закалки изучен и рекомендован для производства.

На рис. 15 приведена схема установки для электроконтактной закалки зубьев рамных пил.

Установка включает блок питания с трансформатором 3 и реостатом 4, закалочный электрод 1 и узел для крепления пилы 2. В качестве блока питания рекомендуется использовать контактно-сварочную машину АТП-5, МТ-501, МТ-601.

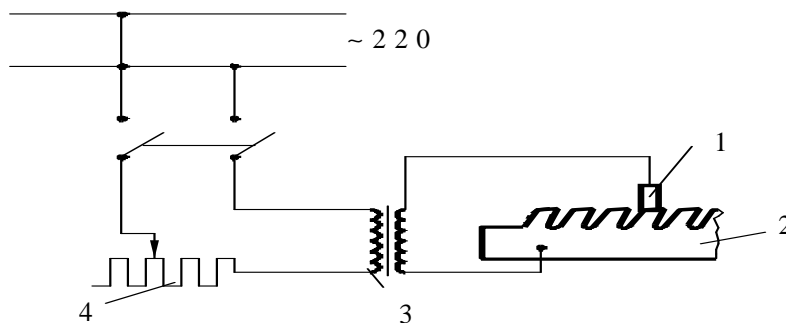


Рис. 15. Принципиальная схема установки для электроконтактной закалки

Рекомендуемый режим закалки

Давление электрода на заднюю поверхность зуба, Н	60...100
Температура нагрева закалочной зоны, °С	860...920
Время отвода электрода от зуба с момента отключения тока, с	0,05...0,15
Продолжительность нагрева, с	2...3
Скорость нагрева, °С/с	300...430

6.6. Электроискровое упрочнение инструмента

Сущность способа заключается в действии на лезвие режущего инструмента электрического импульсного (искрового) разряда, под действием которого происходит мгновенный нагрев микрообъема металла до температуры выше первой критической точки A_1 . Нагрев и интенсивное охлаждение вследствие теплопроводности вглубь металла создают на поверхности слой с вторичной закалкой и отпущенным подслоем. Эффект закалки сопровождается еще диффузионным легированием составляющими анода (титан, кобальт и пр.).

При искровом действии нагревается поверхностный слой металла глубиной 0,1...0,15 мм, а закаляется слой толщиной 0,03...0,05 мм, твердость достигает значения HRC_2 , 63...65,8.

Электроискровое упрочнение повышает период стойкости инструмента на 25...60%.

6.7. Электродуговое упрочнение инструмента

После электроискрового упрочнения поверхность инструмента получается шероховатой из-за кратеров, образовавшихся при разрядах.

Электродуговое упрочнение лезвий обеспечивает лучшее качество поверхности. Физическая сущность процесса та же, что и при электроискровом упрочнении. Только вместо искрового разряда действие на инструмент производит микродуга, образующаяся между электродами.

При дуговом упрочнении рекомендуются следующие режимы. Для жесткого режима ток короткого замыкания 5А, напряжение 110В; для мягкого режима ток короткого замыкания 3А, напряжение 80В. Период стойкости инструмента повышается на 30...60%.

6.8. Организация заточки инструмента

Восстановление режущих свойств затупившихся лезвий инструмента осуществляют заточкой их шлифовальными кругами и доводкой. Около 80% работы, затрачиваемой шлифовальными кругами при заточке, превращается в тепло. Мгновенная температура нагрева в тонких слоях, контактирующих со шлифовальным кругом, может достигать 870...1200°.

Тепло, возникающее в контакте, вызывает структурные изменения в металле, а также понижение микротвердости в поверхностном слое заточиваемого инструмента. Толщина измененного слоя может достигать 0,2 мм. Кроме того, в поверхностных слоях лезвия появляются внутренние напряжения, которые ведут к образованию микротрещин и непрямолинейности режущей кромки.

При правильной организации заточки количество выделяемого тепла можно уменьшить. Для этого необходимо соблюдать рекомендуемые режимы заточки и доводки.

Основными параметрами режима заточки являются тип шлифовального круга, поперечная и продольная подача. Каждому режиму заточки соответствует свой шлифовальный круг. Поперечная подача не более 0,02 мм за двойной ход, продольная подача - 3...6 м/мин. После заточки обязательна доводка.

Уменьшение шероховатости поверхностей лезвий инструмента. После заточки на поверхностях лезвий остаются риски, углубления, впадины. Шероховатая поверхность лезвия - одна из причин образования сил трения при резании древесины и выделения тепла. Температура в тонком

поверхностном слое лезвия достигает 800...840°С. Она вызывает структурные изменения в металле и износ лезвий.

Один из путей повышения стойкости инструмента при резании - уменьшение шероховатости поверхностей лезвий, удаление дефектов заточки, заусенцев, заворотов. Для этого поверхности лезвий можно править шлифовальными кругами, оселками, пастами.

6.9. Выводы

Известно много способов повышения периода стойкости режущего инструмента. Наиболее эффективными считают следующие способы:

1. Пайка пластин твердого сплава, поликристаллического алмаза или быстрорежущей стали на зубья.
2. Наплавка на лезвия стеллитов, сормайттов.
3. Закалка лезвий электроконтактная или в поле ТВЧ.
4. Правильная заточка с последующим выхаживанием, исключающим термические превращения в стали.
5. Повышение гладкости граней лезвий.

Контрольные вопросы

Известные способы повышения стойкости режущего инструмента классифицируют по двум направлениям: увеличение твердости и прочности лезвий режущего инструмента; совершенствование эксплуатации инструмента.

1. Назовите способы повышения стойкости режущего инструмента первого и второго направлений.
2. Что такое пайка металлов?
3. Какие материалы необходимы для пайки режущего инструмента?
4. Как осуществляется подготовка соединяемых элементов и их пайка?
5. Правда ли, что пайка и наплавка твердых сплавов - это разные технологические приемы?
6. Для чего делается электроконтактная закалка зубьев пил?
7. Назовите перечень технологических операций при закалке зубьев пил в поле ТВЧ?
8. С какой целью делается электроискровое упрочнение инструмента?
9. Правда ли, что режимы заточки режущего инструмента влияют на его стойкость?
10. Как влияет шероховатость поверхностей на стойкость инструмента?

Часть III
Конструкции дереворежущего
инструмента

7. Пилы

Дереворежущие пилы предназначены для распиловки древесины и древесных материалов. В зависимости от конструкции и назначения они делятся на пилы для лесопильных рам, ленточные (бревнопильные, делительные и столярные), круглые с плоским и коническим диском, круглые строгальные, дисковые с пластинками из твердого сплава, специальные.

7.1. Пилы рамные

Пилы используются в двух- и одноэтажных вертикальных лесопильных рамах, а также в тарных рамах [7, 9].

Предназначены они для продольной распиловки бревен и брусьев.

Пилы для вертикальных лесопильных рам (ГОСТ 5524-75). Поставляются двух типов: тип 1- с приклепанными планками (по требованию потребителя поставляются с комплектом планок и заклепок), тип 2- без планок (рис. 16, а, б).

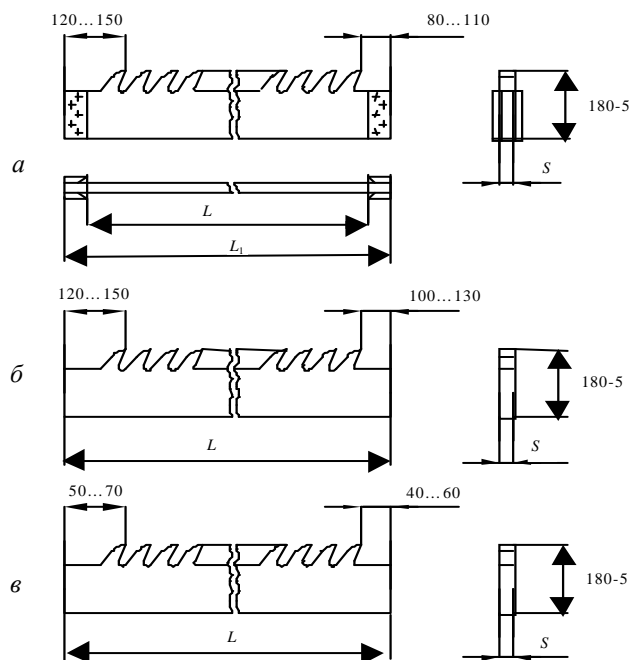
Длина полотен пил типа 1 выбирается из ряда, мм: 1250; 1400; 1500; 1600; 1750; 1950. Толщина полотен может быть 2,0; 2,2; 2,5 мм. Шаг зубьев может быть 22; 26 и 32 мм.

Длина полотен пил типа 2 принимается 1100 или 1250 мм. Толщина полотен может быть 1,6; 1,8; 2,0; 2,2 мм. Шаг зубьев может быть 18; 22 и 26 мм.

Пилы для тарных лесопильных рам (ГОСТ 10482-74) поставляются без планок (рис. 16, в). Угловые параметры их аналогичны параметрам пил по ГОСТ 5524-75. Длина полотен пил 600 и 685 мм; толщина полотен 1,0; 1,2 и 1,4 мм; шаг зубьев 16 и 22 мм. Пилы используют для выпиливания тарных дощечек из древесины хвойных и лиственных пород.

Зубья пил могут подвергаться разводу и плющению.

Материал пил - холоднокатаная лента из стали 9ХФ ГОСТ 5950-73. Твердость пил - *HRC*, 43...47.



Профиль зубьев

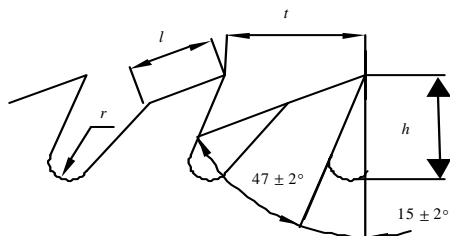


Рис. 16. Пилы рамные:

a, б – для вертикальных лесопильных рам; *в* – для тарных лесопильных рам

Пример заказа: пила рамная 3400-0032 ГОСТ 5524-75. Изготовитель - Горьковский опытно-промышленный металлургический завод (ГОПМЗ).

Необходимая длина пилы может быть найдена по формуле, мм

$$L = t_{\max} + H + (300...350), \quad (10)$$

где t_{\max} - максимальная высота пропила, мм; H - ход пильной рамки, мм.

7.2. Пилы ленточные

Ленточные пилы имеют небольшую толщину, что позволяет увеличить при распиловке полезный выход пиломатериалов.

Пилы ленточные столярные (ГОСТ 6532-77, тип 1) предназначены для прямолинейной и криволинейной продольной и поперечной распиловки пиломатериалов на ленточных столярных станках (рис. 17, а, б).

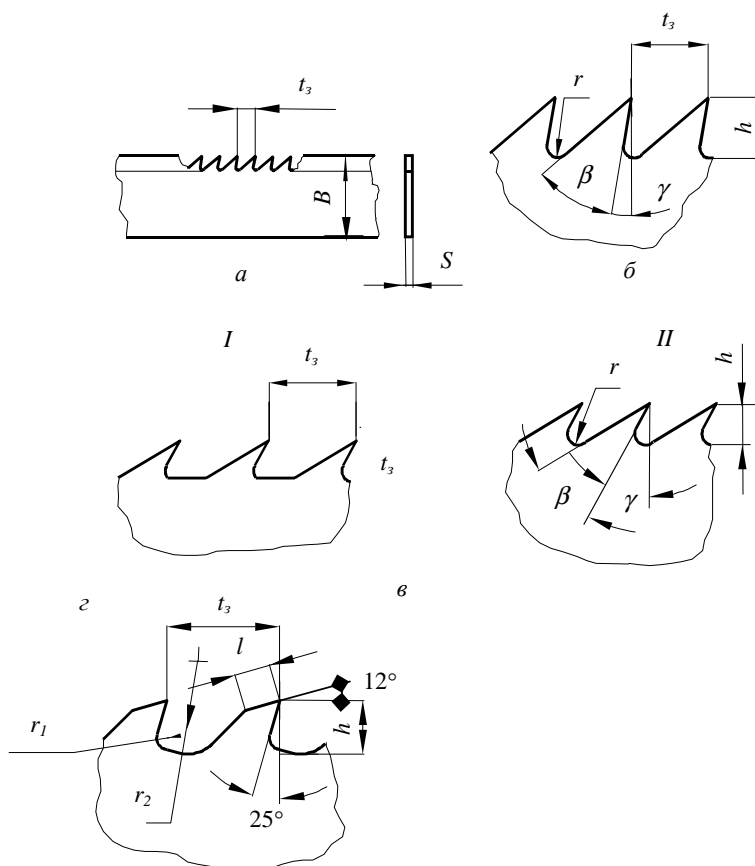


Рис. 17. Пилы ленточные:
 а – общая схема; б – столярные; в – делительные;
 г – для распиловки бревен и брусьев

Пилы поставляются заказчику в рулонах. Длина пильной ленты в рулоне 4000 или 6000 мм. Ширина пильной ленты равна $B = 10...60$ мм, толщина – $S = 0,6; 0,7; 0,8; 0,9$ мм, шаг зубьев – $t = 6...12$ мм, высота зубьев – $h = 2,0...6,5$ мм и радиус закругления впадины $r = 1,5; 2,5$ мм. Угол заострения зубьев $\beta = 50^\circ$ и передний угол $\gamma = 5^\circ$.

Пилы ленточные делительные (ГОСТ 6532-77, тип 2) предназначены для прямолинейной продольной распиловки пиломатериалов по толщине на ленточных делительных станках.

Конструкция и основные размеры пил приведены на рис. 17, в. Пилы выпускаются с профилем зубьев I ($t_s = 50$ мм) и II ($t_s = 30$ мм). Длина пильной ленты в рулоне 7000, 8500 и 9000 мм. Ширина пильной ленты равна $B = 85...175$ мм, толщина – $S = 1,0; 1,2; 1,4$ мм, высота зубьев – $h = 10...13$ мм и радиус закругления впадины $r = 3$ и 4 мм. Угол заострения зубьев $\beta = 45$ и 50° и передний угол $\gamma = 20$ и 30° .

Пилы ленточные для распиловки бревен и брусьев (ГОСТ 10670-77) применяются на ленточнопильных станках.

Конструкция и основные размеры приведены на рис. 17, г. Длина пильной ленты в рулоне 10800 или 11700 мм. Ширина пильной ленты равна 230 мм, толщина – 1,4; 1,6 мм, шаг зубьев – 50 и 60 мм, высота зубьев – 16,7; 20,0 мм, радиусы закругления впадины $r = 20,8; 25,0$ мм, $r_1 = 5,8; 7,0$ мм.

Материал пил – холоднокатаная лента из стали марки 9ХФ по ГОСТ 5950-73. Столярные пилы могут быть сделаны из стали марки У10А по ГОСТ 1435-74.

Твердость пил: столярных и делительных - $HRC_s, 40...44$; для распиловки бревен и брусьев - $HRC_s, 42...47$.

Изготовитель ГОПМЗ. Пример заказа: пила ленточная 3405-0003 ГОСТ 10670-77.

Выбор размеров пил. Максимальная длина пильной ленты, мм:

$$L_{max} = \pi D + 2L, \quad (11)$$

где D - диаметр пильных шкивов станка, мм; L - расстояние между шкивами станка.

Пила от изгиба на шкивах получает наклеп и может сломаться. Для исключения этого толщину ленты принимают по следующему соотношению, мм:

$$S = (0,0007...0,001)D. \quad (12)$$

Для получения криволинейного пропила ширину столярных пил выбирают по выражению, мм:

$$B = 2,8\sqrt{RS'}, \quad (13)$$

где R - наименьший радиус кривизны пропила, мм; S' - уширение зубьев пилы на сторону, мм.

7.3. Пилы круглые плоские для распиловки древесины

Пилы (ГОСТ 980-80) применяются на лесопильном, деревообрабатывающем, лесозаготовительном производствах для продольной и поперечной распиловки бревен и пиломатериалов (брусьев, брусков, досок, горбылей, реек и др.), на шипорезных и других станках.

Конструкция и основные размеры пил приведены на рис. 18. По профилю зубьев пил выпускаются двух типов: для продольной распиловки типа 1 исполнений 1 и 2 и для поперечной распиловки типа 2 исполнений 1 и 2.

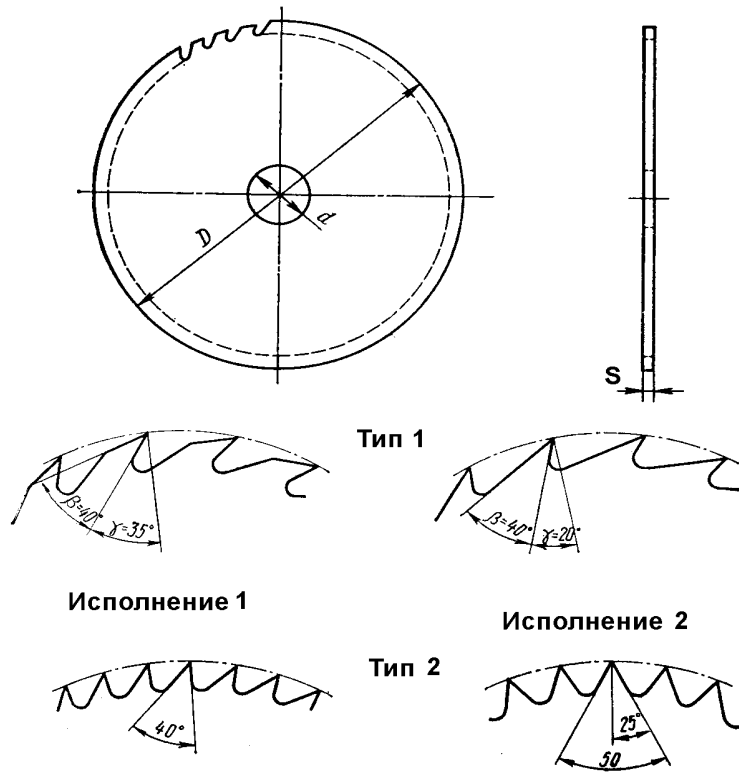


Рис. 18. Пилы круглые плоские

Пилы для продольного пиления древесины (тип 1). Пилы исполнения 1 имеют ломанолинейную заднюю поверхность зубьев, а пилы ис-

полнения 2 - прямолинейную заднюю поверхность. Пилы исполнения 1 применяются в круглопильных станках. Их диаметр изменяется в диапазоне $D = 250...1500$ мм; диаметр посадочного отверстия – $d = 32; 50$ и 80 мм; толщина дисков – $S = 1,4...5,5$ мм; число зубьев $Z = 48; 60$ и 72 .

Пилы исполнения 2 применяют в основном в деревообрабатывающих бытовых станках, электрифицированном ручном инструменте, а также на фрезерных станках. Их диаметр равен $D = 125; 160$ и 200 мм; диаметр посадочного отверстия – $d = 32$ мм; толщина дисков – $S = 1,2; 1,4$ и $1,6$ мм; число зубьев $Z = 36; 48$ и 60 .

Основную работу у пил типа 1 выполняет короткая режущая кромка. Роль боковых режущих кромок незначительна, поэтому их специально не затачивают.

Пилы для поперечного пиления древесины (тип 2). Пилы исполнения 1 выпускаются с передним углом зубьев, равным нулю. Применяются они в круглопильных станках с нижним расположением шпинделя. Их диаметр равен $D = 360...1500$ мм; диаметр посадочного отверстия – $d = 50$ мм; толщина дисков – $S = 2,0...5,5$ мм; число зубьев $Z = 72$ и 120 .

Пилы исполнения 2 имеют отрицательный передний угол зубьев (расположен он внутри тела зуба). Применяются они в круглопильных станках с верхним расположением шпинделя относительно распиливаемого материала. Их диаметр равен $D = 125...630$ мм; диаметр посадочного отверстия – $d = 32$ и 50 мм; толщина дисков – $S = 1,2...3,0$ мм; число зубьев $Z = 60; 72; 96$ и 120 .

Основную работу при пилении пилами типа 2 выполняют боковые режущие кромки. Их затачивают со следующими углами наклона передних и задних поверхностей (углами косой заточки): 45° - при распиловке пиломатериалов хвойных пород; 55° - при распиловке пиломатериалов твердых пород; 65° - при распиловке бревен.

Материал пил - сталь марки 9ХФ по ГОСТ 5950-73. Твердость HRC_3 , $41...46$. Пилы поставляются выправленными и прокованными для скоростей главного движения $40 \dots 60$ м/с при продольной распиловке и $40...75$ м/с - при поперечной. Пример заказа: пила 3420-0228 ГОСТ 980-80. Изготовитель - ГОПМЗ.

Выбор диаметра пилы. Минимально допустимый диаметр пилы, мм, в зависимости от конструктивного исполнения станков определяют по следующим формулам.

Для продольной и поперечной распиловки на станках с верхним или нижним расположением пилы и подачей параллельно плоскости стола:

$$D_{\min} = 2(t + z_{\phi} + a_1 + a_2), \quad (14)$$

где t - высота пропила, мм; r_{ϕ} - радиус зажимных фланцев, мм ; a_1 – зазор между зажимным фланцем и заготовкой, мм; a_2 - выступ пилы из пропила, мм.

Зазор a_1 принимают для станков с нижним расположением пилы $(5 + h_c)$ мм, где h_c - толщина стола, для станков с верхним расположением пилы - 10 мм и для бревнопильных - более 15 мм.

Для поперечной распиловки на станках:
балансирно-педальных:

$$D_{\min} = 2\left(\sqrt{(B-C)^2 + (r_\phi + a_1 + t)^2} + a_2\right); \quad (15)$$

маятниковых:

$$D_{\min} = 2\left(\sqrt{(B-C)^2 + (r_\phi + a_1 + t)^2} - L_m + a_2\right), \quad (16)$$

где B - ширина распиливаемого материала, мм; C - расстояние от опорной линейки до вертикали, проходящей через центр пилы (при крайнем верхнем положении пилы для балансирно-педальных станков или при вертикальном положении маятника для маятниковых станков), мм; L_m - длина маятника, мм.

Минимальный диаметр пилы увеличивают на 100 мм ($D < 710$ мм) или 200 мм ($D \geq 710$ мм) для переточек и округляют в большую сторону до стандартного значения.

Зажимные фланцы. Пила крепится на валу станка зажимными фланцами, которые взаимодействуют с пилой наружными ободками шириной 20...25 мм. Диаметр зажимных фланцев выбирают по диаметру пилы:

Диаметр пилы, мм	160...360	400...450	560...800	900...1000	1250	1500
Диаметр фланцев, мм	100	125	160	200	240	300

Толщина пилы, мм, определяет устойчивость диска и связана с его диаметром соотношением

$$S = (0,08...0,12)\sqrt{D}. \quad (17)$$

Шаг зубьев пил t_z , радиус окружности впадин r и высоту зубьев h , мм, определяют по формулам:

$$\begin{aligned} t_z &= D \sin\left(\frac{180}{z}\right); \\ r &= (0,15...0,20)t_z; \\ h &= (0,45...0,50)t_z, \end{aligned} \quad (18)$$

где z - число зубьев.

У пил для поперечной распиловки $h = (0,6...0,9)t_z$.

7.4. Пилы круглые строгальные

Пилы (ГОСТ 18479-73) предназначены для распиловки сухой древесины (влажность не более 20%) при высоких требованиях к шероховатости обработанных поверхностей. Пилы типа 1 применяются для продольной распиловки, типа 2 - для поперечной распиловки. Конструкция и основные размеры пил приведены на рис. 19.

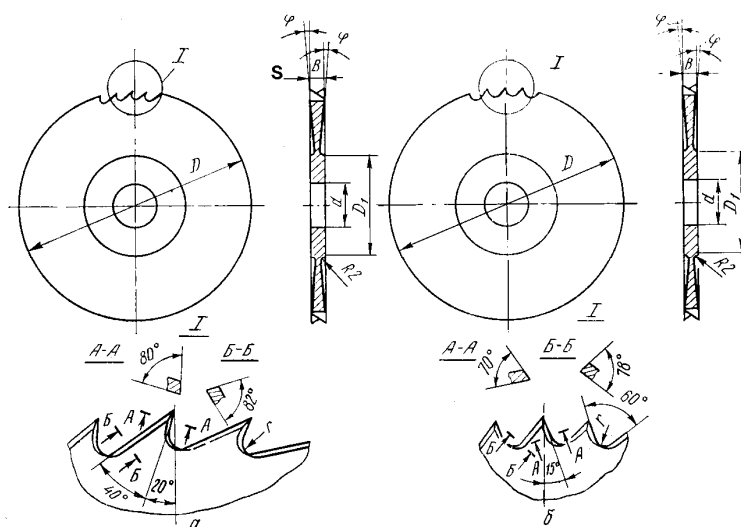


Рис. 19. Пилы круглые строгальные

Пилы типа 1 имеют диаметр $D = 160...400$ мм; диаметр посадочного отверстия – $d = 32$ и 50 мм; толщина дисков – $S = 1,6...3,6$ мм; число зубьев $Z = 48$ и 60 ; угол радиального поднутрения боковых поверхностей диска $\varphi = 15'$; $25'$.

Пилы типа 2 имеют диаметр $D = 200...400$ мм; $Z = 60$; 72 и 96 . Остальные параметры такие же, как у пил типа 1.

Материал пил - сталь марки 9ХФ по ГОСТ 5950-73. Твердость - $HRC, 51...55$. Пример заказа: пила строгальная 3420-0463 ГОСТ 18479-73. Изготовитель - ГОПМЗ.

7.5. Пилы круглые конические

Пилы (ТУ 14-1-1809-76) выпускаются двух типов - право- и левоконические.

Пилы предназначены для выпиливания тонких дощечек при продольной распиловке пиломатериалов, а также ребровой распиловке горбылей и досок шириной до 160 мм, толщиной до 19 мм на ребровых станках. Ширина пропила равна 1,7...2,5 мм.

Конструкция и основные размеры приведены на рис. 20. Зубья пилы правоконической расположены с зеркальным отражением зубьев пилы левоконической. Одна торцовая поверхность пилы выполнена конической, за счет этого толщина пилы около зубчатого венца уменьшается до 1,0...1,4 мм. Высота пропила уменьшается при высокой жесткости пилы. Такие пилы позволяют повысить полезный выход тонких деталей.

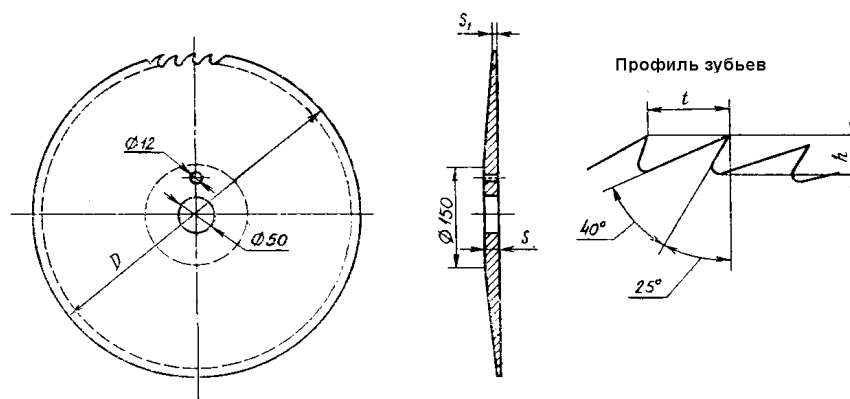


Рис.20 . Пила круглая левоконическая

Материал пил - сталь марки 9ХФ по ГОСТ 5950-73. Твердость - *HRC*, 41...46. Пример заказа: пила Н-376-01 ТУ14-1-1809-76.

7.6. Пилы дисковые с твердосплавными пластинами

Пилы по ГОСТ 9769-79 выпускаются двух типов: тип 1 - с разносторонними углами наклона передних и задних поверхностей зубьев и тип 2 - без углов наклона передних и задних поверхностей зубьев.

Пилы типа 1 предназначены для распиловки клееной древесины, фанеры, облицованных щитов, столярных плит, цельной древесины твердых пород поперек волокон, для чистовой форматной распиловки облицованных древесностружечных плит.

Пилы типа 2 предназначены для черновой распиловки облицованных и необлицованных древесностружечных плит и цельной древесины твердых пород вдоль волокон.

Конструкция и основные размеры пил приведены на рис. 21.

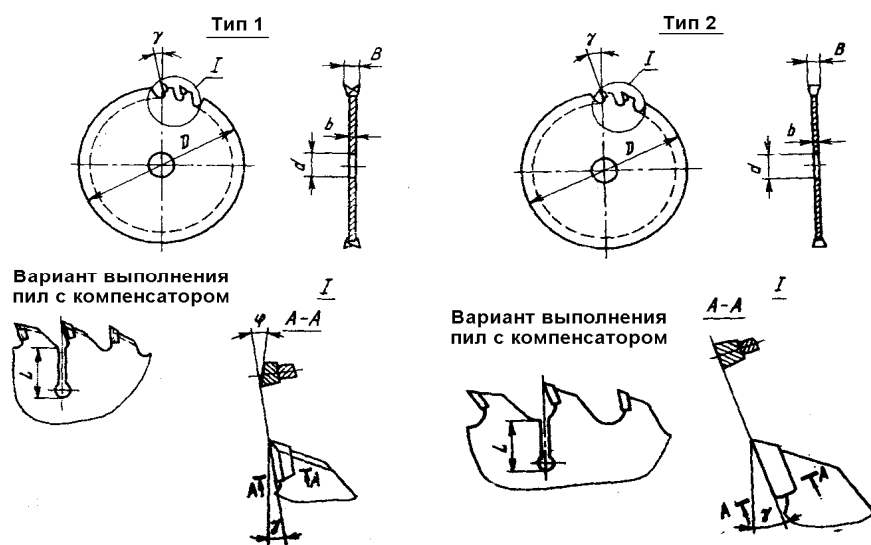


Рис. 21. Пилы с твердосплавными пластинами

Пилы типа 1 имеют диаметр $D = 250...400$ мм; диаметр посадочного отверстия – $d = 50$ мм; толщину дисков – $S = 2,4$ и $2,8$ мм; ширину пропила $b = 3,4$ и $4,1$ мм; число зубьев $Z = 24; 36; 56$ и 72 ; передний угол зубьев $\gamma = 10^\circ$.

Пилы типа 2 имеют диаметр $D = 250...400$ мм; диаметр посадочного отверстия – $d = 32$ и 50 мм; толщину дисков – $S = 2,4$ и $2,8$ мм; ширину пропила $b = 3,4; 3,5; 4,0$ и $4,1$ мм; число зубьев $Z = 24; 36$ и 56 ; передний угол зубьев $\gamma = 20^\circ$.

Задние углы при главных режущих кромках 15° , при боковых – $2...3^\circ$. Углы поднутрения к центру $1,0...1,5^\circ$. Углы наклона передних и задних поверхностей зубьев $\varphi = 15^\circ$. Часто эти углы делают только по задней поверхности.

Материал режущей части – пластины из твердого сплава марок ВК6 и ВК15 по ГОСТ 3882-74. Форма и размеры твердосплавных пластин по ГОСТ 13833-77.

Материал диска пил – сталь марки 50ХФА по ГОСТ 14959-79 или 9ХФ по ГОСТ 5950-73. Твердость диска – 40...45 HRC_с.

Пример заказа: пила 3420-0366 ГОСТ 9769-79. Изготовитель – ГОПМЗ.

Контрольные вопросы

1. Начертите схему рамной пилы. Покажите ее размеры.
2. Как рассчитывается длина рамных и ленточных пил?
3. Начертите схемы ленточных пил, укажите их размеры.
4. Как подбирают толщину ленточной пилы по диаметру шкивов ленточнопильного станка?
5. Начертите схемы круглых пил, укажите их размеры.
6. Начертите профили зубьев круглых пил.
7. Чем отличаются пилы для продольной и поперечной распиловки?
8. Назовите материал и твердость режущей части пил.
9. Как рассчитывают диаметр круглых пил?

8. Ножи

В эту группу включают ножи и резцы для фрезерования древесины и древесных материалов, ножи стружечные, ножи луцильные и линейки прижимные, ножи для гильотинных ножниц, строгальные, щепальные, корообдирочные и коросниматели, рубильные и шпалооправочные.

8.1. Ножи для фрезерования плоских поверхностей

Ножи плоские с прямолинейной режущей кромкой. Ножи плоские с прямолинейной режущей кромкой для фрезерования древесины и древесных материалов нашли в деревообработке широкое применение. Ими оснащаются ножевые валы фуговальных и рейсмусовых станков, сборные фрезы для фрезерных, четырехсторонних продольно-фрезерных станков и др.

Конструкция и размеры ножей по ГОСТ 6567-75 приведены на рис. 22. Ножи изготавливают двух типов: 1 – без прорезей, 2 – с прорезями.

Ножи типа 1 длиной до 260 мм применяются в сборных фрезях по ГОСТ 14956-79, длиной 310...1610 мм – в ножевых валах фуговальных и рейсмусовых станков. Ширина ножей 25; 32 и 40 мм; толщина – 3 мм (тонкие ножи).

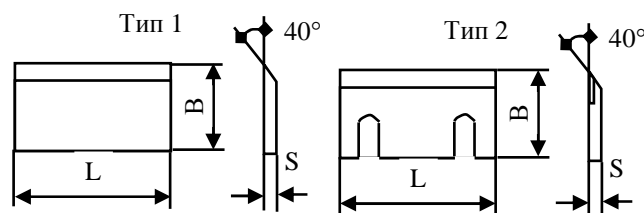


Рис. 22. Ножи с прямолинейной режущей кромкой

Ножи типа 2 предназначены для квадратных сборных фрез и имеют ограниченное применение. Длина ножей 60...310 мм, ширина – 100...125 мм, толщина – 10 мм (толстые ножи). Прорезы (1...4 шт.) используются для крепления ножей к корпусу винтами. Ножи делаются двухслойными: первый слой – режущая часть и второй слой – корпус ножа.

Материал ножей типа 1 и режущей части ножей типа 2 – сталь марки 8Х6НФТ или Х6ВФ по ГОСТ 5950-73. Корпус ножей типа 2 изготавливают из стали марки 10 по ГОСТ 1050-88.

8.2. Ножи с пластинами из твердого сплава

Ножи применяют в сборных цилиндрических фрезях по ГОСТ 14956-79. Конструкция и размеры приведены на рис. 23.

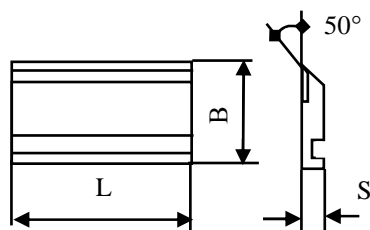


Рис. 23. Нож с пластиной из твердого сплава

Длина ножей $L = 25...110$ мм; ширина $B = 32$ мм и толщина $S = 6$ мм.

Материал: режущая часть – твердый сплав марки ВК15 по ГОСТ 3882-74, форма и размеры пластин по ГОСТ 13834-77; корпус – сталь марок 40Х, 35ХГСА по ГОСТ 4543-71 или 45 по ГОСТ 1050-88.

Пример заказа: нож 3210-1751/002 ГОСТ 14956-79.

8.3. Профильные ножи

Профильные ножи предназначены для обработки фасонных поверхностей филенок, мебельных фасадов, сопрягаемых поверхностей элементов мебели, оконных, дверных блоков и др. Ножи крепят в корпусе фрезерной головки (рис. 24).

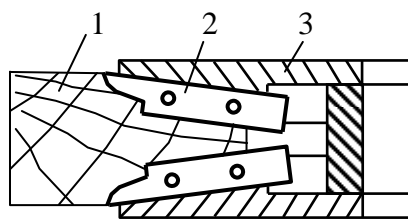


Рис. 24. Обработка детали профильными ножами:
1 – деталь; 2 – нож;
3 – корпус головки

Фрезерная головка состоит из корпуса 3 и нескольких профильных ножей 2. Режущие кромки ножей при работе формируют заданный профиль детали 1.

Профили ножей могут быть разнообразными. На рис. 25 показаны некоторые из них. Ножи делают из легированной инструментальной стали, из быстрорежущей стали марки Р6М5, твердых сплавов, минералокерамики.

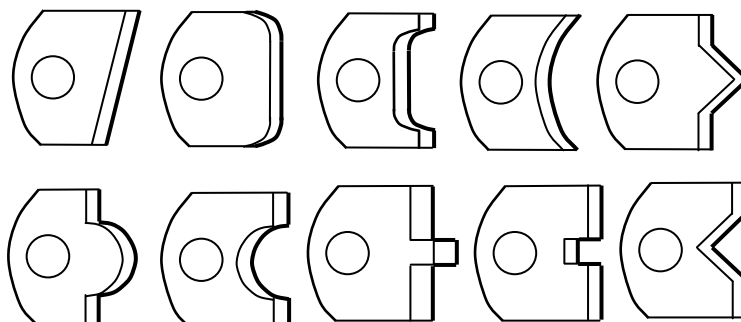


Рис.25. Профили ножей

8.4. Ножи лущильные, строгальные и линейки прижимные

Ножи лущильные предназначены для изготовления шпона на лущильных станках. Ножи применяются также в ножницах для резки сырого шпона. Конструкция, размеры и технические требования регламентированы ТУ14-1-1918-76 (рис. 26). Длина ножей $L = 900...2800$ мм, ширина –

$B = 180$ мм, толщина $S = 15$ мм. Угол заострения β принимают 18° при лущении мягких пород и срезании тонкого шпона. При срезании шпона толщиной более 2,5 мм, а также при лущении твердых пород древесины принимают $\beta = 21 \dots 22$ мм.

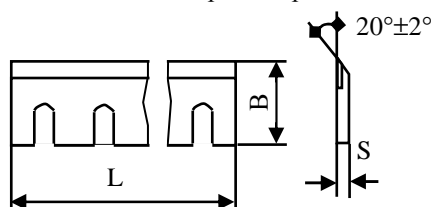


Рис.26. Лущильный нож

Ножи изготавливают из двухслойной стали. Материал режущего слоя – инструментальная легированная сталь марки 8Х6НФТ, корпуса – углеродистая сталь марки 10. Твердость режущего слоя 55...59 HRCэ.

Линейки прижимные предназначены для обжима древесины и создания дополнительного подпора при лущении с целью получения плотного и гладкого шпона. Конструкция, размеры и технические требования регламентированы ТУ14-1-1675-76 (рис. 27).

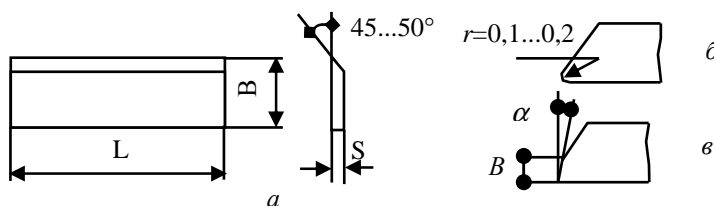


Рис. 27. Конструкция прижимных линеек

Линейки имеют длину $L = 900 \dots 2000$ мм, ширину – $B = 50 \dots 80$ мм, толщину $S = 10 \dots 15$ мм. Линейки бывают без прорезей (рис. 27, а) и с прорезями для крепления винтами. Нажимная кромка может быть закругленной (рис. 27, б) или с прямой фаской (рис. 27, в). Линейки с закругленной кромкой применяют при лущении тонкого шпона толщиной до 2 мм при небольшой степени обжима. Линейки с прямой фаской применяют при лущении шпона толщиной более 1,8 мм. Ширина фаски B принимается в зависимости от толщины срезаемого шпона.

Толщина шпона, мм	1,5	2,0	3,0
Ширина фаски B , мм	2,0	3,5	6,0

Угол обжима α принимается равным $5 \dots 7^\circ$.

Термической обработке линейки не подвергаются. Их материал – инструментальная углеродистая сталь марки У8А.

Ножи строгальные. Ножи (ТУ14-1-679-73) предназначены для срезаания строганого шпона. Они имеют длину 3146 мм, ширину 260 мм и

толщину 15 мм. Для закрепления в ноже выполнено 15 прорезей. Угол заострения лезвия равен 18...23°.

Ножи изготавливают двухслойными. Материал режущего слоя – сталь марки 85ВФ, корпуса – сталь марки 10 по ГОСТ 1050-88. Твердость режущего слоя 55...61 HRC₃.

Прижимная линейка строгального станка представляет собой стальной брус прямоугольного сечения с выступающим ребром. Угол заострения ребра 50°, ширина фаски 2 мм.

8.5. Ножи корообдирочные и коросниматели

Ножи корообдирочные. Предназначены для окорки древесины методом фрезерования на станках старых моделей. Конструкция, размеры ножей и технические требования регламентированы ТУ14-1-1693-76.

Материал – сталь марки 9Х1 или 6ХС по ГОСТ 5950-74. Твердость режущей части ножей 50...57 HRC₃.

Изготовитель ГОПМЗ.

Коросниматели. Коросниматели предназначены для работы на роторных окорочных станках, применяемых для окорки круглых лесоматериалов хвойных и лиственных пород.

Типы, размеры ножей и технические требования регламентированы ОСТ 13-49-84 (рис. 28). Коросниматели выпускаются двух типов: 1 – прямые для окорочных станков моделей ОК-66М, ОК-35М; 2 – отогнутые, для окорочных станков по ГОСТ 16021-80.

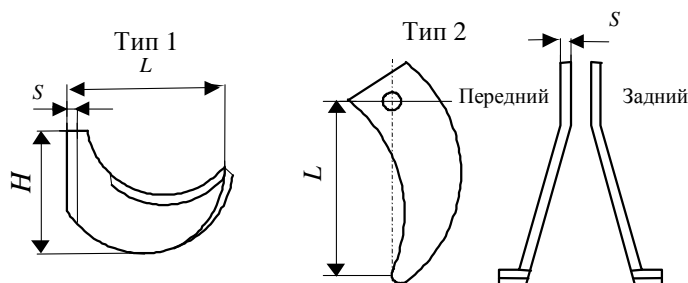


Рис. 28. Коросниматели

Размеры короснимателей. Тип 1: $L = 231, 413$ мм; $H = 155, 275$ мм; $S = 6, 10$ мм. Тип 2: $L = 265, 370, 472$ мм; $S = 10...16$ мм.

Материал короснимателей – сталь марки 60С2А.

8.6. Ножи рубильные

Ножи предназначены для производства технологической щепы на рубительных машинах.

Ножи для рубительных машин (ГОСТ 17342-81) выпускаются двух типоразмеров: 3116-0005 длиной 300 мм, шириной 85 мм, толщиной 6 мм и 3116-0006 длиной 460 мм, шириной 85 мм, толщиной 10 мм.

Выпускаются и другие типоразмеры ножей (ОСТ 13-32-74, ТУ14-1-1899-76).

Ножи по ГОСТ 17342-81 и ОСТ 13-32-74 изготавливаются из сталей марок 6Х6В3МФС по ГОСТ 5950-73. Твердость ножей 55...59 HRC_с.

Ножи по ТУ14-1-1999-76 выпускаются двухслойными: режущий слой из стали марки 6ХС, а корпус – из углеродистой стали марки 10 по ГОСТ 1050-88. Ножи могут быть и однослойными из стали 6ХС.

Твердость режущей части ножей: двухслойных 52...59 HRC_с, однослойных 49...57 HRC_с. Изготовитель – ГОПМЗ.

Контрольные вопросы

1. Назовите типы дереворежущих ножей.
2. Начертите схемы ножей, укажите их размеры.
3. Начертите схемы обжимных линеек.
4. Назовите материалы для дереворежущих ножей.

9. Фрезы, ножевые валы

9.1. Классификация

По способу крепления на шпинделе станка фрезы делят на насадные и концевые. Насадная фреза имеет посадочное отверстие, а концевая - хвостовик для крепления в патроне.

По технологическому признаку различают фрезы для получения плоских и профильных (фасонных) поверхностей.

По конструктивному исполнению фрезы подразделяют на цельные, составные, сборные и комбинированные.

По материалу, из которого сделаны фрезы, их делят на три группы: фрезы цельные из инструментальных сталей, фрезы, оснащенные пластин-

ками из инструментальных сталей, и фрезы, оснащенные пластинками из твердого сплава.

9.2. Фрезы сборные

Виды фрез. Фрезы предназначены для обработки плоских и профильных поверхностей. Различают два вида фрез:

- со вставными ножами, закрепленными в корпусе фрезы клиньями и винтами;

- со вставными неперетачиваемыми поворотными пластинами, закрепленными в корпусе фрезы клиньями и винтами (с механическим креплением неперетачиваемых твердосплавных пластин).

Типы фрез. По ГОСТ 14956-79 выпускаются пять типов цилиндрических сборных фрез для обработки плоских поверхностей:

- тип 1 – с непосредственной посадкой на шпиндель;
- тип 2 – с креплением на двух цапфах гайками;
- тип 3 – с креплением на двух цапфах через промежуточные упорные кольца;
- тип 4 – с креплением на цапфе;
- тип 5 – с креплением на патроне.

Исполнение фрез. Фрезы типов 1, 4 и 5 изготавливают в двух исполнениях: 1 – с ножами из инструментальной легированной стали; 2 – с ножами, оснащенными твердосплавными пластинами.

Фрезы цилиндрические сборные. Конструкция и размеры фрез по ГОСТ 14956-79 с ножами из легированной инструментальной стали (тип 1, исполнение 1) приведены на рис. 29. Наружный диаметр фрез $D = 80 \dots 140$ мм; диаметр посадочного отверстия $d = 22; 27; 32; 40; 50$ мм; ширина фрез $B = 40 \dots 260$ мм; число зубьев $Z = 2$ и 4.

Фрезы с твердосплавными пластинами выпускаются с числом зубьев $z = 4$.

Крепление ножей фрезерных головок. Известно много способов крепления ножей в корпусе фрезерной головки. Часто ножи 3 крепят в корпусе с помо-

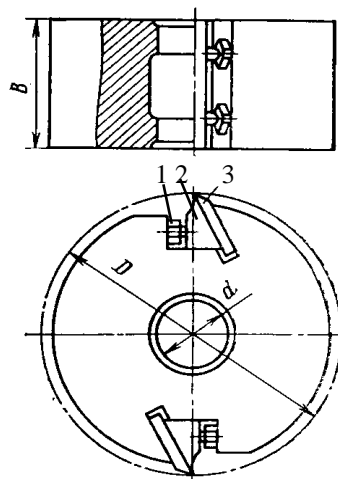


Рис. 29. Фреза цилиндрическая сборная

щью клиньев 2 и винтов 1 (см. рис. 29). На рис. 30 показаны узлы крепления тонких и толстых ножей.

Нож 3 крепится в корпусе головки клином 2 и винтом 1. Для выверки положения ножа используют пружину 4.

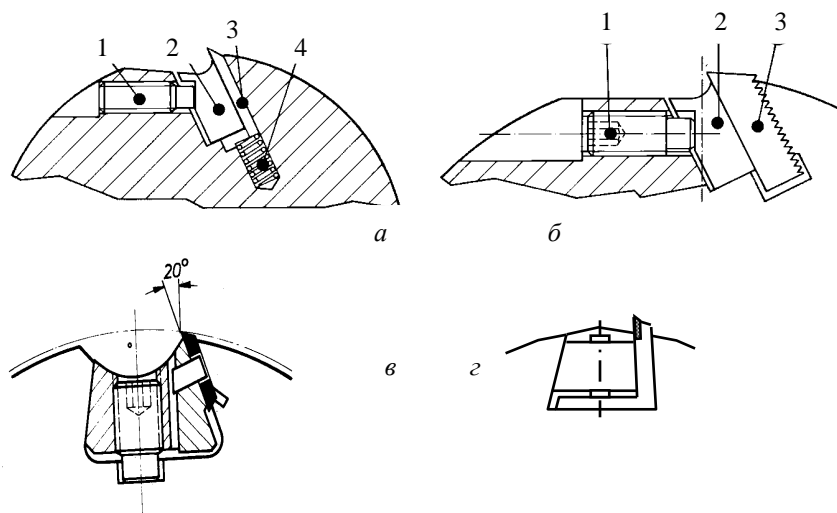


Рис. 30. Узлы крепления ножей:
а, в – тонких; б, г – толстых

Такое крепление повышает точность установки ножей, улучшает обтекаемость головки, снижает уровень аэродинамического шума.

Фрезы для обработки профильных поверхностей. В корпусе сборной фрезы закреплены винтами и клиньями фасонные ножи.

На станках с ручной подачей скорость подачи трудно регулировать. При случайном превышении рекомендуемой скорости подачи может произойти ухудшение шероховатости и точности обрабатываемой поверхности. Могут проявиться неровности разрушения.

Для предотвращения отказов фрезы снабжают контрупорами. Контрупор расположен перед зубом и его образующая поверхность отступает от окружности режущих кромок зубьев на расстояние 0,8 мм.

Контрупор позволяет подавать заготовку с подачей на зуб не более чем 0,8 мм.

В ножевых профильных головках роль контрупоров выполняют контрножи (рис. 31).

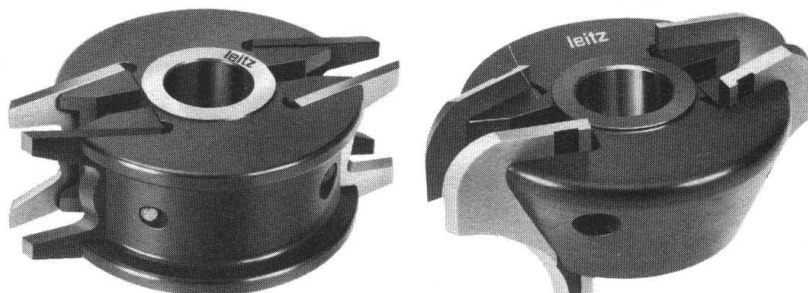


Рис.31. Универсальные профильные ножевые головки с контрножами

9.3. Фрезы цельные

Цельные насадные фрезы выпускаются с различным профилем режущих кромок. Они могут быть с затылованными или с острозаточенными зубьями. У затылованных фрез задняя поверхность зубьев выполнена по спирали Архимеда, что позволяет при переточке сохранять неизменными угловые параметры и профиль зубьев. Фрезы с острозаточенными зубьями (задние поверхности зубьев плоские) указанными качествами не обладают.

Ниже приведены примеры фрез.

Фрезы дисковые пазовые по ГОСТ 11290-80 изготавливаются из инструментальной стали. Их конструкция и размеры приведены на рис. 32. Фрезы предназначены для обработки продольных и поперечных пазов.

Фрезы выпускаются диаметром $D = 125...180$ мм; с диаметром посадочного отверстия $d = 30...40$ мм и шириной $B = 4...20$ мм.

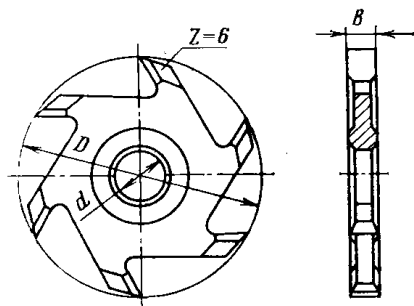


Рис. 32. Фреза цельная дисковая насадная для обработки продольных пазов

Фрезы для обработки зубчатых шипов. Фрезы выполняются с острозаточенными зубьями или затылованными.

Фрезы обеспечивают обработку шипов длиной 5, 10 и 20 мм по ГОСТ 19414-79 (рис. 33).

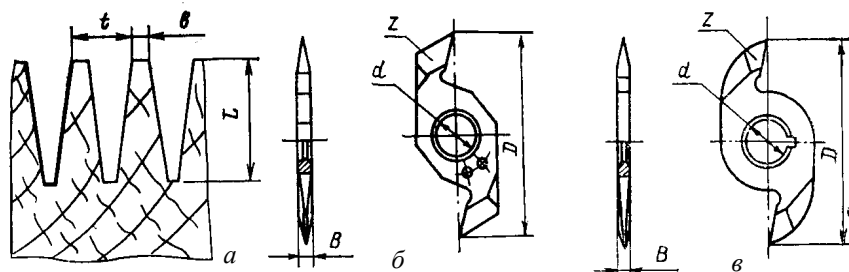


Рис. 33. Фрезы для обработки зубчатых шипов:
 а – профиль обработки; б – фреза с острозаточенными зубьями;
 в – фреза с затылованными зубьями

9.4. Фрезы концевые

Концевые фрезы предназначены для фрезерования профиля по контуру, выборки пазов и гнезд, выполнения художественной резьбы. По форме режущей части фрезы делятся на цилиндрические, трапецеидальные и фасонные.

Конструктивно цилиндрические фрезы подразделяются на однозубые незатылованные и затылованные, а также на двузубые с прямой и винтовой канавкой.

Задняя поверхность затылованных фрез выполнена по спирали Архимеда, что обеспечивает постоянство угловых параметров при заточке. Однако при заточке уменьшается диаметр фрезы. Срок службы таких фрез при обработке мерных пазов и гнезд невелик и определяется предельными отклонениями размеров изделия. Такие фрезы имеют ограниченное применение.

Задняя поверхность однозубой незатылованной фрезы цилиндрическая, ее ось совпадает с геометрической осью фрезы. Фреза крепится в патроне с эксцентриком. Задний угол обеспечивается за счет эксцентричного вращения фрезы.

Двузубые фрезы имеют боковые и торцовые режущие кромки. Их используют как при обработке гнезд и пазов, так и при фрезеровании по контуру.

Фрезы концевые цилиндрические из инструментальных сталей. Фрезы выпускаются по ГОСТ 8994-80 двух типов: тип 1 – однозубые, тип 2 – двузубые.

Конструкция и размеры фрез приведены на рис. 34 и 35.

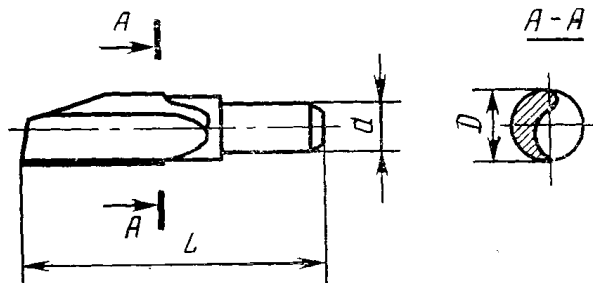


Рис. 34. Фреза концевая цилиндрическая однозубая

Фрезы выпускаются диаметром $D = 4...20$ мм, с диаметром хвостовика $d = 4...10$ мм и длиной $L = 50...95$ мм.

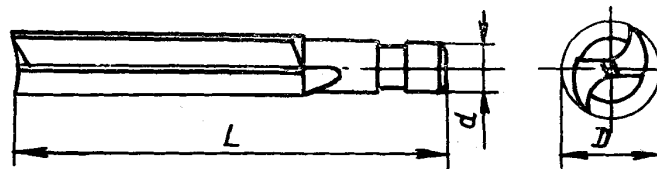


Рис. 35. Фреза концевая цилиндрическая двузубая

Двузубые фрезы выпускаются диаметром $D = 5...25$ мм, с диаметром хвостовика $d = 5...12$ мм и длиной $L = 80...160$ мм.

Материал концевых фрез – сталь марки Х6ВФ по ГОСТ 5950-73. Твердость рабочей части $58...61 HRC$, хвостовика - $30...40 HRC$. Изготовитель – Томский завод режущих инструментов (ТЗРИ).

9.5. Ножевые валы

Ножевые валы фуговальных и рейсмусовых станков предназначены для крепления сменных ножей. Ножевой вал (рис. 36) изготавливается цельным цилиндрическим с цапфами для подшипников.

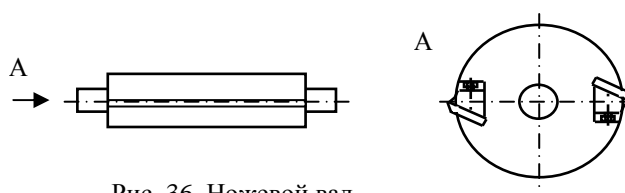


Рис. 36. Ножевой вал

При замене ножей вал со станка не снимается. Снимаются только

ножи. В вале выполнено 2 или 4 продольных паза, в которые вставлены ножи с клиньями и винтами. Клиновое крепление ножей выполняется таким же, как в сборных фрезах.

Ножи в валах закреплены параллельно осевой линии. Иногда их устанавливают по винтовой линии. Валы с винтовыми ножами повышают плавность работы механизма главного движения, понижают шум. Однако подготовка ножей и уход за таким валом более трудоемки.

Контрольные вопросы

1. Назовите типы фрез, различаемые по конструкции и по способу крепления на валу.
2. Из каких деталей состоит сборная фреза?
3. Начертите схемы крепления ножей в корпусе фрезы.
4. Начертите схемы концевых фрез.
5. Что такое ножевой вал?

10. Сверла

10.1. Назначение и классификация

Сверла предназначены для получения цилиндрических отверстий в древесине и древесных материалах.

По конструкции и назначению сверла делятся на три группы: спиральные, чашечные, для обработки пробок.

Спиральные сверла делят на три подгруппы:

- сверла с конической заточкой, применяемые для сверления отверстий вдоль волокон;
 - сверла с центром и подрезателями для поперечного сверления древесины;
 - сверла, оснащенные пластинами твердого сплава.
- Сверла чашечные бывают следующих подгрупп:
- чашечные для получения неглубоких отверстий;
 - для высверливания сучков;
 - с твердосплавными пластинами.

- Сверла для обработки пробок делят на подгруппы:
- сверла цилиндрические пустотелые с выталкивателем для получения пробок;
 - сверла для кольцевого сверления пробок;
 - пробочники к станкам СВСА-2 и СВСА-3.

10.2. Сверла спиральные с конической заточкой

Сверла предназначены для сверления глубоких сквозных гладких отверстий в древесине вдоль волокон, а также глухих отверстий в любом направлении, когда не предъявляются высокие требования к шероховатости поверхности.

Сверла выпускаются по ГОСТ 22057-76 в двух исполнениях: 1 – короткая серия, 2 – длинная серия.

Конструкция и размеры сверл короткой серии приведены на рис. 37. Сверла длинной серии имеют диаметр $D = 5...20$ мм, длину $L = 130...210$ мм и длину режущей части $l = 60...140$ мм.

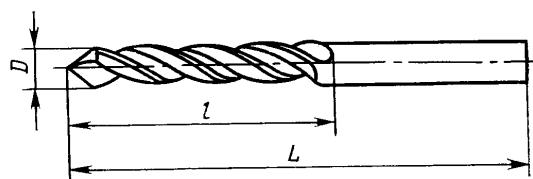


Рис. 37. Сверло спиральное с конической заточкой

Сверла короткой серии имеют диаметр $D = 2...12$ мм, длину $L = 49...151$ мм и длину режущей части $l = 24...101$ мм.

Материал сверл – сталь марки Х6ВФ. Твердость режущей части $56...58 HRC_3$. Изготовитель – ТЗРИ.

10.3. Сверла спиральные с центром и подрезателями

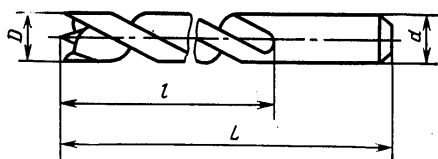


Рис. 38. Сверло с широкой ленточкой

Сверла предназначены для сверления отверстий в древесине поперек волокон при высоких требованиях к качеству обработки.

Сверла (рис. 38) выпускаются по ГОСТ 22053-76 двух типов: 1 – с широкой ленточкой,

2 – с узкой ленточкой.

Сверла типа 1 имеют диаметр $D = 4 \dots 12$ мм, длину $L = 75 \dots 150$ мм и длину режущей части $l = 43 \dots 100$ мм. Сверла типа 2 имеют диаметр $D = 4 \dots 32$ мм, длину $L = 80 \dots 200$ мм и длину режущей части $l = 48 \dots 125$ мм.

Материал сверл – сталь марки Х6ВФ или Р6М5. Твердость режущей части $53 \dots 57 HRC_3$.

11. Цепочки фрезерные и долбяки

11.1. Цепочки фрезерные

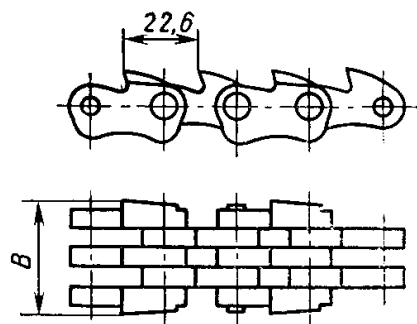


Рис. 39. Цепочки фрезерные

Цепочки предназначены для выборки гнезд в древесине на цепно-долбежных станках.

Цепочки изготавливают по ГОСТ 22459-77 двух типов: 1 – цепочки трехрядные (рис. 39), 2 – цепочки пятирядные. При этом цепочки типа 1 выпускаются в двух исполнениях: исполнение 1 – с внутренними звеньями без уступа; исполнение 2 – с внутренними звеньями с уступом.

11.2. Долбяки

Долбяки (рис. 40) предназначены для получения пазов и гнезд в древесине под петли, задвижки. Долбяки устанавливают на агрегатные долбежные головки, которые встраиваются в долбежные станки.

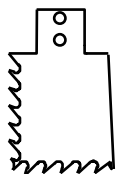


Рис. 40. Долбяк

Конструктивно долбяк представляет собой прямоугольную пластину длиной L и шириной l с зубьями на короткой торцевой кромке. Обычно $L = 100 \dots 130$ мм, $l = t(z - 1)$, где t – шаг, z – число зубьев долбяка.

Длина образуемого долбяком паза

$$L_n = l + A,$$

где A – амплитуда колебаний долбяка (23...25 мм).

Долбяки – нестандартный инструмент.

Контрольные вопросы

1. Чем отличаются сверла для продольного и поперечного сверления древесины?
2. Назовите элементы сверл.
3. Начертите схемы фрезерной цепочки и долбяка.

12. Токарные резцы

Токарные резцы предназначены для точения древесины на токарных и круглопалочных станках.

Различают токарные резцы ручные, суппортные и ножевых головок.

Ручные резцы выполняют в форме стамесок с удлиненной рукояткой. Конструкция их разнообразна. Форма и характеристики некоторых из них приведены на рис. 41.

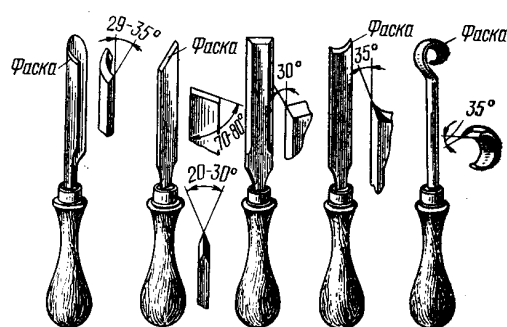


Рис. 41. Резцы ручные

Толщина плоской части стамески 3...4 мм, длина рабочей части 110...130 мм, общая длина с рукояткой равна 265 мм.

Материал – сталь марки У10А, У12 или ХВГ, ШХ12, ШХ15.

Твердость $HRC_{,}$.

Суппортные токарные резцы внешне сходны с металлорежущими (рис. 42, а). Они выполнены со следующими угловыми

параметрами: $\alpha = 8...15^\circ$; $\beta = 30...40^\circ$; $\gamma = 45...55^\circ$. Отличаются резцы от металлорежущих и по форме. Так, для продольного чернового точения древесины используют полукруглый желобчатый резец с криволинейной режущей кромкой, заточенный по фаске с внешней стороны. Для совмещения чернового и чистового точения заходная часть лезвия может быть криволинейной желобообразной, а задняя часть – прямолинейной (рис. 42, б).

Материал резцов – сталь марки ХВГ, ШХ15, Р9, Р6М5.

Резцы ножевых головок круглопалочных станков имеют различные конструкции. Часто применяются цельные ножи (рис. 42, в), передняя часть которых отогнута в форме желоба в сторону передней поверхности.

Угол наклона главной режущей кромки λ устанавливают в пределах $5...15^\circ$, угол заострения 35° .

Ножевые головки снабжаются кольцевыми резцами (рис. 42, з), с углом заострения 30° . На опорной поверхности выполнено шесть отверстий для штифта резцедержателя. По мере затупления резец можно повернуть и зафиксировать на штифте следующим отверстием.

Материал резцов – сталь марки Х6ВФ. Для резцов, работающих в легком режиме, допускаются стали марок 9ХС, У10А.

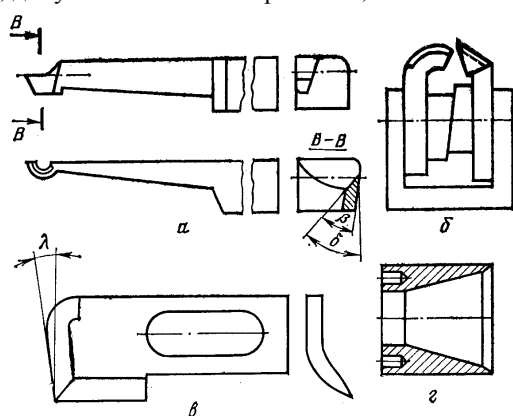


Рис. 42. Резцы токарные:
а, б – суппортные; в, г – ножевых головок

13. Ручной режущий инструмент

13.1. Струги

Струги – основной режущий инструмент для строгания плоскостей пиломатериалов.

Струг состоит из колодки, ножа и клина для закрепления ножа в колодке. На колодке рубанка может быть установлен рог.

Колодка состоит из подошвы, затылка и летка, т.е. сквозного гнезда, в котором зафиксированы нож с клином. В летке различают постель, контактирующую с ножом, пролет (отверстие в подошве), зев для транспортирования стружки, щечки и заплечики, взаимодействующие с клином. Колодки делают деревянными, иногда металлическими.

Нож (железко) имеет разнообразную конструкцию. Угол заточки лезвия ножа равен 30° [12]. Угол заточки боковых режущих кромок – 10° (у зензубеля, фальцгобеля, калевок). Главная режущая кромка ножа может быть закругленной (у шерхебеля), прямолинейной у рубанка, фуганка, шлифтика, зензубеля, шпунтубеля. Лезвие может быть скошенным (зензубель, фальцгобель), зубчатым (цинубель), фигурным (калевки, грунтубель).

Нож снабжают стружколомателем. Толщина ножа – 3 мм, стружколомателя – 2,5 мм. Ножи могут быть однослойными (цельными) или двухслойными. Цельные ножи изготавливают из стали марок 9ХФ, 5ХВ2С, 9Х5ВФ (ГОСТ 5960 – 72).

Стружколоматели делают из стали марок 20 или 10 (ГОСТ 1050 – 88).

Угол резания лезвия должен быть 45° при строгании мягких пород древесины и 60° при строгании твердых пород. Это достигается тем, что нож устанавливают фаской вниз (рис. 43) или вверх.

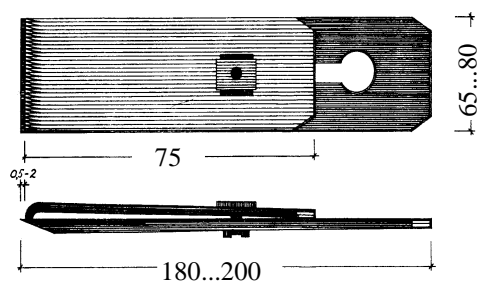


Рис. 43. Нож со стружколомателем

Медведка – струг, предназначенный для первоначальной грубой строжки (рис. 44). Применяется медведка в плотничных работах.

Шерхебель (рис. 45) служит для грубой строжки с целью подготовки поверхности к гладкому строганию другими стругами. Нож его делается полукруглым.

Рубанок (рис. 46) служит для чистового строгания поверхностей, предварительно обработанных шерхебелем. Режущая кромка ножа рубанка прямолинейная.

Зензубель (рис. 47) – это струг для выборки четверти. Ширина ножа в нижней части зензубеля равна ширине колодки. В верхней части ножа имеется хвостовик, с помощью которого нож крепится в колодке. Зензубели бывают с прямым или косым лезвием, их ширина равна 20 мм. Для удаления стружки в колодке имеется сквозное боковое отверстие. Если на подошве колодки зензубеля сделать боковые направляющие, то такой инструмент будет называться **фальцгобелем** (рис. 48).

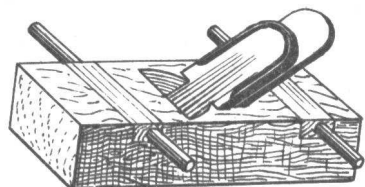


Рис.44. Медведка

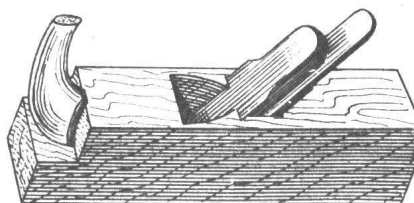


Рис. 45. Шерхебель

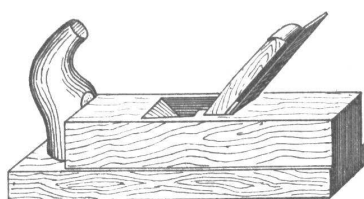


Рис. 46. Рубанок

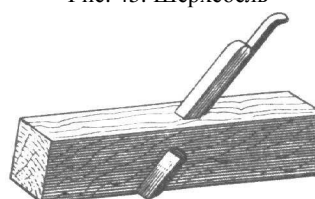


Рис. 47. Зензубель

Полуфуганок (49) имеет колодку длиной 530 мм. Его используют для предварительного формирования плоских базовых поверхностей. Ширина ножа 50 мм.

Фуганок (рис. 50) имеет колодку длиной 650 мм и предназначен для окончательного формирования плоских поверхностей. Ширина ножа 60 мм.

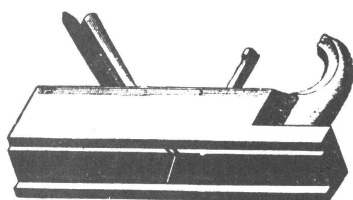


Рис. 48. Фальцгобель

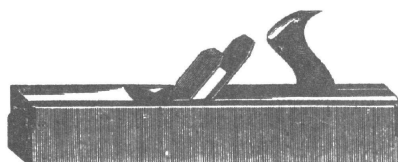


Рис. 49. Полуфуганок



Рис. 50. Фуганок

13.2. Долота и стамески

Столярные и плотничные долота (ГОСТ 1185-80) применяют для долбления в древесине гнезд, пазов, шипов. Плотничные долота выполняются длиной 345 мм и шириной 16, 20 и 25 мм; столярные – длиной 315, 335 и 350 мм и шириной 6, 8, 10, 12, 16 и 20 мм. Угол заточки лезвия – 25° , боковых граней – 10° .

Стамески предназначены для подрезки и зачистки обрабатываемых поверхностей, когда эту работу невозможно сделать рубанком. Лезвия стамесок могут быть прямыми, скошенными или желобчатыми. Угол заострения фасок равен $25^\circ \pm 5^\circ$.

Долота и стамески состоят из полотна, колпачка, рукоятки и кольца (рис. 51). Долото отличается от стамески более толстым полотном и металлическим кольцом, надетым на свободный конец рукоятки.

Долота – это в основном плотницкий инструмент. Толщина их полотна больше ширины.

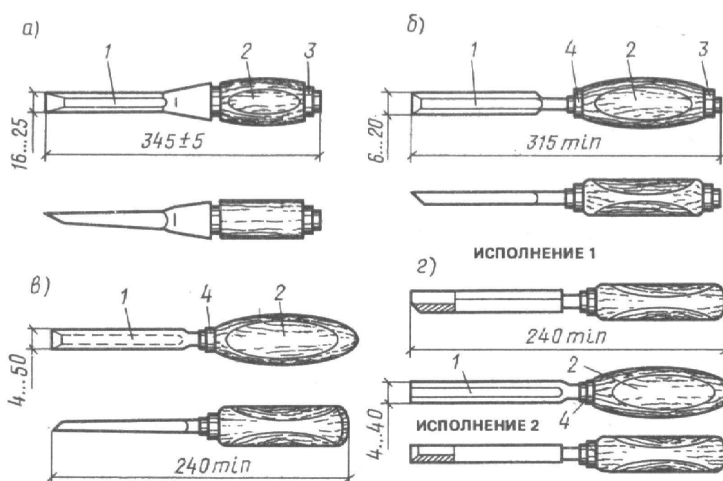


Рис. 51. Долота и стамески

а, б – долота плотничные и столярные; *в, г* – стамески плоские и полукруглые; 1– полотно; 2– рукоятка; 3– кольцо; 4– колпачок

13.3. Сверла

Конструкции сверл приведены на рис. 52.

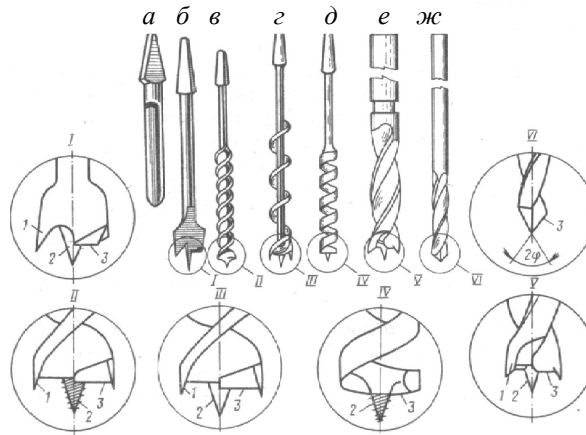


Рис. 52. Сверла:

а – ложечное; *б* – центровое; *в* – винтовое; *г* – шнековое; *д* – штопорное; *е* – спиральное с подрезателями; *ж* – спиральное с конической заточкой; 1 – подрезатель; 2 – направляющий центр; 3 – режущие кромки

13.4. Выводы

Для обработки древесины и древесных материалов применяют следующие лезвийные режущие инструменты:

1. Пилы: рамные; ленточные бревнопильные, делительные и столярные; дисковые для продольного и поперечного пиления с плоским диском, конические, строгальные; дисковые твердосплавные.
2. Фрезы цельные, сборные, составные, насадные, концевые.
3. Ножи фрезерные, стружечные, рубильные, строгальные, лущильные, гильотинные, прижимные линейки, коросниматели.
4. Сверла с конической заточкой, сверла с центром и подрезателями.
5. Цепочки фрезерные и долбяки.
6. Токарные резцы.
7. Ручные инструменты: струги, стамески, долота.

14. Абразивный инструмент

14.1. Общие сведения

Абразивным называют режущий инструмент с большим количеством режущих элементов в виде зерен твердых материалов, сцементированных между собой.

Инструмент различают по абразивному материалу, зернистости, связке, твердости, структуре, форме и размерам. По форме абразивный инструмент подразделяют на шлифовальные круги, шлифовальные головки, бруски, шкурки и пасты.

Шлифовальный круг – абразивный инструмент в виде твердого тела вращения с посадочным отверстием для крепления. Круги применяют для заточки режущего инструмента и для шлифования древесины. Различают еще лепестковый шлифовальный круг.

Шлифовальный круг малых размеров и с глухим отверстием для крепления называют **шлифовальной головкой**.

Шлифовальный брусок имеет призматическую или цилиндрическую форму. Бруски применяют для доводки и прифуговки лезвий инструмента.

Шлифовальная шкурка выполняется в виде тонкой гибкой основы, на которую нанесен один или несколько слоев абразивного материала, закрепленного связкой. Шкурку применяют для шлифования древесины.

Абразивная паста – это смесь абразивных зерен со смазывающими и поверхностно-активными материалами. Пасту используют для полирования поверхностей, покрытых лаком.

Объемное шлифовальное полотно – абразивный инструмент на гибкой основе, внутрь которого внесен шлифовальный материал, закрепленный связкой.

14.2. Абразивные материалы

Абразивные материалы бывают природные и искусственные. Природные материалы – кварц, наждак, кремь, гранат, корунд. Эти материалы включают примеси, которые снижают режущие свойства абразивного инструмента.

Искусственные абразивные материалы – электрокорунд, карбид кремния, технический карбид бора, технический алмаз, технический кубид

ческий нитрид бора и стекло. **Абразивные материалы условно обозначают следующим образом:** *nA* – материал на основе корунда (*n* – цифра, характеризующая конкретный материал); *nC* – материал на основе карбида кремния; *KB* – карбид бора, *A* – алмаз природный; *AC* – алмаз синтетический; *AP* – алмаз синтетический поликристаллический; *L* – эльбор.

Электрокорунд нормальный содержит 87...98 % окиси алюминия Al_2O_3 . Имеет цвета синий, коричневый, малиновый. Марки электрокорунда нормального – 16A, 15A, 14A, 13A.

Электрокорунд белый содержит 99 % и более окиси алюминия. Его зерна более прочные, твердые и острые, чем у электрокорунда нормального. Марки электрокорунда белого – 25A, 24A, 23A.

Электрокорунд легированный представляет собой твердый раствор окислов металлов в корунде. В зависимости от легирующих компонентов подразделяется на несколько марок: 38A, 37A, 36A, 35A, 34A, 33A, 32A. Например, марка 38A – цирконевый электрокорунд, марка 37A – титанистый, марки 34A, 33A, 32A – хромистый.

Монокорунд – разновидность электрокорунда. Его получают не в виде кусков, подлежащих дроблению, а в виде зерен с высокой механической прочностью. Подразделяется на марки 45A, 44A, 43A.

Карбид кремния – твердый материал, получаемый в электропечах из кварцевого и углеродистого сырья. По цвету различают карбид кремния черный марок 55C, 54C, 53C, 52C и карбид кремния зеленый марок 64C, 63C, 62C.

Карбид кремния зеленый более тверд, но менее прочен, чем черный.

Карбид бора – искусственный абразивный материал в основном состава B_4C (марка KB), получаемый в электропечах из борсодержащего углеродистого сырья.

Синтетические алмазы по мере возрастания их прочности подразделяют на следующие марки: ACO, ACP, ACB, ACK, ACC.

Кубический нитрид бора (КНБ) – искусственный абразивный материал в основном состава BN , выпускаемый под различными фирменными названиями: эльбор (нормальный марки ЛО, повышенной прочности марки ЛП, дробленный марки ЛД), кубонит (К), гексанит (Г).

Технические характеристики некоторых абразивных материалов приведены в табл. 3.

Микротвердость абразивных зерен H_a должна быть в 2...2,5 раза выше микротвердости обрабатываемого материала H_m . Значения соотно-

шений H_a/H_m для некоторых инструментальных материалов приведены в табл. 4.

Таблица 3
Техническая характеристика абразивных материалов

Материал	Плотность, г/м ³	Микротвердость, $\times 10^3$ Н/мм ²	Устойчивость к нагреванию, °С
Алмаз	3,48...3,56	100	700...800
Кубический нитрид бора	3,45...3,47	90	1200
Карбид бора	2,48...2,52	37...40	700...800
Карбид кремния	3,12...3,20	33...36	1300...1400
Корунд, электрокорунд	3,96...3,98	20...23	1700...1900

Таблица 4
Величина соотношений микротвердости H_a/H_m для некоторых материалов

Составляющие инструментальных материалов	Электрокорунд	Карбид кремния	Эльбор	Алмаз
Карбид ванадия	0,93...1,14	1,35...1,67	3,54...1,5	4,5...5,5
Карбид вольфрама	1,86	3,0	7,5...8,0	9,0...10,0
Карбид хрома	1,13...1,47	1,67...2,14	4,5...5,5	5,5...7,0
Высокоуглеродистый мартенсит	1,86	3,0	7,5...8,0	9,0...10,0

14.3. Зернистость

Шлифовальные материалы по размеру зерен в мкм делят на следующие группы (ГОСТ 3647-80): шлифзерно 2000...160, шлифпорошки 125...40, микропорошки 63...14, тонкие микропорошки 10...3. **Размер зерен устанавливают путем просеивания их через сита. Каждой фракции абразивных зерен присваивают номер зернистости, равный 0,1 размера стороны ячейки сита в свету в мкм, на котором задерживаются зерна основной фракции.**

Стандартом установлены следующие номера зернистости:

Шлифзерно	200;	160;	125;	100;	80;	63;	50;	40;	32;
	25;	20;	16						
Шлифпорошки ...	12;	10;	8;	6;	5;	4	M10,	M7,	M5
Микропорошки ...	M63;	M50;	M40;	M28;	M20;	M14;			

Зернистость шлифзерна 32 означает, что зерна основной фракции проходят через сито с размером стороны ячейки в свету 400 мкм и задерживаются на сите с размером ячейки 315 мкм.

Шлифовальные материалы любого номера зернистости всегда включают кроме основной фракции более крупные и более мелкие зерна. В зависимости от доли основной фракции обозначение зернистости дополняют буквенным индексом: В – основная фракция составляет 55...60%, П – доля основной фракции не менее 45...55%, Н – не менее 40...45%, Д – не менее 39...41%.

Алмазные шлифпорошки (ГОСТ 9206-80) выпускаются с широким и узким диапазоном зернистости. Так, алмаз марки АСО имеет три номера зернистости в широком диапазоне (160/100, 100/63, 63/40) и шесть номеров зернистости в узком диапазоне (160/125, 125/100, 100/80, 80/63, 6/50, 50/40). Например, зернистость 100/63 означает, что на сите с размером ячейки 100 мкм задерживается не более 15 % зерен, а на сите с размером ячейки 63 мкм задерживается не менее 70% зерен, проходит через сито с ячейкой 50 мкм не более 3 % зерен.

14.4. Связка

Связка – материал или совокупность материалов, применяемых для закрепления шлифовальных зерен в абразивном инструменте.

Керамическая связка (К) состоит из огнеупорной керамической глины, полевого шпата и каолина.

Керамическая связка получила наиболее широкое применение в производстве абразивных материалов. Она обеспечивает высокую прочность, жесткость, значительную химическую стойкость, водо- и теплостойкость. Однако она делает инструмент хрупким.

Бакелитовая связка (Б) изготавливается из синтетической бакелитовой смолы. Она имеет более высокую прочность, чем керамическая и большую упругость, но невысокую теплостойкость.

Вулканиковая связка (В) - это связка из каучука и серы. Шлифовальные круги на этой связке обладают еще большей упругостью, эластич-

ностью. Они не теряют твердости и прочности под действием водных эмульсий, но не стойки к керосину и имеют низкую теплостойкость (160...200°C).

Связки на основе клеев применяются в производстве шлифовальных шкур. Для этого используют мездровый клей (М), синтетические смолы (С), комбинированную связку (К).

Мездровый клей обеспечивает самозатачивание шлифовальной шкурки, но при нагревании размягчается и приводит к засаливанию инструмента.

Синтетические смолы (фенолфурфуролформальдегидные и др.) обладают большей теплостойкостью, прочностью, но менее эластичны.

Комбинированная связка состоит из двух клеев. Наносят их слоями – первым слоем наносят мездровый клей, вторым – синтетический.

Металлическая связка применяется в алмазных и КНБ кругах. Наиболее распространены связки М1 (80% меди и 20% олова) и М5 на цинково-алюминиевой основе.

14.5. Твердость абразивных инструментов

Твердость абразивного инструмента по ГОСТ 214455-84 – свойство связки оказывать сопротивление проникновению в абразивный инструмент другого тела. Это сопротивление связки отрыву зерен с поверхности инструмента под действием внешних сил. Чем более прочно зерна удерживаются связкой, тем больше твердость инструмента.

При работе режущие кромки абразивных зерен затупляются. В результате этого сила резания, действующая на отдельное зерно, повышается. Как только абразивное зерно затупится полностью, сила резания должна вырвать его и обнажить новое зерно с острыми режущими кромками.

Если абразивный инструмент будет мягче положенного, то его зерна будут вырываться с рабочей поверхности еще достаточно острыми. Это приведет к быстрому износу инструмента.

Если абразивный инструмент будет тверже положенного, то связка будет удерживать уже тупые зерна. Произойдет засаливание инструмента.

Промышленность выпускает шлифовальные круги следующей твердости.

Мягкий.....	M1, M2, M3	Твердый	T1, T2
Среднемягкий...	CM1, CM2	Весьма твердый	BT1, BT2
Средний	C1, C2	Чрезвычайно твердый	CT1, CT2
Среднетвердый	CT1, CT2, CT3		

14.6. Структура абразивного инструмента

Под структурой абразивного инструмента понимается его строение, характеризуемое количественным соотношением объема абразивных зерен, связки и пор в теле инструмента.

Структура абразивного инструмента обозначается номером, значение которого зависит от объемного содержания зерна. Самая плотная структура с содержанием абразивного зерна 60 % имеет номер 1. С увеличением номера структуры на единицу объем зерна уменьшается на 2%. Всего установлено 18 номеров структур. Для заточки стального инструмента рекомендуется использовать шлифовальные круги со структурой №5...№8, объемное содержание зерен в которых составляет 52...66%.

С ростом номера структуры увеличивается расстояние между соседними зернами. Это улучшает отвод стружки, позволяет работать на жестких режимах, уменьшает засаливание инструмента, но снижает его прочность и увеличивает износ.

14.7. Концентрация

Концентрация – важнейшая характеристика алмазного и эльборового абразивного инструмента. **Под концентрацией понимают массовое содержание алмаза или эльбора в единице объема абразивного слоя. За 100%-ную концентрацию условно принято содержание алмаза (эльбора) в количестве 4,4 карата (0,887 г) в 1 см³ абразивного слоя.** При этом собственно абразивы занимают только 24,9% объема режущего слоя.

Абразивные инструменты выпускаются с концентрацией 25; 50; 75; 100; 150; 200%. Объем алмазов (эльбора) в их режущем слое составляет соответственно 6,2; 12,4; 18,6; 24,9; 37,7; 49,7%.

14.8. Шкурки

Шкурка шлифовальная тканевая по ГОСТ 5009-82. Шкурка состоит из основы и абразивных зерен, удерживаемых на основе связкой (клеем). Шкурка предназначена для абразивной обработки различных материалов без охлаждения или с применением смазочно-охлаждающих жидкостей.

Шкурка выпускается в рулонах шириною, мм: 725; 740; 770; 800; 830. При зернистости 125...50 длина ленты в рулоне равна 30 м, при зерни-

стости 40...М40 – 50 м. Выпускается два типа шкурок: тип 1 – для машинной обработки неметаллических материалов; тип 2 – для машинной и ручной обработки прочных материалов.

В производстве шкурок используют следующие абразивные материалы: электрокорунд (нормальный, белый, легированный, циркониевый), монокорунд, карбид кремния черный и зеленый, кремень.

В качестве основы применяют хлопчатобумажные ткани. В основном это саржа. Применяется саржа легкая, средняя, утяжеленная.

Шлифматериал шкурки связан с основой мездровым клеем (ГОСТ 3252-80).

По внешнему виду рабочих поверхностей шкурки изготавливают классов А, Б и В. Суммарная площадь морщин, складок, участков без абразивных зерен, залитых связкой не должна превышать: для класса А – 0,5%, Б – 2,0%, В – 3,0% площади рулона.

Пример условного обозначения тканевой шлифовальной шкурки типа 1, шириной 830 мм, длиной 50 м, на сарже средней №2, из белого электрокорунда марки 24А, зернистости 40-Н, на мездровом клее, класса А:

1 830×50 С2 24А 40-Н М А ГОСТ 5009-82.

Шкурка шлифовальная бумажная по ГОСТ 6456-82. Шкурка выпускается в рулонах двух типов: тип 1 и тип 2. Размеры шкурки приведены в табл. 5.

Рабочий слой шкурки может быть **сплошной С** и **рельефный Р**. Рельефный рабочий слой может иметь четыре исполнения (рис. 53). Размеры рельефа приведены в табл. 5. Уклон рельефа $\alpha = 5^\circ \dots 85^\circ$.

Таблица 5

Размеры рельефного слоя шкурки по ГОСТ 6456-82

Зернистость	Ширина a , мм	Шаг t , мм
50...40	3,0...15,0	4,0...38,0
32...25	1,5...12,0	3,0...30,0
20...16	1,0...10,0	2,5...25,0
12...М40	0,5...5,0	1,0...20,0

Для основы используют бумагу по ГОСТ 18227-72 марок 0-140, 0-200, 0-210, 0-235, 0-240, БШ-140, БШ-200, БШ-240, БВ-225, БВК-22, 0В-200.

По внешнему виду различают три класса шкурок: А, Б и В.

Связка – мездровый клей (обозначается М) или комбинированная связка (К).

Пример условного обозначения бумажной шлифовальной шкурки типа 1, со сплошным рабочим слоем С, шириной 1000 мм, длиной 50 м, на бумаге марки 0-200, из нормального электрокорунда марки 15А, зернистости 25-Н, на мездровом клее, класса А:

1 С 1000×50 П2 15А 25-Н М А ГОСТ 6456-82.

14.9. Круги для шлифования древесины

Шлифовальные круги предназначены для обработки прямолинейных, криволинейных поверхностей погонажных деталей, а также фасадных поверхностей высокохудожественных элементов мебели.

Лепестковые шлифовальные круги. Лепестковый шлифовальный круг (ЛШК) включает ступицу, радиально расположенные лепестки из шлифовальной шкурки на тканевой основе и боковые фланцы. Круги выпускаются по ГОСТ 22775-77 или нестандартные (рис. 54).

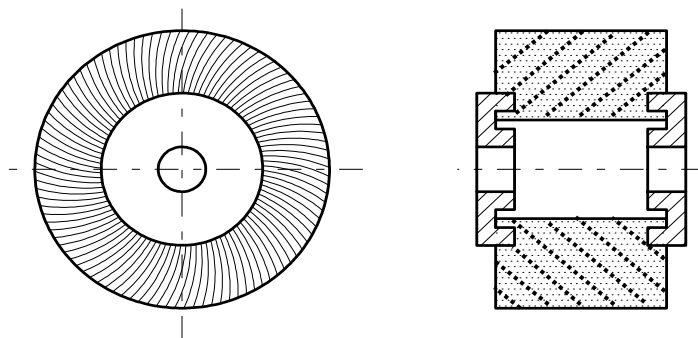


Рис. 54. Лепестковый шлифовальный круг

Лепестки соединены между собой и с фланцами клеем. Длина лепестков $l_l = 0,5R$, где R – радиус круга. Количество лепестков $n = 2\pi R/t$, где t – толщина шкурки. Общая площадь в ЛШК $S = lHn$, где H – высота ЛШК.

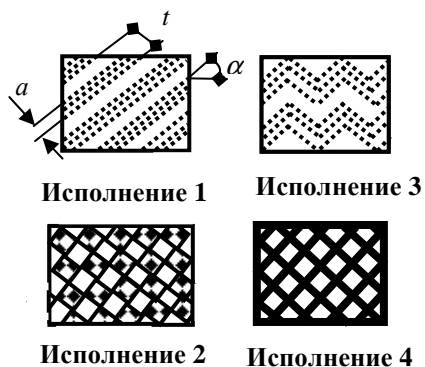


Рис. 53. Рельефный рабочий слой шкурки

Лепестковый круг имеет следующие преимущества перед непрерывной шлифовальной лентой.

1. При работе ЛШК непрерывно обновляется, самозатачивается в результате истирания рабочих кромок лепестков.

2. В процессе шлифования круг создает сильный вентиляционный эффект, позволяющий полностью удалять пыль с поверхности деталей и лепестков.

3. Суммарная длина лепестков круга в десятки раз превосходит длину используемых шлифовальных лент на станках.

Режим шлифования: скорость главного движения 25...30 м/с, скорость подачи 8..24 м/мин, глубина шлифования для зернистости 16 составляет 0,12...0,20 мм и для зернистости 10 – 0,06...0,08 мм.

Использование ЛШК позволяет в 1,5...2,0 раза повысить производительность и в 2,0...2,5 раза снизить расход шкурки.

Шлифовальные круги из нетканевых материалов. Круг включает боковые диски из древесноволокнистой плиты и набор шлифовальных дисков между ними. Все диски собраны на ступице и зажаты фланцами. Шлифовальные диски имеют диаметр на 50...60 мм больше диаметра боковых дисков.

Шлифовальные диски выпускаются Челябинским опытным заводом УралВНИИМАШ из объемного полотна, насыщенного абразивными зёрнами и связующим (ТУ 2-036-775-81).

Круги серийно не выпускаются. Они изготавливаются силами предприятий по чертежам ВПКТИМ (КШИМ 125 и КШИМ 305).

Наружный диаметр шлифовальных кругов равняется $125 \pm 2,5$ мм или $305 \pm 5,0$ мм. Диаметр посадочного отверстия составляет $32 \pm 0,1$ мм, ширина круга должна быть не менее 20, 30, 40, 50 мм. В одном круге допускается устанавливать диски различной твердости. Наибольшая частота вращения круга равна 4000 и 3000 мин^{-1} соответственно для кругов диаметром 125 и 305 мм.

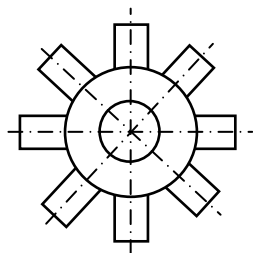


Рис. 55. Шлифовальная головка

Головки для шлифования криволинейных поверхностей. Головка выпускается совместным украинско-испанским предприятием "Иберус-Киев".

Головка включает корпус (рис. 55), на котором закреплено 8 съемных подпружиненных резиновых лепестков прямоугольной формы с наклеенными на их рабочие поверхности полосками шлифовальной шкурки.

Для придания резиновым лепесткам нужного профиля на обрабатываемую профильную поверхность заготовки приклеивают полоску шлифовальной шкурки длиной 50...70 мм. Затем к ней подводят вращающуюся головку, и резиновые лепестки, снашиваясь, получают контрпрофиль заготовки. После этого на лепестки клеем "Момент" наклеивают полоски шкурки. Головка готова к работе.

После обработки 250...300 пог. м заготовок шкурка снашивается, и ее удаляют с помощью растворителя. На место удаленных полосок наклеивают новые полоски шкурки.

14.10. Круги для заточки режущего инструмента

Форма и основные размеры шлифовальных кругов для заточки режущего инструмента стандартизованы. Основные данные о кругах приведены в табл. 6, 7 и на рис. 56 [10].

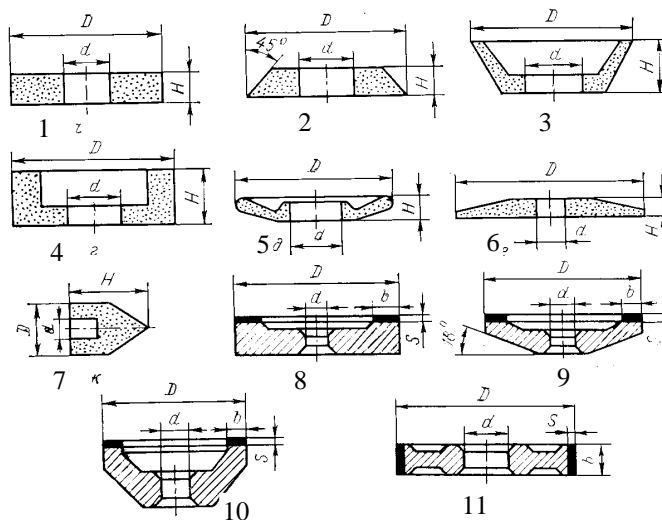


Рис. 56. Шлифовальные круги для заточки и доводки дереворежущего инструмента

Шлифовальные круги (ГОСТ 2424-83) подразделяются по абразивному материалу, зернистости, связке, твердости, структуре, форме и размерам, классам точности. В зависимости от требований к зерновому составу,

пределным отклонениям поверхностей, их взаимному расположению, наличию сколов, трещин и раковин абразивные круги выпускаются трех классов точности: АА, А, Б.

В соответствии с ГОСТ 3060-75 круги по неуровненности масс делят на четыре класса. Круги класса точности АА должны соответствовать 1-му классу неуровненности, класса А – 1-му или 2-му, класса Б – 1-му, 2-му или 3-му, круги из эльбора на керамической связке – 1-му или 2-му классу неуровненности.

Таблица 6

Типы и основные размеры шлифовальных кругов для заточки стального дереворежущего инструмента (ГОСТ 2424-83)

Тип (форма)	Наименование и назначение	Позиция на рис. 56	Основные размеры, мм		
			<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>
ПП	Плоские прямого профиля для ножей с прямолинейной режущей кромкой	1	250	25...50	32; 76; 127
			300	25...50	76; 127
3П	Плоские 45°-го конического профиля для заточки пил	2	250	6...10	76
			300	6...13	76; 127
4П	Плоские конического профиля с малым углом для заточки сверл, концевых фрез и мелкого инструмента	6	100	6...16	20; 51
			125	8	32
D	Диски для заточки ленточных пил, фрез, цепочек и резки металла	1	150	2	32
			200	2; 5	32
ЧЦ	Чашки цилиндрические для заточки ножей, фрез по задней поверхности	4	150	63; 80	32; 51; 65
			200	630	32; 51; 65
1Т	Тарелки для заточки фрез малого диаметра и цепочек	5	100	10	20
			150	16	32
ЧК	Чашки конические для заточки ножей и фрез по передней грани	3	100	25	20
			175	63	32
ГК-60	Головка для заточки полых долот	7	10	25	3
			30	50	6

Пример условного обозначения круга шлифовального типа ПП с размерами $D \times d \times H$, мм, из белого электрокорунда марки 24А, зернистостью 10-П, степенью твердости С2, со структурой №7, на керамической связке К,

с рабочей скоростью 35 м/с, класс точности А, 1-го класса неуравновешенности, ГОСТ 2424-83.

ПП $D \times d \times H$ 24А 10-П С2 7 К 35м/с А1 кл. ГОСТ 2424-83.

Таблица 7

Типы и основные размеры шлифовальных кругов для заточки и доводки твердосплавного дереворежущего инструмента

Тип	Наименование (ГОСТ)	Позиция на рис. 52	Основные размеры, мм				Назначение
			<i>D</i>	<i>B</i>	<i>S</i>	<i>d</i>	
6A2	Алмазные плоские с выточкой (ГОСТ 16170-81Е)	8	100 125	6...32 6...32	3; 5 3; 5	32 32	Шлифование фрез, фрезерных головок, поднутрение круглых пил
1А	Алмазные плоские прямого профиля (ГОСТ 16170-81Е)	11	100 150	3...10 5...20	1; 3; 5	32 32	Заточка и доводка фасок, ножей, боковых поверхностей зубьев
12A2	Алмазные чашки конические (ГОСТ 16172-80Е)	10	100 125	3; 5 3; 5	3 3	20 32	То же, фасок, ножей, фрезерных головок, сверл
12V4	Алмазные тарельчатые (ГОСТ 16176-82Е)	9	100	3; 5	3	32	То же, сверл, передних поверхностей
Примечание. Эльборовые круги выполняются по ГОСТ 17123-79.							

14.11. Выводы

Для шлифования древесины, а также для заточки и доводки режущего инструмента применяют следующие абразивные инструменты: шлифовальные круги, головки, бруски, шкурки, лепестковые круги, круги из нетканых материалов и др.

Абразивный инструмент состоит из абразивного материала и связки, а также основы для шкурок. Инструмент характеризуется зернистостью абразивных зерен, твердостью, структурой, концентрацией (для алмазного и эльборового инструмента).

Для заточки лезвийного инструмента из быстрорежущей стали применяют шлифовальные круги из эльбора, для заточки твердосплавного инструмента – алмазные круги.

Контрольные вопросы

1. Как условно обозначают различные абразивные материалы?
2. Назовите абразивные материалы и их марки.
3. Что такое зернистость абразивных материалов?
4. Что такое связка в абразивных материалах?
5. Назовите виды связок.
6. Что такое твердость абразивного инструмента?
7. Какую твердость имеют шлифовальные круги?
8. Что означает 100 % -ная концентрация алмазного (эльборового) шлифовального круга?
9. Что понимают под структурой абразивного инструмента?
10. Какие шлифовальные шкурки выпускает промышленность для деревообрабатывающей промышленности?
11. Как условно обозначается шлифовальная шкурка?
12. Начертите схему лепесткового шлифовального круга. Каковы его достоинства?
13. Назовите типы кругов для заточки режущего инструмента?

ЧАСТЬ IV

Подготовка и эксплуатация режущего инструмента

15. Формирование профиля зубьев пил

15.1. Насечка зубьев пил

Насечку зубьев на пиле делают в случае, когда необходимо изменить их профиль, или если сломаны три зуба или два смежных зуба. Для насечки зубьев применяют ручные пилоштампы модели ПШ или механические модели ПШП-2, ПШ-6.

Современный пилоштамп модели ПШ-6 предназначен для обрезки и насечки зубьев пил рамных, ленточных и круглых [11]. Обрезка и насечка производится в результате возвратно-поступательного движения ползуна, на котором крепится пуансон или кронштейн с ножом.

Пилоштамп снабжен приспособлением для насечки и обрезки зубьев круглых пил диаметром от 400 до 1600 мм, позволяющим производить насечку зубьев без предварительной разметки. Для насечки зубьев рамных пил матрицы снабжены упором, обеспечивающим определенный шаг насечки.

15.2. Уширение зубьев

При пилении стенки пропила упруго восстанавливаются и могут зажать полотно пилы. Для предотвращения зажима пилы в пропиле зубья ее плющат или разводят. При плющении увеличивают длину главных режущих кромок зубьев, а при разводе зубья поочередно отгибают в разные стороны на величину уширения (рис. 57).

Ширина пропила

$$b = S + 2S',$$

где b – ширина пропила, мм; S – толщина полотна пилы, мм; S' – уширение зубьев на каждую сторону, мм.

Значение S' изменяется в диапазоне 0,2...1,2 мм и принимается по справочным таблицам в зависимости от породы древесины, ее влажности и температуры.

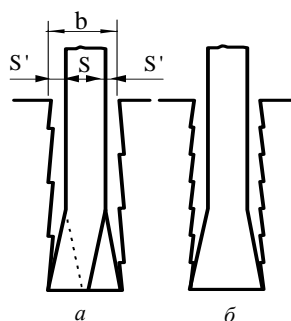


Рис. 57. Способы уширения
Пропила:
a – развод зубьев;
б – плющение зубьев

Развод зубьев. Развод – поочередный отгиб верхних частей зубьев в разные стороны на участках $1/3 \dots 1/2$ от вершин. Различают развод прямой и с разворотом.

При **прямом разводе** зубья отгибают в направлении, перпендикулярном к плоскости пилы. Такой способ рекомендуется при разводе пил для поперечной распиловки.

При **разводе с разворотом** зубья отгибают и одновременно поворачивают передней гранью в сторону отгиба. Это повышает устойчивость зуба в пропилах. Применяют способ обычно при разводе пил, предназначенных для продольной распиловки.

Перед разводом пилу очищают от смолы, опилок и выправляют искривленные зубья.

Часто развод выполняют ручной щелевой разводкой. Она имеет несколько щелей. Ширина щели должна быть больше толщины пилы на 0,5 мм.

После развода величину отгиба каждого зуба контролируют шаблоном или индикаторным разводомером.

Развод круглых пил осуществляют также на станках-автоматах модели РПК8 и РПК16 (цифра указывает максимальный диаметр круглой пилы, дм).

При разводе на автоматах на зуб действуют поочередно два штифта – разводящий и возвращающий. Первый штифт отгибает зуб заведомо на большую величину, второй штифт возвращает его в заданное положение. В результате таких операций точность развода достигает $\pm 0,05$ мм.

Плющение зубьев. Плющение – это процесс раздавливания верхушки зуба пилы с целью его уширения. Для этого к кончику зуба 1 со стороны задней грани подставляют упор (наковальню) 2, а со стороны передней грани подводят плющильный валик 3 (рис. 58, *a*). При повороте плющильного валика он внедряется в материал зуба и выдавливает металл.

После плющения зуб формируют (рис. 58, б, в). Обжимая плашкой 4, зубу придают правильную симметричную форму (рис. 58, г). После формирования зубья затачивают.

Плющение зубьев делают с припуском на формирование и заточку. Этот припуск принимают равным 0,15 ... 0,20 мм.

Зубья новых пил перед плющением следует заточить, и плющение выполнять в 2 ... 3 приема. Повторяют плющение обычно после 3 ... 4 переточек пил.

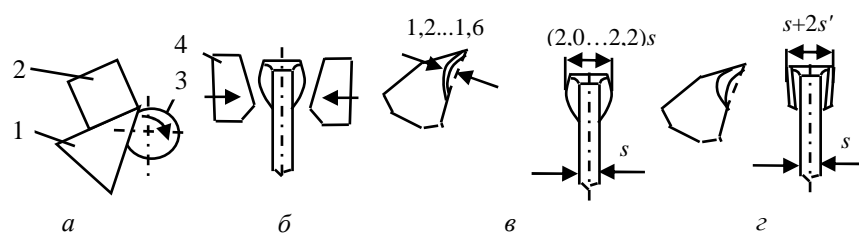


Рис. 58. Изменение формы зуба при плющении, формировании и заточке:

а – схема плющения; б – схема формирования;
в – зуб после плющения; г – зуб после формирования

При небольшом объеме работ уширение зубьев пил выполняют ручными плющилками модели ПР и формовками модели ФК.

Отечественная промышленность выпускает полуавтоматы для одновременного холодного плющения и формирования зубьев пил:

ПХФ-3 – для круглых, рамных и тарных пил (изготовитель – Единецкий завод деревообрабатывающих станков);

ПХФ-4 – для рамных пил (изготовитель – АП Кировский станкозавод);

ПХФЛ-2 – для ленточных пил, а при наличии сменных приспособлений для круглых, рамных и тарных пил (изготовитель – Единецкий ЗДС).

15.3. Фуговка зубьев пил

В процессе выполнения технологических операций с зубьями (насадка, развод, плющение, формирование, заточка) высота и уширение отдельных зубьев получаются неодинаковыми. Если зуб имеет большую высоту,

то при работе он будет более нагружен, быстрее затупится и будет формировать поверхность худшего качества. Если зуб выполнен с большим уширением, то он оставляет глубокие риски на распиленной поверхности.

Фуговка – это процесс выравнивания вершин зубьев по высоте (радиусу) и боковым поверхностям пилы.

Фуговку выполняют шлифовальными кругами или оселками на специальной установке, обеспечивающей перемещение зубьев пилы относительно вращающегося шлифовального круга, оселка.

Припуск на фуговку: по высоте зубьев – 0,1 ... 0,3 мм; по каждому боку 0,05 ... 0,20 мм.

15.4. Выводы

При формировании профиля зубьев пил выполняются следующие технологические операции: обрезка и насечка зубьев, развод или плющение, заточка и фуговка. Насечку зубьев делают при изготовлении новых пил или при ремонте старых пил. Выполняют эту технологическую операцию на пилоштампе.

Развод или плющение зубьев необходимы для того, чтобы ширина пропила была больше толщины корпуса пилы. В зависимости от породы, влажности и температуры распиливаемой древесины уширение зубьев на сторону может быть в пределах 0,2...1,3 мм.

Фуговка зубьев выполняется для выравнивания их высоты и ширины. Фуговку выполняют после заточки зубьев.

Контрольные вопросы

1. Какие операции можно выполнить на пилоштампе ПШ-6?
2. Назовите способы уширения пропила.
3. Правда ли, что развод зубьев пил можно выполнить не только вручную, но и на станках?
4. Начертите схемы зубьев, получаемых при плющении и формировании.
5. Для чего и как выполняется фуговка зубьев?

16. Заточка инструмента

16.1. Нагрев инструмента при заточке

Заточка – технологическая операция, предназначенная для восстановления режущих способностей лезвий, а также обеспечения нормативных угловых и линейных параметров.

Заточку осуществляют шлифовальными кругами. При этом около 80% работы, затрачиваемой на шлифование, переходит в теплоту.

Различают среднюю и мгновенную контактную температуру в зоне резания. Средняя температура поверхности шлифования зависит от режима шлифования, размера и материала инструмента, условий охлаждения и изменяется в пределах 20 ... 400 °С. Мгновенная температура достигает 870 ... 1200 °С. Скорость нагрева на глубине 20 ... 30 мкм от поверхности контакта составляет 5000 ... 6000 град./с.

Если при заточке лезвие нагреется до некоторой критической температуры (950 ... 1000 °С для резцов из стали Р18), то произойдет его вторичная закалка. Продукт закалки имеет чрезвычайно высокую твердость и хрупкость и при первых же ударах лезвия о древесину оно отламывается.

Если температура лезвия при заточке не достигает критической, то произойдет не закалка, а отпуск, который приведет к понижению твердости лезвия инструмента.

И тот и другой результаты нежелательны, так как вызывают быстрое затупление лезвия при работе.

Внешний признак нагрева лезвия – появление на его поверхности цветных полос, которые с ростом температуры размещаются в следующем порядке: желтая, коричневая, фиолетовая, синяя, голубая, розово-желтая.

Под воздействием температуры на лезвии образуются микротрещины. Кроме того, при нагреве поверхностных слоев в объеме лезвия образуется температурный перепад. Так, при заточке ножей с длинной режущей кромкой температурный перепад вызывает выпучивание (коробление) лезвия. Выпуклая часть при заточке удаляется шлифовальным кругом. После заточки, когда лезвие остынет, его режущая кромка становится вогнутой.

Устраняют температурный перепад с помощью смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ). СОЖ состоит из следующих компонентов: вода 98,97 ... 99,5 %, сода кальцинированная 0,8 ... 1,0 %, нитрат натрия 0,15 ... 0,25 %. Известно много других составов СОЖ.

16.2. Припуск на заточку

Величина припуска на заточку дереворежущего инструмента зависит от формы и степени его затупления, глубины выкрошин на режущей кромке, точности установки инструмента на заточном станке и точности станка. Зависимость припуска h от радиуса закругления режущей кромки ρ и глубины выкрошин l при заточке зуба по задней поверхности может быть выражена формулой:

$$h = l \sin \beta + \rho, \quad (19)$$

где β - угол заострения зуба.

Практически величину припуска на заточку режущих инструментов принимают в следующих значениях, мм:

Пилы:		Ножи фрезерные –	0,20...0,30;
рамные –	0,5...0,7;	Фрезы цельные –	0,15...0,30;
круглые стальные –	0,6...0,8;	Фрезы концевые –	0,10...0,15;
ленточные узкие –	0,3...0,4;	Сверла –	0,20...0,30;
ленточные широкие –	0,5...0,7;	Фрезерные цепочки –	0,15...0,20

16.3. Параметры режима заточки

Поперечная подача. Поперечной подачей обеспечивают заданную толщину срезаемого слоя. Толщина срезаемого слоя металла за один проход шлифовального круга – важнейший параметр режима заточки. Повышение поперечной подачи интенсифицирует нагрев металла и увеличивает глубину структурных изменений в поверхностном слое лезвия.

Процесс заточки с поперечной подачей, равной нулю, называют выхаживанием. При выхаживании улучшается гладкость шлифованной поверхности, а также частично или полностью удаляется поверхностный слой, в котором произошли структурные изменения металла.

Продольная подача. С увеличением продольной подачи производительность процесса заточки растет, и качество шлифования улучшается. В этом случае шлифовальный круг, являясь источником высоких мгновенных температур, контактирует с отдельными участками лезвия кратковременно. Лезвие не успевает нагреться, и глубина слоя со структурными изменениями в металле убывает.

Окружная скорость круга. Различают скорость круга допустимую (указывается на круге) и рабочую. Рабочую скорость круга выбирают в за-

висимости от марки стали инструмента, угла заточки, удельной производительности круга, величины поперечной и продольной подачи. Известно, что с повышением рабочей скорости увеличивается эффективность шлифования: повышается производительность съема металла, увеличивается стойкость круга, уменьшается шероховатость шлифованной поверхности.

Ограничения рабочей скорости:

- допустимая скорость, указанная на круге;
- предельная скорость, при которой на поверхности лезвия появляются прижоги и структурные превращения в металле;
- скорость, вызывающая недопустимые вибрации станка.

16.4. Выбор шлифовальных кругов

При выборе шлифовального круга для заточки режущего инструмента учитывают следующие рекомендации.

Электрокорундовые круги применяют для заточки инструментов из углеродистых и легированных сталей как закаленных, так и незакаленных. Для обработки быстрорежущих сталей и твердых сплавов используют круги из **карбида кремния**.

Круги из карбида кремния зеленого иногда используют для заточки инструмента, оснащенного пластинами из металлокерамического твердого сплава. Круги из карбида кремния применяют на керамической или бакелитовой связке.

Алмазные шлифовальные круги применяют для заточки и доводки твердосплавного инструмента. Алмазные круги обеспечивают резкое увеличение производительности шлифования и улучшение качества. При этом шероховатость обработанной поверхности находится в пределах $R_a = 0,32...0,63$ мкм, а радиус закругления режущих кромок $\rho = 6...8$ мкм. Силы резания при затачивании алмазным кругом в 3...5 раз меньше, чем при работе кругом из карбида кремния. Это позволяет уменьшить нагрев лезвия при заточке и исключить образование микротрещин.

Шлифовальные круги из эльбора применяют для заточки и доводки инструментов из быстрорежущих сталей.

При назначении твердости круга следует придерживаться правила: чем мягче обрабатываемый металл, тем тверже должен быть круг и наоборот. Чем больше площадь контакта круга с поверхностью режущего инструмента, тем более мягким должен быть круг.

Зернистость круга выбирают в зависимости от припуска на обработку. Для черновой обработки, когда срезаются большие припуски, необхо-

димы крупнозернистые круги, а для окончательной чистовой заточки и доводки – мелкозернистые круги.

Форму круга выбирают в зависимости от конструкции затачиваемого зуба. При заточке задних поверхностей, когда круг не требуется вводить в межзубную впадину, используют круги чашечной или тарельчатой формы. Передние поверхности многолезвийного инструмента затачивают торцевой поверхностью тарельчатых кругов.

Для кругов на бакелитовой связке твердость их назначают на одну-две степени больше, чем для кругов на керамической связке.

16.5. Заточка зубьев стальных пил

Зубья стальных пил затачивают по передней и задней граням на заточных станках-полуавтоматах. Для этого применяются станки моделей ТчПА, ТчПК, ТчПР, ТчПЛ. Станки модели ТчПа универсальны, они предназначены для заточки всех типов пил. Остальные модели станков изготовлены специально для заточки пил соответственно круглых, рамных и ленточных. Различают прямую и косую заточку. При прямой заточке плоскость шлифовального круга перпендикулярна плоскости пилы, а при косой – наклонна.

Шлифовальный круг протачивает переднюю грань зуба от вершины к основанию (рис. 59, а, б). В этот период пила неподвижна, а подающая собачка отходит в правое положение и останавливается.

Когда круг достигает дна впадины (рис. 59, в), он начинает движение вверх, а подающая собачка, упираясь в переднюю грань зуба, толкает пилу влево на один шаг. Происходит заточка по задней грани зуба (рис. 59, г). Когда круг переместится в крайнее верхнее положение, а собачка – в крайнее левое, это будет исходное положение для нового цикла заточки.

Рис. 59. Движение шлифовального круга и подающей собачки при заточке зубьев пил: а, б – шлифование передней грани; в – шлифование впадины; г – шлифование задней грани; д – начало нового цикла

Выхаживание и доводка. После заточки зубьев на станке выполняется операция выхаживания (заточка с поперечной подачей, равной нулю).

Выхаживание выполняют с целью уменьшения величины заусенцев на режущих кромках зубьев.

Окончательное удаление заусенцев и уменьшение шероховатости граней зубьев достигают ручной доводкой. Для доводки мелкозернистый брусок смачивают водой или маслом, а затем шлифуют им кончики зубьев на высоте 3...5 мм по передней грани и 1...2 мм по задней грани.

Для каждого типа пил разработаны режимы заточки и доводки. Рекомендуемые режимы приведены в справочнике [3]. В качестве примера в табл. 8 показаны режимы заточки рамных и ленточных пил.

16.6. Заточка дисковых пил с твердосплавными пластинами

При небольшом объеме производства заточку зубьев дисковых пил, оснащенных твердосплавными пластинами, можно выполнить на универсально-заточном станке одной из следующих моделей: ЗА64М, ЗА64Д, ЗБ642.

Для экономии твердого сплава и шлифовальных кругов основную заточку зубьев ведут по задним граням, а вспомогательную – по передним. Обычно после двух-трех заточек затупившихся пил по задним граням зубьев производят одну заточку по передним граням. Технология и режимы заточки твердосплавных дисковых пил для продольной распиловки приведены в табл. 9.

Таблица 8

Режимы заточки зубьев рамных и широких ленточных пил

Операция	Скорость круга, м/с	Число двойных ходов в мин	Величина врезания по граням, мм		Количество проходов	Тип шлифовального круга
			передней	задней		
Заточка после насечки	25...35	35	0,09	0,18	1	24А 40 СТ Б5 ЗП 250 х (6...13)
Заточка после плющения	25...35	$\frac{35}{65}$	$\frac{0,06}{0}$	$\frac{0,09}{0}$	$\frac{3...4}{2...3}$	24А 25СТ Б5 ЗП 250 х (6...13)
Заточка	25...35	35...65	$\frac{0,03}{0}$	$\frac{0,06}{0}$	$\frac{3...4}{2...8}$	24А 25СТ Б5 ЗП 250 х (6...13)

Таблица 9

Технология и режимы заточки твердосплавных дисковых пил

Операция	Характеристика круга	Параметры режима шлифования		
		V, м/с	S _п , мм/дв. Ход	S _{пр} , м/мин
Шлифование зубьев по окружности пилы с припуском на заточку	1А1 125...150 АС6 250/200 Б 100...150%	20...25	0,01...0,02	1,0...1,5
Обдирка корпуса зуба	3П250...300 64С25...40 СМ2 К	12...15	0,02...0,06	1,5...2,0
Заточка зубьев по задней поверхности пластины	12А2-45° 100...125 АС2 160/125 Б 100...150%	15...20	0,02...0,03	1,5...2,0
Доводка зубьев по задней поверхности	12А2-45° 100...125 АС6 250/200 М 100...150%	15...20	0,03...0,05	2...3
Заточка зубьев пил по передней поверхности пластины	12А2-20° 100 АС2 160/125 Б 100...150%;	15...20	0,02...0,03	1,5...2,0
Примечание. V – окружная скорость шлифовального круга; S _п – поперечная подача; S _{пр} – продольная подача				

В случае задевания алмазным кругом стальной части корпуса заточку зуба выполняют в три этапа:

- грубая заточка зуба под углом $\alpha+6^\circ$ шлифовальным кругом 64С 25...40 СМ2 К;
- чистовая заточка зуба под углом $\alpha+2^\circ$ алмазным кругом;
- доводка под углом α алмазным кругом.

Для заточки пил с твердосплавными пластинами на предприятиях с большим объемом производства отечественная промышленность (АП Кировский станкозавод) выпускает специальные станки-полуавтоматы моделей ТчПТ4, ТчПТ6-Гл, ТчПТ6-2, ТчПКБ, ТчПБ. Средние периоды стойкости пил по ГОСТ 9769-79 указаны ниже.

Диаметр пил, мм	От 100 до 250	315; 355	400; 450
Средний период стойкости, ч	17	25	15

16.7. Заточка стальных фрез

При заточке должны обеспечиваться неизменность профиля обработки, углов резания и равенство радиусов окружностей резания одноименных зубьев.

Насадные фрезы с затылованными зубьями затачивают по передним граням, а зубья незатылованных фрез – по передним и задним граням (рис. 60).

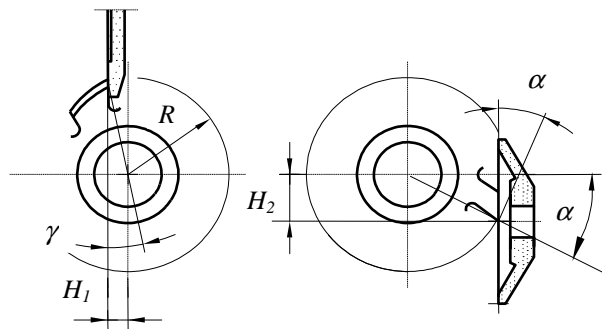


Рис. 60. Схемы установки фрез при заточке:
а – по передней грани; б – по задней грани

При заточке зуба по передней грани (рис. 60, а) режущая кромка и рабочая поверхность шлифовального круга должны быть расположены от оси фрезы на расстоянии

$$H_1 = R \sin \gamma \quad (20)$$

где R – радиус фрезы.

При заточке зуба по задней грани (рис. 60, б) его режущая кромка должна быть расположена ниже оси вращения фрезы на расстоянии

$$H_2 = R \sin \alpha. \quad (21)$$

Шлифовальный круг должен вращаться так, чтобы он набегал на режущую кромку, а не сбегал с нее. При таком вращении заусенцы образуются меньше.

Ширина затачиваемой поверхности стальных фрез должна равняться 3...4 мм, твердосплавных – 1...2 мм, поэтому через 3...4 переточки заднюю поверхность зуба подрезают под углом $\alpha_1 = \alpha + (5...10^\circ)$.

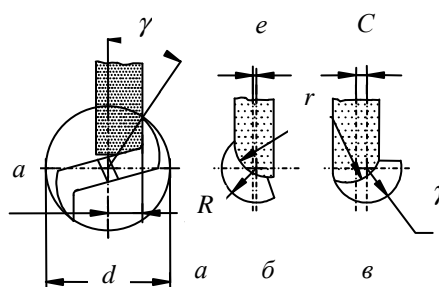
Ножи сборных фрез затачивают на ножеточильных станках или в собранном виде, как зубья цельных фрез.

Концевые фрезы затачивают с применением специальных приспособлений, позволяющих устанавливать фрезу под необходимыми углами к шлифовальному кругу. Заточка фрез вручную без приспособлений недопустима.

У фрез затачивают боковые и торцовые режущие кромки. Для заточки боковых режущих кромок (рис. 61) шлифовальный круг заправляют по профилю канавки фрезы с $r = 2 \dots 6$ мм. При настройке рабочую поверхность шлифовального круга смещают относительно продольной оси затывланной фрезы на величину (рис. 61, *a*)

$$a = \frac{d}{2} \sin \gamma. \quad (22)$$

Рис. 61. Схемы заточки концевых фрез:
a – затывланной; *б* – незатывланной с плоской передней поверхностью; *в* – незатывланной с цилиндрической передней поверхностью



Фрезы с плоской передней поверхностью смещают на величину (рис. 61, *б*):

$$e = \frac{d}{2} \cos \beta, \quad (23)$$

где β – угол заострения зуба.

Незатывланые фрезы с цилиндрической задней поверхностью смещают на величину (рис. 61, *в*):

$$c = d/2 - r(1 - \cos \beta). \quad (24)$$

Заточку торцовых режущих кромок ведут со стороны задних граней (рис. 62).

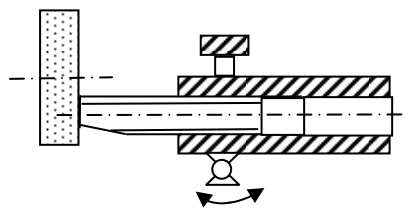


Рис. 62. Заточка торцовых режущих кромок в приспособлении

Шлифовальные круги. Для заточки стальных фрез используют шлифовальные круги типа 4П, Д, ЧЦ, 1Т из электрокорунда марок 14А, 24А зернистостью 25...40 на керамической или бакелитовой связке твердостью СМ1...СМ2. Для заточки фрез из быстрорежущей стали при-

меняют круги из КНБ 100...150 %-ной концентрации на бакелитовой связке зернистостью 10...16.

Доводку заточенных фрез ведут кругом из КНБ концентрацией 50...100 %, зернистостью 6...12, на бакелитовой связке. Работоспособность шлифовальных кругов повышается и качество заточки улучшается при использовании смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ).

16.8. Заточка твердосплавных фрез

При расположении твердосплавной пластины по передней грани зуба заточку производят по задней поверхности, а доводку – по передней. При расположении пластины по задней поверхности зуба заточку ведут по передней поверхности, а доводку – по задней.

Через каждые четыре-пять переточек стальной корпус фрезы прошлифовывают, обнажая твердосплавную пластину. Прошлифовку ведут кругами из карбида кремния зеленого под углом на 5...10° больше, чем задний или передний угол заточки по твердому сплаву. Технология заточки цилиндрических фрез приведена в табл. 10. Параметр шероховатости R_a заточенной твердосплавной поверхности должен быть равен 0,16...0,08 мкм.

Таблица 10

Технология и режимы заточки твердосплавных цилиндрических насадных фрез на станке 3А64М

Операция	Характеристика круга	Параметры режима шлифования		
		V, м/с	S _п , мм/дв. ход	S _{пр} , м/мин
Обработка задней поверхности зуба по пластинке твердого сплава: заточка доводка	12А2-45° 100...125 АС2 160/125 Б1 100...150%	10...20	0,02...0,03	1,5...2,0
	12А2-45° 100...125 АС2 80/63 Б1 100...150 %	25...30	0,005...0,01	0,5...1,5
Обработка зубьев по передней поверхности пластины: заточка доводка	12А2-20° 100...125 АС2160/125 Б1 100...150 %	15...20	0,02...0,03	1,5...2,0
	12А2-20° 100...125 АС6 250/200 М 100...150 %;	15...20	0,03...0,05	2...3
Обдирка корпуса по задней грани	1Т 100...150 64С 25...40 СМ2 К	12...15	0,02...0,06	1,5...2,0
Примечание. V – окружная скорость шлифовального круга; S _п – поперечная подача; S _{пр} – продольная подача				

Заточные станки. Для заточки фрез используют универсальные станки (ЗА64М, ЗА64Д,ЗБ642,ЗВ642 и др.) или специализированные станки ТчФ – для цельных насадных фрез; ТчФА-2, ТчФА-3 – для заточки стальных, твердосплавных насадных цельных и сборных фрез; ТчФТ – для твердосплавных насадных фрез; ТчФК – для концевых фрез и фрезерных цепочек.

16.9. Заточка ножей

Виды заточки. Различают заточку плоскую и эллиптическую шлифовальными кругами ЧЦ (рис. 63, а, б), плоскую и дугообразную кругами ПП (рис. 63, в, г).

При заточке ножей чашечным кругом ЧЦ его рабочий участок должен набегать на режущую кромку ножа, а оставляемые риски должны быть перпендикулярны режущей кромке. С увеличением наклона круга его площадь контакта с ножом убывает, что уменьшает возможность появления прижогов. Кроме того, эллиптическая форма задней поверхности ножа благоприятствует доводке лезвия. Плоская и эллиптическая заточки кругами ЧЦ являются наиболее предпочтительными.

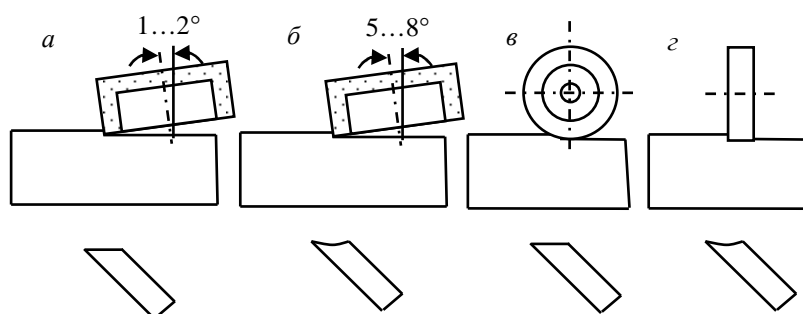


Рис. 63. Виды заточки ножей:

а – плоская заточка; б – эллиптическая; в – плоская;
г – дугообразная

При плоской заточке кругом ПП его площадь контакта с ножом минимальна, следовательно, и опасность перегрева ножа небольшая. Однако оставляемые кругом риски проходят параллельно режущей кромке, что способствует образованию выломов. Кроме того, для исключения неравно-

мерного износа круга его необходимо править и требуется дополнительное осциллирующее движение.

При дугообразной заточке кругом ПП его площадь контакта с ножом увеличивается. При этом трудно регулировать угол заострения ножа, и для заточки нужны круги диаметром 200...300 мм.

Ножи фрезерных головок предпочтительнее затачивать после установки их в корпус головки. При этом ножи затачивают так же, как зубья цельных фрез.

Фрезерные головки с профильными ножами затачивают по копиру. При этом шлифовальный круг с приводом и щуп монтируют на станине заточного станка, а фрезерную головку, установленную на оправке в центрах, и шаблон ножа – на двухкоординатной каретке.

Ножеточильные станки. Заточку ножей осуществляют на ножето-чильных станках модели ТчН6, ТчН13, ТчН21, ТчН31 или на универсально-заточных станках 3А64Д, 3В642, 3Е642, 3М642М и др.

На горизонтальных направляющих ножето-чильного станка установлена каретка с суппортом поперечной подачи, на котором смонтирован электродвигатель со шлифовальным кругом. Каретка может совершать по направляющим возвратно-поступательное движение в автоматическом режиме.

Верхняя часть станины станка имеет корытообразную форму. На дне корыта между горизонтальными направляющими установлен поворотный стол для крепления на нем затачиваемых ножей. Станок снабжен механизмом подачи смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ).

Технология заточки ножей. В цикле заточки можно выделить четыре этапа: установку ножа, настройку станка, заточку и доводку.

Установка ножа включает операции выверки его положения на столе и крепления. Режущая кромка ножа должна выступать над столом на 3...6 мм. Перед выверкой нож кладут на стол и слегка прижимают его планками. Затем с помощью шаблона контролируют заданный выступ ножа, режущая кромка которого должна быть параллельна кромке стола. После выверки нож окончательно фиксируют на столе.

При установке на столе нескольких коротких ножей предпочтительна выверка по линейке, которую винтами крепят на столе. Ножи задними кромками прижимают к линейке и затем фиксируют прижимными планками.

При настройке станка регулируют угол заострения ножа, подводят шлифовальный круг, устанавливают крайнее правое положение каретки, поперечную подачу и припуск на заточку, скорость подачи, включают подачу СОЖ.

Заточка заканчивается после снятия заданного припуска и последующего выхаживания (до прекращения искрообразования, но не менее 8...10 проходов).

Доводку ножей выполняют сначала на станке, а затем вручную. На станке в режиме доводки за 10...20 проходов и последующего выхаживания удаляют дефектный слой, образованный при грубой заточке. При ручной доводке удаляют заусенцы. Для доводки используют бруски размером 200x50x20 мм из электрокорунда или карбида кремния зернистостью 6...4, твердостью ВТ или ЧТ на керамической связке. Качество доводки улучшается при использовании эльборового бруска ЛМ40...28 КБ 100 %. Брусок при доводке смачивают водой.

Ширина доводочной ленточки по задней поверхности ножа равна 0,5...1,0 мм. Угол наклона ленточки к задней поверхности ножа 2...3°.

16.10. Выводы

Заточка лезвий режущего инструмента выполняется шлифовальными кругами. Лезвия при этом нагреваются. Мгновенная температура в микрослоях лезвий достигает 870...1200°С. Нагрев и последующее охлаждение металла может привести к структурным изменениям в стали.

Для исключения структурных изменений металла зубьев следует строго соблюдать рекомендуемые режимы заточки. Режим заточки, доводки, выхаживания характеризуется поперечной и продольной подачей. Поперечная подача для различных режимов заточки и доводки изменяется в пределах 0,02...0,18 мм. При доводке поперечная подача равна 0,005...0,01 мм, при выхаживании – равна нулю. Продольная подача достигает значений 0,5...7,0 м/мин.

Выхаживание проводят до момента прекращения образования искр. При выхаживании удаляется поверхностный слой, в котором могут произойти структурные изменения металла.

Контрольные вопросы

1. Что такое заточка режущего инструмента?
2. Правда ли, что при заточке возможны структурные изменения в стали?
3. Как назначается припуск на заточку?
4. Назовите основные параметры режима заточки.
5. Назовите принципы выбора шлифовального круга.

6. Изобразите схемы заточки зубьев пил на станках-автоматах.
7. Как выполняются выхаживание и доводка зубьев пил?
8. Расскажите технологию заточки твердосплавных пил.
9. Как устанавливают фрезу для заточки зубьев по передней и задней граням?
10. Как затачивают концевые фрезы?
11. Как установить шлифовальный круг при заточке ножей?
12. В каких случаях используют шаблон и линейку при установке ножей для заточки?

17. Соединение концов ленточной пилы

Ленточная пила поступает на деревообрабатывающее предприятие в рулоне. Для работы на станке необходима замкнутая лента длиной $L = \pi D + 2H$, где D – диаметр шкивов ленточнопильного станка, мм; H – среднее расстояние между шкивами, мм. Длина отрезаемой ленты зависит от способа соединения ее концов.

17.1. Сварка

При разметке ленты через вершину крайнего зуба по угольнику чертилкой на полотне проводят линию перпендикулярно задней кромке (рис. 64, а). От этой линии откладывают отрезок l , мм:

$$l = (t_3 - \delta) / 2, \quad (25)$$

где t_3 – шаг зубьев пилы, мм; δ – припуск на осадку при сварке (табл. 11).

Полученную линию слегка накернивают и от нее откладывают длину пилы L . От вершины ближайшего зуба откладывают отрезок l и линию накернивают. По полученным линиям пилу отрезают. Обрезанные кромки правят на наковальне молотком, опиливают личным и бархатным напильниками, добиваясь их прямолинейности и перпендикулярности к задней кромке. Затем концы пилы зачищают шкуркой и обезжиривают.

Сварку осуществляют на сварочном агрегате АСЛП-18. Концы пилы зажимают прижимами и соединяют. Затем место стыка разогревают электрическим током до пластического состояния, и путем перемещения прижимов концы ленты прижимают друг к другу. Происходит сварка. После сварки производят отжиг места сварки. Удельное давление осадки при

сварке равно 3...4 МПа, температура в зоне сварки – не менее 1250°С, при отжиге – около 750°С.

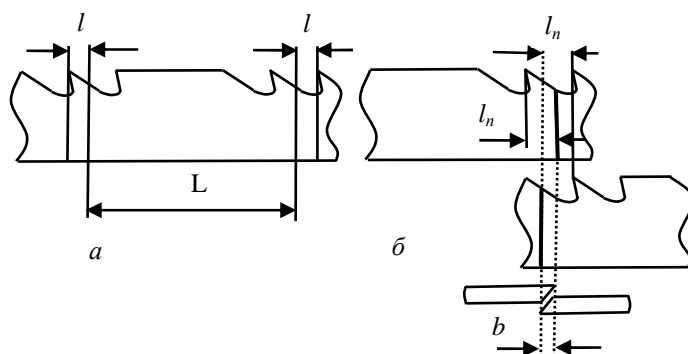


Рис. 64. Разметка пилы для соединения концов:
а – сваркой; б – пайкой

Таблица 11

Режимы сварки ленточных пил на агрегате АСЛП-18

Ширина пилы, мм	Усилие осадки по шкале агрегата	Степень тока по шкале агрегата	Ход осадки δ , мм	Расстояние между прижимами, мм	Ширина пилы, мм	Усилие осадки по шкале агрегата	Степень тока по шкале агрегата	Ход осадки δ , мм	Расстояние между прижимами, мм
30...40	1	1	3	10	120	7	5	5	15
50	2	1	3	10	130	8	5	5	20
60	2	2	3	10	140	9	6	5	20
70	3	2	4	15	150	10	6	5	20
80	4	3	4	15	160	11	6	6	20
90	5	3	4	15	170	12	7	6	20
100	6	4	4	15	175	12	7	6	20
110	6	4	5	15					

После сварки погрешность шага зубьев должна находиться в пределах $\pm 0,5$ мм, отклонение толщины пилы – $\pm 0,05$ мм. Твердость в зоне шва – не более 44 HRC₃.

17.2. Пайка

Разметку полотна пилы ведут по схеме, показанной на рис. 64, б. Отрезок $l_n = (t_3 + b)/2$. Ширина шва $b = 8...12$ мм. Концы с фасками зачищают шкуркой и обезжиривают.

Пайку осуществляют на прессах с паяльными брусками или на электрических паяльных прессах ПЛ6 (ширина пил до 60 мм) и ПЛ180 (ширина пил до 180 мм).

Бруски паяльных прессов выполнены из жароупорной стали марки 4Х25Н12, имеют сечение 20х30 или 20х40 и длину 175...200 мм. Бруски нагревают в муфельной печи, вставляют в гнездо в зоне пайки и прижимают к пиле. Температура паяльных брусков зависит от типа применяемого припоя (табл. 12): для серебряного припоя – 830...900°C, для медно-цинкового и латунного – 950...1000°C.

В электрических паяльных прессах нагрев концов пилы и припоя осуществляется путем пропускания через них электрического тока.

В качестве флюса при пайке используют обезвоженную буру в виде порошка или пасты, включающей 3 части буры и 2 части вазелина.

Таблица 12

Характеристика припоев для пайки ленточных пил

Тип припоя	Марка	Химический состав, %				Температура плавления, °С
		Серебро	Медь	Цинк	Примеси	
Серебряный	ПСр-45	45	30	24,5	0,5	720
	ПСр-65	65	20	14,5	0,5	700
Медно-цинковый	ПМц-42	-	42	56,5	1,5	820
	Л62	-	62	38,0	-	900

Контрольные вопросы

1. Как отрезать концы пильной ленты для их сварки или пайки?
2. Расскажите о режимах сварки и пайки.
3. Как нагревают зону сварки и пайки?

18. Правка полотен и дисков пил

18.1. Общие сведения

Пилы, подготовленные к работе, должны иметь плоские (прямолинейные) боковые поверхности.

Отклонение от плоскостности (прямолинейности) – наибольшее расстояние от точек реальной поверхности (профиля) до прилегающей плоскости (прямой) в пределах нормируемого участка.

Допуск плоскостности (прямолинейности) – наибольшее допускаемое значение отклонения от плоскости. Поле допуска плоскостности – область в пространстве (на плоскости), ограниченная двумя параллельными плоскостями (прямыми), отстоящими друг от друга на расстоянии, равном допуску плоскостности (прямолинейности).

Пилы, находящиеся в эксплуатации, теряют свою правильную форму. Причина тому – действие различных факторов: нагрева, сил резания, боковых изгибов, проявление дефектов прокатки, неравномерной термической обработки и др.

Вообще на пиле могут быть выявлены общие и местные дефекты формы и напряженного состояния. Общие дефекты различны для рамных, ленточных и дисковых пил, местные же дефекты одинаковы и получили условные названия – выпучина, тугое мест, слабое место, изгиб.

Дефекты исправляют путем правки пилы.

Правка – это устранение искажений формы путем пластического деформирования металла корпуса пилы.

Подготовка пил к правке. Новые пилы, поступающие на предприятие, покрыты консервирующей смазкой. Для работы с пилами эту смазку следует удалить. Консервирующую смазку снимают деревянным скребком.

Остатки смазки удаляют растворителем. Для этого пилы погружают в емкость с растворителем на 20...30 мин. В качестве растворителя используют горячую воду при температуре 60...80°C, керосин или 15...20%-ный водный раствор аммиака или соды.

Пилы, бывшие в эксплуатации, имеют на своей поверхности прилипшую древесную смолу, пыль. Для очистки от них пилы погружают в емкость с растворителем тоже на 20...30 мин. В качестве растворителя используют 3%-ный содовый раствор, 20%-ный раствор аммиака или горячую воду при температуре 80°C.

18.2. Дефекты полотна рамной пилы

Для контроля плоскостности полотна рамную пилу кладут на поверочную плиту. К полотну прикладывают поверочную линейку и перемещают ее по всей длине пилы, поворачивая в разные направления. Зазор между линейкой и полотном пилы не должен превышать 0,15 мм. Зазор измеряют набором щупов. Границы участков, на которых неплоскостность превышает допустимую величину, очерчивают мелом.

На полотне рамной пилы можно обнаружить следующие местные дефекты (рис. 65): выпучины В, тугие места Т, слабые места С, искривление полотна (крыловатость) И.

Выпучина – участок с неравномерным распределением напряжений по толщине полотна в пределах дефектного места.

При накладывании поверочной линейки вдоль и поперек пилы, помещенной на поверочную плиту, на одной поверхности пилы образуется выпуклость, на другой – вогнутость. При надавливании на дефектное место рукой оно не переводится на другую сторону.

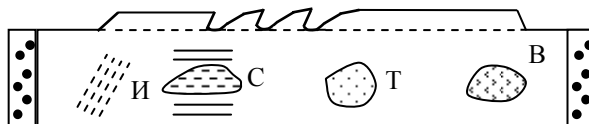


Рис. 65. Дефекты полотна рамной пилы

Правят выпучину на стальной наковальне пилоправным молотком с круглым бойком (при круглой выпучине) или с продольным бойком (при удлиненной выпучине). Чтобы не растянуть металл, под пилу на наковальню кладут несколько листов бумаги, или правку производят на торце твердого дерева. Первые удары молотком наносят мягко по периметру выпучины, постепенно приближаясь к центру и увеличивая силу ударов.

Тугое место – участок полотна недостаточно растянутый, на котором внешним контуром создается напряжение растяжения. Обнаруживается оно в виде выпуклости с внутренней стороны изогнутой пилы.

Правят тугое место путем его удлинения. Пилу кладут на наковальню, и по дефектному месту наносят удары молотком. Тугое место проковывают с двух сторон пилы, при этом силу ударов молотком уменьшают от центра тугого места к периферии. Тугое место больших размеров целесообразно исправлять вальцеванием.

Слабое место – участок полотна пилы, излишне растянутый и испытывающий напряжения сжатия со стороны внешнего контура. Оно проявляется в виде выпуклости при горизонтальном положении пилы. При изгибе пилы участок со слабиной выпучивается наружу. Если пилу перевер-

нуть, то в горизонтальном и изогнутом положениях ориентация выпуклости повторится.

Исправляется слабина путем удлинения металла вокруг дефектного места ударами молотка или вальцеванием.

Искривление (крыловатость) – выпуклость, расположенная под углом к кромкам пилы. Для обнаружения дефекта пилу кладут на поверочную плиту и поверочной линейкой отыскивают хребет перекручивания.

18.3. Дефекты полотна ленточной пилы

Различают дефекты большой протяженности (общие) и малой протяженности (местные).

Общие дефекты. К общим дефектам относят поперечную покоробленность, крыловатость, поперечные изгибы, отгиб задней кромки, скручивание полотна общее и местное.

Поперечная покоробленность возникает в случае, когда средняя часть пилы оказывается чрезмерно растянутой. При накладывании поверочной линейки поперек полотна пилы, свободно лежащей на поверочной

плите, между линейкой и поверхностью пилы образуется зазор. С другой стороны полотна образуется выпуклость (рис. 66, *a*). Зазор измеряют щупами. Его допустимая величина должна быть равна 0,1...0,2 мм.

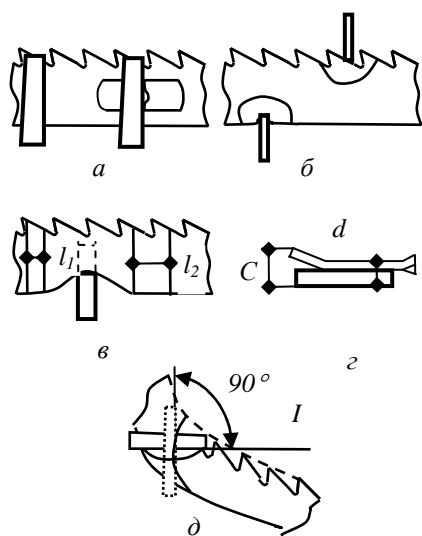


Рис. 66. Методы выявления общих дефектов:

a – поперечной покоробленности; *б* – крыловатости; *в* – поперечных изгибов; *г* – отгиба задней кромки; *д* – скручивания полотна

Если величина зазора превосходит предельно допустимые отклонения, то границы дефектного места помечают мелом.

Устраняют дефектное место вальцеванием передней и задней кромок пилы по всей длине покоробленности. Давление роликов снижают по мере приближения следа вальцевания к дефектному месту.

Желательно все дефекты устранять только вальцеванием. Чем реже ленточная пила правится правильными молотками, тем больше срок ее службы.

Дефекты устраняют последовательно на отдельных участках пилы длиной до 1 м.

Крыловатость проявляется тогда, когда одна кромка полотна растянута больше, чем противоположная. При накладывании пилы на поверочную плиту растянута (ослабленная) кромка оказывается приподнятой над плитой (рис. 66, б). Величину приподнятости кромки измеряют щупом. Допустимая величина крыловатости на базе 1000 мм равна 0,1...0,2 мм. Границу крыловатости очерчивают мелом.

Исправляют крыловатость путем вальцевания нерастянутого участка полотна пилы несколькими продольными следами, начиная от дефектного места. Усилие вальцевания увеличивают по мере удаления от очерченных границ.

Поперечные изгибы – результат неравномерного распределения напряжений по толщине полотна. В месте изгиба пила поднимается над поверочной плитой (рис. 66, в). Зазор над плитой не должен быть более 0,4...0,6 мм. При устранении дефекта пилу выправляют вручную, а при необходимости прилегающие участки l_1 и l_2 равномерно вальцуют.

Отгиб задней кромки – результат значительной неравномерности распределения напряжений по ширине полотна. Задняя кромка удлинена (рис. 66, з).

Для выявления границ дефектного места под пилу кладут калиброванную пластину и микрометром измеряют суммарную толщину пилы с пластиной. Величина отгиба $\delta = C - d$, где C – величина отгиба полотна у задней кромки; d – суммарная толщина пилы и пластины. Допустимый отгиб равен 0,2 мм.

Устраняют дефект путем вальцевания зубчатой кромки полотна, начиная от середины при постепенном увеличении силы прижима роликов.

Скручивание полотна – результат неравномерного распределения напряжений по ширине и длине полотна. Пила на полу стремится к опрокидыванию или к изгибу в виде восьмерки. Направление или хребет скручивания определяют накладыванием на пилу поверочной линейки под углом к кромкам. При обнаружении наибольшего просвета между пилой и линейкой проводят мелом линию, определяющую направление скручивания I (рис. 66, д). При наложении линейки под углом 90° к проведенной линии должна выявиться выпуклость.

Для устранения дефекта верхнюю ветвь пилы участками по 200...400 мм отгибают вручную в сторону обратную скручиванию. Затем по линии скручивания I наносят удары молотком с удлиненным бойком. Удары наносят, начиная от задней кромки. Непрямолинейность кромок пилы на базе 1000 мм должна быть не более 0,4 мм.

Местные дефекты. К местным дефектам ленточных пил относят выпучину, тугое место, слабое место. Обнаружение и правка дефектов выполняются так же, как на рамных пилах.

18.4. Дефекты дисковых пил

Контроль плоскостности дисков пил. Полный контроль плоскостности включает исследование прямолинейности профиля и торцового биения диска пилы. Для контроля прямолинейности профиля пилу в свободном состоянии ставят зубьями на верстак или специальное рабочее место пилоправа вертикально с точностью ± 5 мм на диаметре пилы. По диаметрам, радиусам и хордам диска пилы прикладывают пилоправную линейку. Максимальный просвет между диском и кромкой линейки измеряют щупами и принимают за величину прямолинейности профиля диска. Зазоры измеряют на расстоянии 15...20 мм от посадочного отверстия.

Предельно допустимые отклонения от прямолинейности зависят от диаметра пил и оснащения их зубьев твердым сплавом:

для стальных пил по ГОСТ 980-80:							
Диаметр пилы, мм	. . .	до 360	360... 800	800... 1000	1250	1500	1600
Отклонение, мм	. . .	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6

для пил с пластинами из твердого сплава по ГОСТ 9769-79:							
Диаметр пилы, мм	. . .	до 400	450				
Отклонение, мм	. . .	0,1	0,15				

Прямолинейность профиля тяжелых пил диаметром от 400 мм и более исследуют с применением приспособления ЦНИИМОД (ПР 188.00.00) ТУ Кировского станкостроительного завода.

При контроле торцового биения пилу зажимают во фланцах на горизонтальном валу прибора ПНТ (рис. 67). Диаметр фланцев для пил диаметром до 500 мм равен 125 мм, а для пил диаметром свыше 500 мм – 160 мм. Для пил с твердосплавными пластинами диаметр фланцев равен 100 мм.

Допускаемое торцовое биение коренного фланца – не более 0,01 мм на радиусе 50 мм.

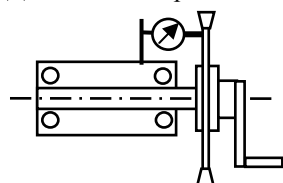


Рис. 67. Схема контроля торцового биения диска

Торцовое биение диска пилы измеряют индикатором при медленном вращении диска. Измерительный стержень индикатора устанавливают на расстоянии 5 мм от впадин зубьев. Допускаемая величина торцового биения установлена в зависимости от диаметра пил:

для пил по ГОСТ 980-80:

Диаметр пилы, мм	до 200	200... 360	360... 500	500... 800	800...1600
Торцовое биение, мм	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6

для пил с пластинами из твердого сплава по ГОСТ 9769-79:

Диаметр пилы, мм до 200	св. 200 до 360	400	450
Торцовое биение, мм 0,15	0,20	0,25	0,30

Если измеренные значения прямолинейности и торцового биения превосходят допустимые величины, то пилу правят.

Общие дефекты дисков. К ним относят тарельчатость и крыловатость.

Тарельчатость диска характеризуется наличием одностороннего зазора между диском 1 и поверочной линейкой 2, приложенной по диаметрам вертикально установленной пилы (рис. 68).

Причин образования тарельчатости может быть несколько.

Во-первых, в результате нагрева диска или проковки центральная зона его может оказаться растянутой больше, чем периферийная. В результате у вертикально установленной пилы зазор между диском и поверочной линейкой получает форму сегмента или близкую к нему. Если нажать рукой центральную зону диска, то пила может прогнуться на другую сторону. При переводе тарельчатости с одной стороны на другую возможен хлопок.

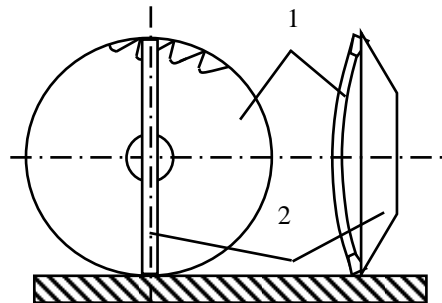


Рис. 68. Схема обнаружения тарельчатости диска пилы

Для устранения такой тарельчатости надо проковать периферийную зону диска с двух сторон и довести степень проковки до нормативной величины.

Во-вторых, в результате предыдущих технологических операций с диском может случиться, что поверхностные напряжения с каждой его стороны будут различными. Неравномерное распределение напряжений по толщине приведет к изгибу диска. Зазор между вертикально установленным диском и поверочной линейкой имеет форму сегмента или близкую к нему. Однако жесткость центральной и периферийной зон примерно одинакова. Перевести выпуклость нажатием рукой с одной стороны на другую невозможно.

Для устранения такой тарельчатости надо пилу положить на наковальню выпуклостью вверх и проковать среднюю зону. Удары наносят от периферии к центру.

В-третьих, при отгибе зубчатого венца или отгибе диска относительно зажимных фланцев в зоне пластического изгиба напряжения распределяются неравномерно. Диск получает форму тарелки. Однако жесткость центральной и периферийной зон примерно одинакова, и перевести выпуклость с одной стороны на другую невозможно.

Для устранения тарельчатости пилу кладут на наковальню выпуклостью вверх, и удары молотком наносят по окружности изгиба. Изгиб правят в два этапа. При грубой правке на наковальню под пилу кладут прокладку из ремня или картона. На втором этапе правку продолжают без прокладок.

Двусторонняя крыловатость диска характеризуется тем, что при установке пилы на верстаке в вертикальное положение и приложении по различным диаметрам поверочной линейки имеется два взаимно перпендикулярных диаметра, к которым линейка устойчиво (плотно) прилегает. Это происходит потому, что периферийная зона диска чрезмерно растянута, ослаблена. Жесткость центральной зоны пилы больше, чем периферийной.

Исправляют крыловатость путем проковки центральной зоны диска с каждой стороны. Ослабление центральной зоны компенсирует излишнее растяжение зубчатой кромки.

Местные дефекты. К ним относят выпучину В, тугое место Т, слабое место С, изгиб И.

Выпучину обнаруживают короткой поверочной линейкой. Диск устанавливают в горизонтальное положение. Если горб выпучины обнаружен на маркированной стороне диска, то его положение там и сохраняется при переворачивании пилы. Надавливая на выпучину рукой, перевести ее на другую сторону не удастся. Правят ее так же, как выпучину рамной пилы.

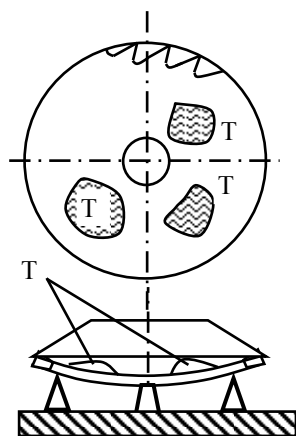


Рис. 69. Выявление тугого места

Тугое место – участок диска недостаточно растянутый. Для его обнаружения диск кладут на три точечные опоры в горизонтальное положение (рис. 69). Пила несколько прогнется, и горб тугого места поднимется вверх. При переворачивании пилы горб все равно ориентируется вверх. При надавливании на дефект рукой перевести его на другую сторону пилы не удастся.

Границы дефекта определяют короткой поверочной линейкой и очерчивают мелом. Правят его так же, как тугое место рамной пилы.

Слабое место – излишне растянутый участок по сравнению с прилегающим к нему контуром. Для выявления границ слабого места пилу кладут горизонтально на три точечные опоры. Если дефект находится в критическом состоянии, то независимо от того, какой стороной пила будет положена вниз, горб слабого места всегда будет находиться снизу, с внешней стороны изогнутой пилы (рис. 70). При закритическом состоянии дефекта стрела его прогиба при переворачивании пилы меняет направление, так как самостоятельно дефект не может перейти на внешнюю сторону прогнутой пилы. Надавливая на слабое место рукой, его горб можно перевести с одной стороны на другую.

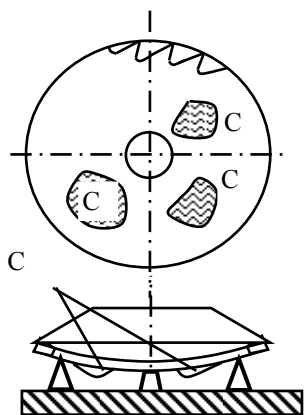


Рис. 70. Выявление слабого места

Исправляют слабое место проковкой прилегающей к нему зоны так же, как правят слабое место рамной пилы.

Изгиб диска возникает при изготовлении пилы и при неравномерной ее проковке. Для исправления дефекта пилу кладут на наковальню выпуклостью дефекта вверх и проковывают место изгиба до придания плоской формы. Рекомендуется под пилу на наковальню положить прокладку (картон, ремень).

Правку дефектов формы пил выполняют на наковальне модели ПИ-37. Для правки используют следующие проковочные молотки:

- с бойком круглой формы с массой головки 0,95 и 1,6 кг (модели ПИ-40; ПИ-41);
- с перекрестным расположением рабочих поверхностей бойка (0,9 кг, модель ПИ-42);
- с косым расположением рабочих поверхностей бойка (1,3 кг, модель ПИ-43).

18.5. Выводы

Пилы, подготовленные к работе должны иметь плоские (прямолинейные) боковые поверхности. Однако пилы, находящиеся в эксплуатации, теряют свою правильную форму. На пиле могут появиться местные и общие дефекты. Местные дефекты для всех пил одинаковы и получили названия – выпучина, тугое место, слабое место, изгиб.

Общие дефекты характерны для каждого типа пил. Для ленточных пил это покоробленность, крыловатость, поперечный изгиб, отгиб задней кромки, скручивание. К общим дефектам круглых пил относят тарельчатость и крыловатость.

Процесс устранения общих и местных дефектов называют правкой. Правку осуществляют на наковальне проковочными молотками, а также на вальцовочном станке. Для проверки плоскостности используют поверочные линейки и набор щупов.

Контрольные вопросы

1. Дайте определения плоскостности, прямолинейности и допуска плоскостности.
2. Что такое правка?
3. Перечислите дефекты, встречающиеся на пилах. Чем они отличаются друг от друга?
4. Как исправляют дефекты на пилах?
5. Как обнаружить общие и местные дефекты на круглых пилах?
6. Какое оборудование и инструмент используют для обнаружения и устранения дефектов пил?

19. Повышение устойчивости пил

19.1. Общие сведения

Правильная распиловка древесины неразрывно связана с устойчивостью пилы. Такие дефекты пиления, как кривой и волнообразный пропил, происходят в результате малой жесткости пилы.

Поперечной жесткостью называют способность пилы оказывать сопротивление деформирующему действию внешних сил резания в зоне зубьев.

Различают жесткость статическую и динамическую.

Статическая жесткость определяется отношением поперечной силы F_{cm} , приложенной к зубьям пилы на середине ее свободной длины, к величине прогиба y_{cm} неподвижной пилы (рис. 71), Н/мм:

$$C_{cm} = \frac{F_{cm}}{y_{cm}}. \quad (26)$$

Статическая жесткость, например рамной пилы, показывает, какую боковую силу надо приложить к зубчатой кромке на середине свободной длины, чтобы отклонить ее на 1 мм.

Обычно жесткость рамной пилы равна 70...80 Н/мм.

Динамическая жесткость определяется для работающей пилы и в значительно большей степени отражает реальную способность пилы оказывать сопротивление деформирующему действию внешних сил, возникающих при пилении. По аналогии с предыдущим динамическая жесткость

$$C_{дин} = \frac{F_{дин}}{y_{дин}}. \quad (27)$$

Пила, обладающая большой динамической жесткостью, имеет высокую устойчивость.

Устойчивость пилы – это ее способность сохранять заданную плоскость движения при действии сил сопротивления резанию и неравномерном нагреве в процессе работы.

Для повышения устойчивости в полотнах и дисках пил предварительно создают напряженное состояние.

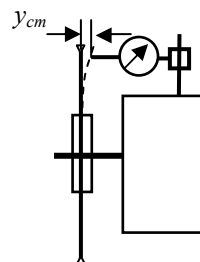


Рис. 71. Схема измерения статической жесткости

19.2. Вальцевание рамных пил

В процессе работы рамная пила нагревается. Зубчатая кромка удлиняется, и под действием сил резания пила теряет устойчивую плоскую форму. Происходит блуждание пилы в пропилах.

Вальцевание позволяет повысить поперечную жесткость и устойчивость пил.

Сущность процесса заключается в том, что среднюю часть полотна пилы прокатывают между двумя роликами вальцовочного станка (ПВ20, ПВ23, ПВ35). После вальцевания кромки пилы имеют напряжения растяжения, а средняя часть полотна – напряжения сжатия.

Количество следов вальцевания назначают в зависимости от ширины пил и их состояния. При $B = 120...180$ мм новые пилы вальцуют в 3 следа, а пилы, бывшие в эксплуатации – 4...5 следов. При $B = 80...110$ мм пилы вальцуют в 3 следа.

Расположение и порядок нанесения следов вальцевания показаны на рис. 72. Давление роликов принимается постоянным для всех следов вальцевания (табл. 13).

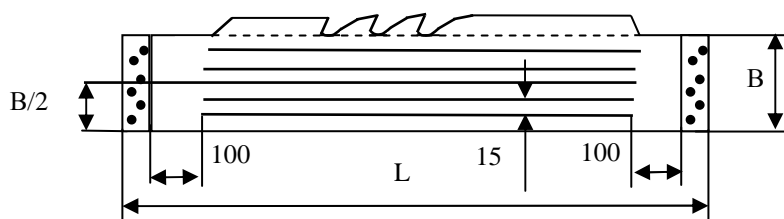


Рис. 72. Расположение и порядок нанесения следов вальцевания

Таблица 13

Давление роликов вальцовочного станка

Длина пилы, мм	Толщина пилы, мм	Усилие прижима роликов, Н	Давление по манометру, МПа	Длина пилы, мм	Толщина пилы, мм	Усилие прижима роликов, Н	Давление по манометру, МПа
1100	1,6	9400	3,3	1500	2,2	15700	5,6
	1,8	11770	4,2		2,5	19620	6,9
1250	2,0	12560	4,4	1600	2,2	15700	5,6
	2,2	19620	6,9		2,5	19620	6,9
1400	2,0	10990	3,9	1750	2,5	19620	6,9
	2,2	17270	6,1		2,5	17760	6,4

Контроль степени вальцевания. Для определения напряженного состояния пилу устанавливают в приспособление (рис. 73), обеспечивающее продольный изгиб полотна по дуге окружности радиуса $R = 1,75$ м. Перпендикулярно полотну и продольной оси пилы прикладывают поверочную линейку 1 или индикаторную линейку 2. Растянутая (провальцованная) средняя зона полотна при продольном изгибе выпучится вниз. Стрелу прогиба f измеряют щупами или индикатором линейки 2.

Стрела прогиба f характеризует напряженное состояние полотна. Оптимальное значение стрелы прогиба приведено в табл. 14. Если фактическая стрела прогиба меньше табличной, то среднюю зону следует провальцевать дополнительно; если фактическая стрела прогиба больше табличной, то полотно вальцуют по двум дополнительным следам, расположенным на расстоянии 10 мм соответственно от задней и передней кромок. При этом давление роликов уменьшают по отношению к табличным на 30 %.

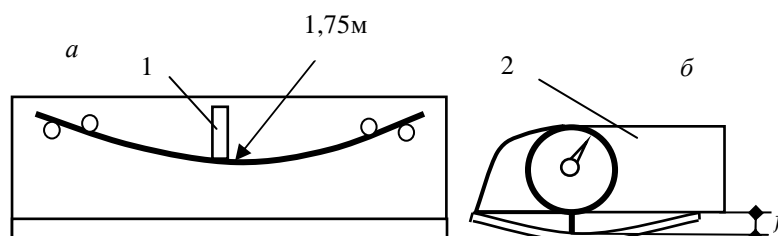


Рис. 73. Контроль степени вальцевания:
a – установка пилы в приспособлении; *б* – измерение стрелы прогиба

Таблица 14

Оптимальные значения стрелы прогиба при вальцевании рамных пил

Длина пилы, мм	Толщина пилы, мм	Значения стрелы прогиба f , мм, при ширине полотна рамной пилы без зубьев, мм						
		180	170	160	150	140	130	120...70
1100	1,6	-	-	-	-	0,15	0,10	0,05
	1,8	-	-	-	-	0,20	0,15	0,05
1250	2,0	-	-	0,20	0,15	0,10	0,08	0,05
	2,2	-	-	0,30	0,22	0,18	0,15	0,05
1400	2,0	-	-	0,15	0,10	0,08	0,05	0,05
	2,2	-	-	0,25	0,18	0,15	0,10	0,05
1500	2,2	-	-	0,20	0,15	0,10	0,08	0,05
	2,5	-	-	0,30	0,22	0,18	0,15	0,05
1600	2,2	-	-	0,20	0,15	0,10	0,08	0,05
	2,5	-	-	0,30	0,22	0,18	0,18	0,05
1750	2,5	0,35	0,30	0,25	0,18	0,154	0,10	0,05
1950	2,5	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,08	0,05

19.3. Создание напряженного состояния ленточной пилы

Контроль напряженного состояния полотна пилы. В ленточной пиле шириною более 60 мм методом вальцевания должно быть создано предварительное напряженное состояние. Средняя зона ширины полотна должна быть растянута.

Напряженное состояние оценивается по величине стрелы прогиба полотна в поперечном сечении при продольном его изгибе, а также по величине стрелы выпуклости задней кромки полотна. Оба показателя измеряют на каждом метре длины пилы (7...8 измерений на пиле), по которым находят их средние арифметические значения. Полученные результаты сравнивают с нормативными (табл. 15).

Стрелу прогиба в поперечном сечении определяют с помощью приспособления (рис. 74), позволяющего продольно прогнуть полотно по окружности радиуса $R = 1,5$ м. При этом растянутая средняя зона полотна выпучится наружу.

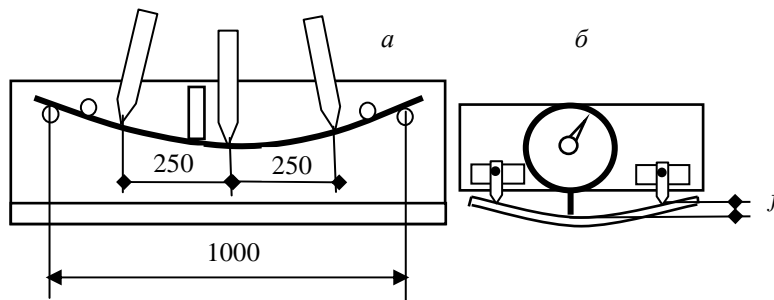


Рис. 74. Схема измерения стрелы прогиба поперечного сечения:
a – приспособление продольного изгиба;
б – измерение индикаторной линейкой

Стрелу прогиба f измеряют индикаторной линейкой с опорными призмами. Призмы настраивают так, чтобы они опирались на пилу в точках, расположенных на расстоянии 5 мм от задней кромки и линии впадин зубьев. Для исключения неплоскостности полотна стрелу прогиба в одних и тех же сечениях измеряют поочередно с внутренней и наружной сторон ленты.

Стрелу выпуклости задней кромки измеряют индикаторной линейкой по схеме, приведенной на рис. 75.

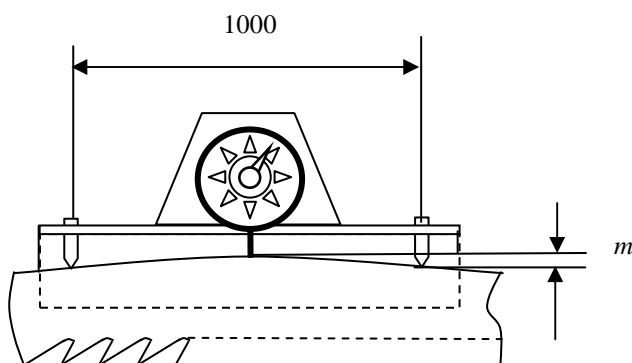


Рис. 75. Схема измерения стрелы выпуклости задней кромки

Таблица 15

Степень и параметры вальцевания полотен ленточных пил

Ширина пилы без зубьев, мм	Толщина пилы, мм	Количество следов вальцевания	Стрела прогиба f , мм	Давление роликов по манометру, МПа	Угол наклона пильного шкива			
					10°		20°	
					Стрела выпуклости t , мм	Смещение следа e , мм	Стрела выпуклости t , мм	Смещение следа e , мм
165	1,2	2	0,23	3,5	0,05	22,5	0,10	45,0
	1,0	1	0,23	4,5	-	-	-	-
150	1,2	3	0,23	3,0	0,05	17,0	0,10	34,0
	1,0	2	0,23	3,0	-	-	-	-
140	1,2	3	0,23	3,5	0,05	15,0	0,10	30,0
	1,0	3	0,23	3,0	-	-	-	-
125	1,2	4	0,23	3,0	0,05	(11,0)	0,10	22,0
	1,0	3	0,23	3,0	-	-	-	-
115	1,2	4	0,23	3,5	0,05	(10,0)	0,10	19,0
	1,0	3	0,23	3,5	-	-	-	-
100	1,2	4	0,20	4,0	0,05	-	0,10	(13,0)
	1,0	3	0,20	4,0	-	-	-	-
90	1,2	5	0,16	3,5	0,05	-	0,10	(12,0)
	1,0	4	0,16	3,5	-	-	-	-
80	1,2	4	0,13	4,0	-	-	-	-
	1,0	3	0,13	4,0	-	-	-	-
75	1,0	3	0,11	4,0	-	-	-	-
60	1,0	3	0,11	4,0	-	-	-	-

Примечания: 1. Значения в скобках приведены для следов, которые должны перекрывать друг друга без просветов.
2 Давление роликов при нанесении смещенных следов равно 2 МПа.

Вальцевание ленточных пил. Пилу вальцуют, если фактическая стрела прогиба f меньше нормативной.

Известно два способа вальцевания. Первый способ применяют при выпуклых шкивах ленточнопильного станка. Сначала вальцуют по следу, проходящему по средней линии полотна. Затем, отступая от него по 10...15 мм поочередно к обеим кромкам, делают новые проходы, постепенно уменьшая давление роликов. Последние проходы должны отстоять от задней кромки и линии впадин зубьев на 15...20 мм.

По второму способу пилу вальцуют на конус. Такую пилу устанавливают на станок с наклоном верхнего шкива. Сначала вальцуют пилу по следу, расположенному на расстоянии 15...20 мм от линии впадин. Затем делают проходы, следы которых отстоят друг от друга на расстоянии 10...15 мм. Давление роликов постепенно уменьшают.

Наиболее часто вальцевание ведут по схемам, приведенным на рис. 76. Расстояние между осями симметрии вальцевания должно быть

около 10 мм. В некоторых случаях наносится дополнительный след, смещенный к задней кромке полотна на расстояние e . Количество следов вальцевания, смещение дополнительного следа и давление роликов приведено в табл. 15.

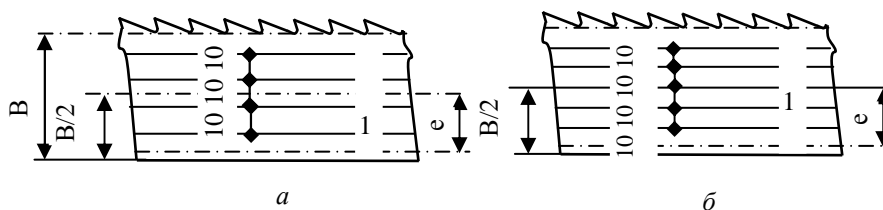


Рис. 76. Расположение и порядок нанесения следов вальцевания:
 а – при четном количестве симметричных следов;
 б – при нечетном количестве симметричных следов

Пилу вальцуют за два приема. Сначала пилу вальцуют с внутренней стороны. Для этого пилу надевают на верхние ролики 1 верстака (рис. 77) и с помощью вальцовочного станка 2 наносят все симметричные следы. Нижняя ветвь пилы при этом скользит по наковальне 3 и поверочной плите 4. Затем пилу надевают на нижние ролики 5 и снова наносят следы вальцевания по заданной схеме. Надо стремиться, чтобы следы попадали след в след.

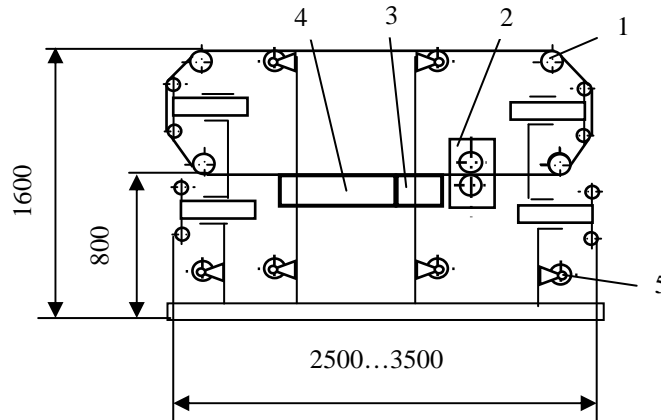


Рис. 77. Верстак для подготовки ленточных пил

После вальцевания проводят заключительный контроль напряженно-состояния. Если стрела прогиба f меньше нормативной, то пилу снова

вальцуют при давлении не более 2 МПа по следам вблизи оси симметрии полотна между ранее нанесенными следами. Если прогиб больше нормативного, то наносят два следа на расстоянии около 10 мм от задней кромки и линии впадин зубьев. Давление – 2 МПа.

19.4. Напряженное состояние в дисковых пилах

При работе дисковая пила подвергается различным физико-механическим воздействиям. Главными из них считают следующие: действие центробежных сил, неравномерный нагрев диска по радиусу и начальные напряжения, созданные при проковке или вальцевании. Три названных воздействия расположены в плоскости диска и вызывают в нем плоское напряженное состояние [13].

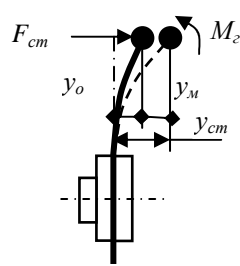


Рис. 78. Прогиб круглой пилы и гироскопический момент при ее вращении

Динамическая жесткость круглой пилы. Это жесткость вращающейся пилы. При вращении в круглой пиле возникают центробежные силы, стремящиеся удержать ее в вертикальной (заданной) плоскости движения (рис. 78). Прогиб пилы y_{cm} под действием поперечной силы F_{cm} приводит к появлению восстанавливающего гироскопического момента M_g , который уменьшает на y_m или совсем уничтожает прогиб и увеличивает сопротивляемость пилы действию поперечной силы [14].

Жесткость вращающейся пилы за счет гироскопического эффекта становится больше, чем невращающейся.

Остаточный прогиб y_o диска от совместного действия поперечной силы F_{cm} и гироскопического момента M_g

$$y_o = y_{cm} - y_m. \quad (28)$$

В диске вращающейся пилы действуют радиальные σ_r и тангентальные σ_t напряжения.

Во всех точках оба нормальные напряжения растягивающие. Это значит, что такие напряжения не могут вызвать потерю устойчивости диска пилы. Наоборот, они повышают его устойчивость.

При всем этом **увеличивать частоту вращения пилы можно только до тех пор, пока ее диск имеет оптимальное напряженное состояние.**

Нагрев диска пилы. При работе зубья пилы, преодолевая сопротивления упругого и пластического деформирования древесины и трения, нагреваются. Режущие кромки зубьев нагреваются сильнее, чем их основания. Через зубья тепло проникает в диск пилы и совместно с другими теп-

ловыми потоками неравномерно его нагревает. Периферийная горячая зона диска удлиняется. Эпюры плоского напряженного состояния диска, созданного его неравномерным нагревом при пилении древесины показаны на рис. 79. Тангентальные напряжения σ_τ в периферийной зоне пилы на участке $(0,6...1,0)R$ стали сжимающими (помечены знаком “минус”). Нормальные растягивающие напряжения помечены знаком “плюс”.

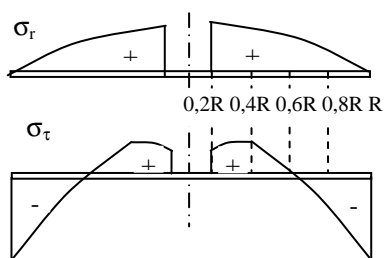


Рис. 79. Плоское напряженное состояние диска пилы, созданное его неравномерным нагревом при пилении

Наличие зон сжатия позволяет предположить, что диск может потерять устойчивость упругого равновесия. При большом температурном перепаде диск пилы может выпучиться.

Создание предварительного напряженного состояния. Для нормальной работы в диске пилы предварительно необходимо создать такое напряженное состояние, которое компенсировало бы вредное влияние неравномерного нагрева. Известно несколько способов нормализации напряженного состояния. Это может быть проковка или вальцевание, радиальное растяжение по контуру посадочного отверстия, создание компенсационных прорезей в пилах.

На рис. 80 показаны эпюры нормальных напряжений радиальных σ_r и тангентальных σ_τ , предварительно созданных путем проковки или вальцевания средней зоны диска на участке $(0,4...0,8)R$.

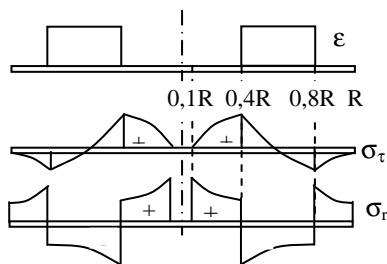


Рис. 80. Плоское напряженное состояние диска, созданное проковкой или вальцеванием его средней зоны

Под действием деформаций ϵ периферийная зона диска в виде кольца с радиусом $(0,4...0,8)R$ оказалась растянутой. Край диска натянут.

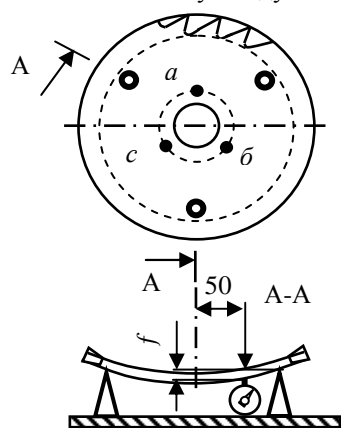
Проковка или вальцевание средней зоны заранее создает благоприятные условия для беспрепятственного удлинения кольца зубчатой кромки при работе. Нагреваемая при пилении зубчатая кромка удлиняется и слабина, созданная при проковке или вальцевании, устраняется. Если проковка или вальцевание соответствуют режиму пиления, то пила приобретает пло-

скую форму упругого равновесия в плоскости ее вращения. В этом случае пила надежно противостоит внешним нагрузкам [15].

Эффект проковки оказался противоположным эффекту неравномерного нагрева и компенсирует его вредное влияние.

19.5. Проковка и вальцевание дисковых пил

Контроль напряженного состояния диска. Напряженное состояние диска пилы оценивается величиной его прогиба под действием собственного веса. Пилу кладут в горизонтальное положение на три точечные опоры прибора ПСП, отстоящие на 5 мм от окружности впадин зубьев (рис. 81).



Прогиб пилы f измеряют индикатором часового типа или поверочной линейкой и щупом в трех точках a , b , c на окружности радиуса 50 мм.

Рис. 81. Схема контроля напряженного состояния диска пилы

Для исключения влияния неплоскостности измерения прогиба проводят с обеих сторон пилы и находят среднюю арифметическую величину прогиба. Эта величина должна соответствовать нормативной (табл. 16).

Предельные отклонения величины прогиба f , мм, плоских пил находят в зависимости от диаметра:

До 450 мм	+0,01	Свыше 710 до 1000 мм	+0,35
	-0,06		-0,05
Свыше 450 до 710 мм	+0,20	Свыше 1000 мм	+0,55
	-0,05		-0,05

Степень проковки характеризуется отношением прогиба пилы после проковки к прогибу пилы, начальные напряжения которой равны нулю.

Таблица 16

Нормативные значения величины прогиба и степени проковки стальных пил с плоским диском по ГОСТ 980-80

Диаметр пил, мм	Толщина пил, мм	Прогиб f , мм	Степень проковки	Диаметр пил, мм	Толщина пил, мм	Прогиб f , мм	Степень проковки
400	2,0	0,35	2,5	560	2,2	0,55	1,4
	2,2	0,30			2,5	0,45	
	2,5	0,20			2,8	0,35	
450	2,2	0,40	2,0	630	2,5	0,70	1,2
	2,5	0,30			2,8	0,55	
	2,8	0,20			3,0	0,50	
500	2,2	0,50	1,7	710	2,2	1,20	1,1
	2,5	0,40			2,5	1,0	
	2,8	0,30			2,8	0,8	

Проковка. Для проковки пилу размечают (рис. 82). Внешняя окружность проводится радиусом $(0,80...0,85)R$, где R – радиус диска по линии впадин зубьев. Внутренняя окружность должна отступать от окружности зажимных фланцев на 30...40 мм. Всего окружностей должно быть 3...5 при диаметре пил до 900 мм и 5...10 при диаметре более 900 мм. Окружности равномерно делят диаметральными линиями.

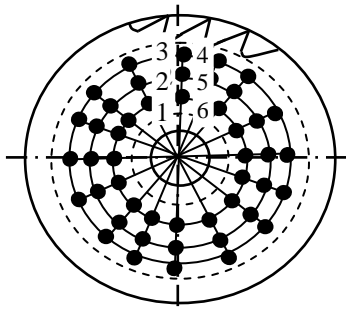


Рис. 82. Схема разметки диска пилы для проковки

Пилу кладут на наковальню и в указанные на схеме точки наносят удары проковочным молотком. Удары наносят в последовательности, показанной на схеме.

Другую сторону пилы тоже проковывают. Причем удары должны наноситься в одни и те же точки. Для обнаружения этих точек с другой стороны пилу перед проковкой смазывают техническим вазелином, который сохраняет отпечатки ударов.

За весь срок службы пилу проковывают 3...5 раз.

Вальцевание. Пилу вальцуют на вальцовочном станке по одной окружности с радиусом $0,7...0,8$ от радиуса пилы без зубьев. Количество проходов по одному следу вальцевания должно быть равно 3...4.

Величина давления роликов станка для новой невальцованной и непрокованной пилы принимается по табл. 17. Для пил, бывших в эксплуатации, величина давления корректируется в зависимости от исходного напряженного состояния диска.

После вальцевания измеряют стрелу прогиба диска (см. рис. 81) и сравнивают ее величину с нормативными значениями по табл. 16.

Если прогиб ниже нормативного, то пилу снова вальцуют, увеличивая общее количество проходов.

Если прогиб больше нормативного, то пилу вальцуют по окружности, отстоящей от впадин зубьев на 3...7 мм. Давление роликов в этом случае равно 1...3 МПа.

Величину прогиба для пил, работающих при скорости главного движения 40...60 м/с, можно найти также по следующей формуле [15], мм:

$$f = 2,27 - 46 \cdot 10^{-4} D + 0,21s + 47 \cdot 10^{-7} D^2 - 0,11s^2 - 356D^{-1} + 0,2s^{-1},$$

где D и s – соответственно диаметр и толщина дисков, мм.

Таблица 17

Давление роликов при вальцевании стальных дисковых пил по ГОСТ 980-80

Диаметр пил, мм	Толщина пил, мм	Сила прижима роликов, Н	Давление по манометру, МПа	Диаметр пил, мм	Толщина пил, мм	Сила прижима роликов, Н	Давление по манометру, МПа
320	1,8	15500	5,5	500	2,2	15500	5,5
	2,0	17700	6,0		2,5	18400	6,5
	2,2	18400	6,5		2,8	21200	7,5
400	2,0	15500	5,5	630	2,5	17000	6,0
	2,2	17000	6,0		2,8	19800	7,0
	2,5	19800	7,0		3,0	22600	8,0

19.6. Растяжение контура посадочного отверстия круглой пилы

Напряженное состояние в центральной зоне круглой пилы можно создать путем растяжения ее посадочного отверстия. Для этого используют различные конструкции крепления пилы на пильном валу деревообрабатывающего станка. Одна из таких схем показана на рис. 83.

При установке пилы 2 на пильный вал станка в ее посадочное отверстие вставляют коническую втулку 1. Затем с помощью гайки 4 коническую втулку запрессовывают в посадочное отверстие пилы.

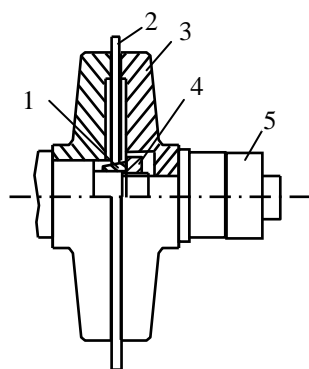


Рис. 83. Узел крепления пилы на валу

В результате этого в центральной зоне пилы создается напряжение сжатия. Если указанные напряжения будут соответствовать режиму пиления, то при работе пила приобретет плоскую форму упругого равновесия в плоскости ее вращения и будет противостоять внешним нагрузкам.

Известны и другие устройства растяжения посадочного отверстия пилы.

19.7. Выполнение компенсационных прорезей в пилах

Как было указано выше, в дисковых пилах при работе наблюдаются два явления: нагрев и растяжение кольца диска, примыкающего к зубьям, и растяжение диска под действием центробежных сил по радиусу. Кольцо диска растягивается под действием выделяемого при пилении тепла и центробежных сил. Центральная часть диска растягивается под действием только центробежных сил.

Для того, чтобы уменьшить вредное влияние удлинения кольца диска и локализовать его действие, в дисках пил делают компенсационные прорези [15]. Прорези могут быть радиальные (рис. 84, *a*). Делают их в количестве 3; 6; 8; 12 шт. Длина прорезей равняется $0,2R$, где R – радиус пилы. Радиальные прорези разрывают сплошность кольца диска и уменьшают его удлинение.

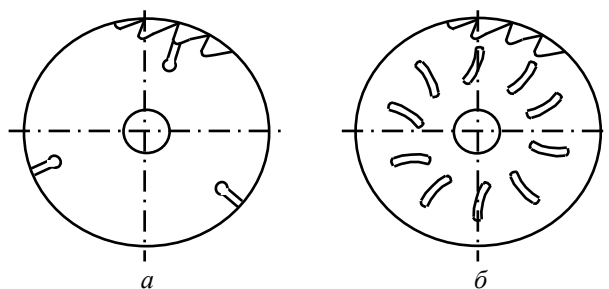


Рис. 84. Компенсационные прорези в дисках пил: *a* – радиальные; *б* – криволинейные

В средней зоне пилы делают фасонные или криволинейные прорезы, чтобы в любом месте пилы не было целостности радиусов (рис. 84, б). В этом случае кольцо диска, удлиняясь от действия центробежных сил и нагрева, не встречает со стороны радиусов пилы нежелательного сдерживающего эффекта. Кроме того, прорезы увеличивают площадь теплоотдачи пилы. При работе пильный диск приобретает устойчивость.

19.8. Выводы

Под устойчивостью пилы понимают ее способность сохранять при работе заданную плоскость движения, когда на пилу действуют силы резания и нагрев.

Для обеспечения устойчивости в корпусе пилы создают предварительное напряженное состояние. Для этого корпус пилы подвергают вальцеванию или проковке по рекомендуемым схемам. При вальцевании или проковке средняя часть корпуса пилы растягивается, удлиняется, в результате чего зубчатая кромка пилы натягивается. Степень вальцевания или проковки контролируют по стреле прогиба, значения которой приведены в справочных таблицах. Стрелу прогиба растянутой части корпуса пилы определяют на специальной установке, позволяющей прогнуть пилу. При этом растянутая при вальцевании или проковке зона пилы с внутренней стороны изгиба получит форму впадины. Измеряют стрелу прогиба впадины с помощью линейки и набора щупов.

Вальцевание или проковка обеспечивают устойчивое положение пилы при работе только до тех пор, пока созданные в пиле напряжения соответствуют режиму пиления. Если режим резания станет более жестким, то пила потеряет устойчивое положение. С учетом сказанного необходимо разработать способы создания предварительного напряженного состояния пилы регулируемые.

В круглых пилах регулируемое напряженное состояние создается путем растяжения посадочного отверстия.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение поперечной жесткости, статической, динамической жесткости и устойчивости пилы.
2. Как вальцуют рамные пилы и определяют их напряженное состояние?
3. Как создается и определяется напряженное состояние в ленточных пилах?

4. Изобразите эпюры напряженного состояния дисковой пилы, созданного центробежными силами, неравномерным нагревом, проковкой, вальцеванием.
5. Как выполняется проковка круглых пил?
6. Как выполняется вальцевание круглых пил?
7. Для чего растягивают посадочное отверстие при установке пилы на станок?
8. Какова роль компенсационных прорезей в дисках пил?

20. Частота вращения дисковых пил

20.1. Формы колебаний дисков пил

Если диск пилы закрепить горизонтально во фланцах, и на поверхность диска насыпать мелких сухих опилок, а затем электромагнитом возбудить в нем поперечные резонансные колебания, то можно наблюдать различные опилочные фигуры. Опилки смещаются с колеблющихся частей диска и концентрируются на неподвижных, фиксируя их форму и положение (рис. 85).

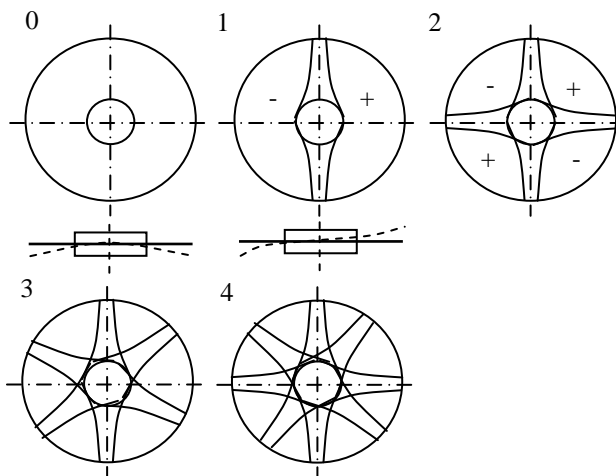


Рис. 85. Формы колебаний круглых пил:
0, 1, 2, 3, 4 – число узловых диаметров

Каждой форме колебаний условно присвоен номер. Например, колебаниям без узловых линий ($m = 0$) – форма 0, колебаниям с одним узловым диаметром ($m = 1$) – форма 1, с двумя узловыми диаметрами ($m = 2$) – форма 2 и т.д.

20.2. Критическая частота вращения пилы

Колебания, происходящие под влиянием сил упругости, называются собственными. Собственные колебания дисков пил могут быть статическими и динамическими. Первые относятся к неподвижным, вторые – к вращающимся дискам.

Статическую собственную частоту пильного диска можно определить по формуле, Гц

$$v_{cm} = \frac{x^2 S}{4\pi R^2} \sqrt{\frac{gE}{30\gamma(1-\mu^2)}}, \quad (29)$$

где x – параметр, зависящий от числа узловых диаметров m и отношения радиуса зажимной шайбы $R_{ш}$ к радиусу пилы R ;

S – толщина пилы, см;

R – радиус пилы, см;

g – ускорение свободного падения (981 см/с^2);

E – модуль упругости, Н/см^2 ;

γ – плотность стали, кг/см^3 ;

μ – коэффициент Пуансона, $\mu = 0,3$.

Параметр x имеет следующие значения (в числителе для $m = 2$, в знаменателе для $m = 3$):

$R_{ш}/R$. . .	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
X	2,4/3,3	2,6/3,5	2,8/3,5	3,2/3,9	3,9/4,4

Центробежные силы вращающейся пилы стремятся выправить диск и повышают собственную динамическую частоту, Гц

$$v_{дин} = \sqrt{v_{cm}^2 + Bn_c^2}, \quad (30)$$

где B – коэффициент скорости, величина которого тем меньше, чем меньше число узловых диаметров, $B = 2 \dots 5$;

n_c – частота вращения диска, с^{-1} .

При возбуждении поперечных колебаний пильного диска могут возникнуть три типа волн: вперед бегущие, стоячие и обратно бегущие волны. Скорость вперед бегущих волн больше скорости вращения диска, стоячих – равна и обратно бегущих волн – меньше скорости вращения диска.

Резонансные частоты колебания пильного диска определяют по следующим формулам:

для вперед бегущих волн

$$V_{рез} = V_{дин} + mn_{рез}; \quad (31)$$

для обратно бегущих волн

$$V_{рез} = V_{дин} - mn_{рез}, \quad (32)$$

где m – число узловых диаметров;

$n_{рез}$ – рабочее резонансное число оборотов пильного диска, c^{-1} .

Для работы диска опасны обратно бегущие и стоячие волны. Более опасны стоячие волны, так как они легко возникают при небольшом боковом давлении.

Частота вращения пильного диска, равная частоте вращения обратно бегущих волн, называется **критической**.

Из (32) при $v_{рез} = 0$ следует

$$V_{дин} = mn_{кр}. \quad (33)$$

Решая совместно (30) и (33), получим критическую частоту вращения пилы $n_{кр}$, c^{-1} :

$$n_{кр} = \frac{V_{см}}{\sqrt{m^2 - B}}. \quad (34)$$

20.3. Критическая частота неравномерно нагретой пилы

Критическая частота вращения пилы с учетом неравномерности нагрева диска определяется по формуле, $мин^{-1}$ [16]

$$n_{\lambda кр} = 60 \sqrt{\frac{K_n V_\lambda^2 - c_\lambda \Delta T}{m^2 - B}}, \quad (35)$$

где K_n – коэффициент напряженного состояния (проковки, вальцевания) диска пилы (табл. 18, 19);

v_λ – частота собственных колебаний не вращающейся пилы с нулевыми напряжениями, c^{-1} ;

c_λ – температурный коэффициент, $1/(c^2 \Delta T)$;

ΔT – разность температур по радиусу диска пилы (на окружности впадин зубьев и в зоне зажимных фланцев), $^{\circ}C$;

m – число узловых диаметров, характеризующее форму колебаний ($m \geq 2$);

B – динамический коэффициент.

Таблица 18

Параметры плоских стальных пил по условию изготовления и поставки ГОПМЗ

Диаметр пил, мм	Диаметр фланцев, мм	m для $n_{кр}^{min}$	K_n	Диаметр пил, мм	Диаметр фланцев, мм	m для $n_{кр}^{min}$	K_n
250	100	3	1,185	630	160	2	1,137
315	100	3	1,125	710	160	2	1,079
360	100	3	1,118	800	160	2	1,063
400	125	3	1,121	900	200	2	1,082
450	125	3	1,118	1000	200	2	1,065
500	125	2	1,147	1250	240	2	1,054
560	160	3	1,121	1500	300	2	1,078

Значение динамического коэффициента B принимают в зависимости от числа узловых диаметров m . При величине отношения диаметра зажимных фланцев d_ϕ к расчетному диаметру пилы D_p $C = d_\phi/D_p = 0,20...0,32$ коэффициент B имеет следующие значения:

M	2	3	4
B	2,25	3,80	5,60

Таблица 19

Максимальные значения коэффициента K_n при проковке пилы по оптимальной зоне до критического состояния

C	Значения K_n при m , равном		
	2	3	4
0,1	1,49	1,30	1,17
0,2	1,39	1,32	1,20
0,3	1,26	1,29	1,21
0,4	1,14	1,23	1,20

Примечание. $C = d_\phi/D_p$, где d_ϕ – диаметр зажимных фланцев;
 D_p – диаметр окружности по середине высоты зубьев.

Входящие в формулу (35) величины определяются следующим образом:

$$v_{\lambda} = 2,5 \cdot 10^5 \frac{S}{R_p^2} \sqrt{f^I(c, m)}, \quad (36)$$

$$c_{\lambda} = 82,2 \cdot 10^5 \frac{f^{II}(c, m)}{R_p^2}, \quad (37)$$

$$\Delta T_{\delta} = 12,3 \cdot 10^6 \frac{K_T P_{рез}}{D^{1,3} n^{0,4} S^{0,5}} = AP_{рез}, \quad (38)$$

$$\Delta T_{\delta\delta} = 5,85 \cdot 10^4 \frac{K_T P_{рез}}{D^{0,8} n^{0,15} S^{0,5} Q_{ж}^{0,17}} = \frac{BP_{рез}}{Q_{ж}^{0,17}}, \quad (39)$$

$$\Delta T_{\delta\delta\delta} = 1,85 \cdot 10^4 \frac{K_T P_{рез}}{D^{0,65} n^{0,075} S^{0,5} Q_{ж}^{0,24}} = \frac{BP_{рез}}{Q_{ж}^{0,24}}, \quad (40)$$

где R_p – расчетный радиус пилы, равный сумме радиуса окружности впадин зубьев и половины высоты зубьев, мм;

$f^I(c, m)$, $f^{II}(c, m)$ – безразмерные функции (табл. 20; 21);

c – отношение радиуса зажимных фланцев к расчетному радиусу пилы;

ΔT_{δ} , $\Delta T_{\delta\delta}$, $\Delta T_{\delta\delta\delta}$ – значения ΔT при работе пилы соответственно без охлаждения, с охлаждением водовоздушной смесью и водой, °С;

K_T – коэффициент, учитывающий долю мощности резания, расходуемой на нагрев диска пилы без зубьев;

$P_{рез}$ – мощность на пиле, кВт;

A, B, B – коэффициенты (табл. 22...24);

$Q_{ж}$ – расход жидкости на один диск ($Q_{ж} = 3...90$ кг/ч).

Таблица 20

Значения безразмерной функции $f^I(c, m)$

m	$f^I(c, m)$ при c , равном					
	0,10	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
2	32,2	42,7	51,7	64,7	83,3	110,7
3	166,4	162,2	167,0	177,5	195,9	225,3
4	590,4	523,0	507,1	502,0	509,3	532,3

По данным В.К. Пашкова (УГЛТА), при продольном пилении пилами диаметром до 500 мм с разведенными зубьями без охлаждения $K_T = 0,03$, при охлаждении водовоздушной смесью или водой $K_T = 0,01$. Для диаметров 630 мм и более расчеты являются ориентировочными. При поперечном пилении, когда время пиления в рабочем цикле составляет менее 10 %, $K_T = 0$.

Таблица 21

Значения безразмерной функции $f^{\text{II}}(c, m)$

m	$f^{\text{II}}(c, m)$ при c , равном				
	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
2	0,95	0,91	0,87	0,81	0,75
3	2,85	2,81	2,75	2,68	2,59
4	5,52	5,47	5,39	5,30	5,17

Таблица 22

Значения коэффициента A при $K_r = 0,03$

Диаметр пилы, мм	Толщина пилы, мм	A , °С/кВт при скорости резания, м/с				Диаметр пилы, мм	Толщина пилы, мм	A , °С/кВт при скорости резания, м/с			
		40	50	60	40			40	50	60	40
360	1,8	6,1	5,6	5,2	4,9	450	2,0	4,7	4,3	4,0	3,8
	2,0	5,8	5,3	4,9	4,6		2,2	4,5	4,1	3,8	3,6
	2,2	5,5	5,1	4,7	4,4		2,5	4,2	3,9	3,6	3,4
	2,5	5,2	4,7	4,4	4,1		2,8	4,0	3,7	3,4	3,2
400	1,8	5,6	5,1	4,7	4,4	500	2,2	4,1	3,8	3,5	3,3
	2,0	5,3	4,8	4,5	4,2		2,5	3,9	3,5	3,3	3,1
	2,2	5,0	4,6	4,3	4,0		2,8	3,6	3,3	3,1	2,9
	2,5	4,7	4,3	4,0	3,8						

Таблица 23

Значения коэффициента B при $K_r = 0,01$

Диаметр пилы, мм	Толщина пилы, мм	B , °С·кг/кВт·ч при скорости резания, м/с				Диаметр пилы, мм	Толщина пилы, мм	B , °С·кг/кВт·ч при скорости резания, м/с			
		40	50	60	40			40	50	60	40
360	1,8	1,25	1,21	1,17	1,15	450	2,0	1,02	0,99	0,96	0,94
	2,0	1,18	1,14	1,11	1,09		2,2	0,98	0,94	0,92	0,90
	2,2	1,13	1,09	1,06	1,04		2,5	0,91	0,88	0,82	0,84
	2,5	1,06	1,02	1,00	0,97		2,8	0,86	0,84	0,81	0,79
400	1,8	1,16	1,13	1,10	1,07	500	2,2	0,91	0,88	0,86	0,84
	2,0	1,10	1,07	1,04	1,02		2,5	0,85	0,83	0,80	0,79
	2,2	1,05	1,02	0,99	0,97		2,8	0,81	0,78	0,76	0,74
	2,5	0,99	0,96	0,93	0,91						

Таблица 24

Значения коэффициента В при $K_r = 0,01$

Диаметр пилы, мм	Толщина пилы, мм	В, °С·кг/кВт·ч при скорости резания, м/с				Диаметр пилы, мм	Толщина пилы, мм	В, °С·кг/кВт·ч при скорости резания, м/с			
		40	50	60	40			40	50	60	40
360	1,8	1,70	1,67	1,64	1,63	450	2,0	1,41	1,39	1,37	1,36
	2,0	1,61	1,58	1,56	1,54		2,2	1,35	1,33	1,31	1,29
	2,2	1,53	1,51	1,49	1,47		2,5	1,27	1,24	1,23	1,21
	2,5	1,44	1,41	1,40	1,38		2,8	1,20	1,18	1,16	1,15
400	1,8	1,60	1,57	1,55	1,53	500	2,2	1,27	1,25	1,23	1,22
	2,0	1,51	1,49	1,47	1,45		2,5	1,19	1,17	1,16	1,14
	2,2	1,44	1,42	1,40	1,38		2,8	1,13	1,11	1,09	1,08
	2,5	1,35	1,33	1,31	1,30						

20.4. Допустимая рабочая частота вращения пилы

Максимально допустимая рабочая частота вращения пилы, мин^{-1}

$$n_{\text{д}}^{\text{max}} = 0,85n_{\text{кр}}^{\text{min}}, \quad (41)$$

где $n_{\text{кр}}^{\text{min}}$ – минимальная критическая частота вращения пилы, мин^{-1} . Определяется по формуле (35) при $m = 2; 3; 4$ и т.д. Минимальное из полученных значений принимают за $n_{\text{кр}}^{\text{min}}$. Это значение можно получить при параметрах пилы, принятых по табл. 18.

Расчетные значения максимально допустимой частоты вращения круглых пил с плоским диском, работающих без охлаждения, приведены в табл. 25. Перепад температур при продольном пилении ориентировочно можно рассчитать по формуле $\Delta T = AP$, где A – температурный коэффициент, в таблице приведено его значение при скорости резания 50 м/с; P – мощность резания, приходящаяся на одну пилу. При поперечном пилении $\Delta T \approx 0$ °С.

Таблица 25

**Максимально допустимые частоты вращения
круглых пил с плоским диском**

Диаметр пилы, мм	Толщина пилы, мм	Максимально допустимая частота вращения, мин ⁻¹ , при перепаде температуры ΔТ, °С							А, °С/кВт
		0	5	10	15	20	30	50	
		160	(2,0)	14000	–	–	–	–	
200	(2,0)	12000	–	–	–	–	–	10000	–
250	1,2	8050	7850	7650	7400	7200	6700	5600	9,5
	1,4	9400	9250	9050	8850	8650	8250	7400	8,8
	1,6	10750	10600	10450	10250	10100	9750	9050	8,2
	(1,8)	10000	–	–	–	–	–	8000	–
315	(2,4)	12000	–	–	–	–	–	10000	–
	1,6	5950	5700	5500	5300	5050	4550	3350	6,7
	1,8	6650	6500	6300	6100	5900	5500	4550	6,3
	2,0	7400	7250	7100	6900	6750	6350	5550	6,0
320	2,2	8150	8000	7850	7700	7550	7200	6500	5,7
	(2,0)	6300	–	–	–	–	–	4200	–
	(2,2)	7000	–	–	–	–	–	5100	–
	(2,4)	7600	–	–	–	–	–	5950	–
360	(2,8)	8850	–	–	–	–	–	7550	–
	1,8	4900	4720	4500	4300	4100	3600	2300	5,6
	2,0	5450	5300	5100	4900	4700	4300	3300	5,3
	2,2	6000	5850	5700	5500	5350	5000	4150	5,1
	2,5	6800	6700	6600	6400	6250	5950	5250	4,7
	(2,2)	5400	–	–	–	–	–	3450	–
	(2,4)	5850	–	–	–	–	–	4150	–
	(2,6)	6400	–	–	–	–	–	4850	–
400	(3,2)	7850	–	–	–	–	–	6700	–
	1,8	4100	3950	3750	3550	3300	2850	1400	5,1
	2,0	4550	4400	4250	4050	3850	3450	2400	4,8
	2,2	5050	4900	4750	4550	4400	4050	3200	4,6
	2,5	5700	5600	5450	5300	5150	4850	4200	4,3
	(2,4)	4750	–	–	–	–	–	2900	–
	(2,6)	5150	–	–	–	–	–	3550	–
	(2,8)	5500	–	–	–	–	–	4100	–
450	(3,2)	6400	–	–	–	–	–	5100	–
	2,0	3500	3300	3150	2950	2700	2250	1450	4,3
	2,2	3850	3700	3500	3350	3150	2750	1650	4,1
	2,5	4350	4250	4100	3950	3800	3450	2650	3,9
	2,8	4900	4750	4650	4500	4350	4100	3450	3,7
	(3,0)	4600	–	–	–	–	–	3250	–

Окончание табл. 25

Диаметр пилы, мм	Толщина пилы, мм	Максимально допустимая частота вращения, мин ⁻¹ , при перепаде температуры ΔТ, °С							А, °С/кВт
		0	5	10	15	20	30	50	
500	2,2	3050	2900	2700	2250	2350	1900	–	3,8
	2,5	3450	3300	3200	3000	2850	2500	1600	3,5
	2,8	3850	3750	3600	3500	3350	3050	2400	3,3
560	2,2	2500	2350	2200	2000	1850	1400	–	3,4
	2,5	2850	2700	2550	2400	2250	1950	950	3,2
	2,8	3,150	3050	2950	2800	2700	2400	1700	3,0
630	2,2	1950	1750	1600	1400	1150	–	–	3,1
	2,5	2200	2050	1900	1700	1550	1100	–	2,9
	2,8	2450	2350	2200	2050	1900	1550	1300	2,7
710	3,0	2650	2500	2400	2250	2150	1850	1000	2,6
	2,2	1450	1250	1050	800	–	–	–	2,7
	2,5	1650	1500	1300	1100	850	–	–	2,6
800	2,8	1800	1700	1550	1400	1200	700	–	2,4
	3,0	1950	1850	1700	1550	1400	1000	–	2,3
	3,2	2100	1950	1850	1700	1550	1200	–	2,3
	2,8	1250	1100	900	700	300	–	–	2,2
	3,0	1350	1200	1050	850	550	–	–	2,1
	3,2	1450	1300	1150	1000	750	–	–	2,0
900	3,6	1650	1500	1400	1250	1050	600	–	1,9
	3,2	1200	1100	950	750	550	–	–	1,8
	3,6	1350	1250	1150	1000	800	300	–	1,7
1000	4,0	1500	1400	1300	1200	1050	700	–	1,6
	3,6	1050	900	800	600	350	–	–	1,6
	4,0	1150	1050	950	700	400	–	–	1,5
1250	4,5	1300	1200	1100	1000	850	500	–	1,4
	4,0	750	600	450	250	–	–	–	1,2
	4,5	800	700	600	450	200	–	–	1,2
1500	5,0	900	800	700	600	450	–	–	1,1
	4,5	600	500	350	–	–	–	–	1,0
	5,0	650	550	450	300	–	–	–	0,9
	5,5	700	650	550	400	250	–	–	0,9

Примечание. В скобках указана толщина пил с пластинками твердого сплава

20.5. Выводы

Дисковая пила закреплена на пыльном валу в одной центральной точке. При работе на пилу действуют силы резания, центробежные и неравномерный нагрев. В пиле возникают поперечные колебания, и она теря-

ет устойчивость. Поэтому рабочая частота вращения пилы должна быть меньше допустимой, значения которой приведены в справочной таблице.

Контрольные вопросы

1. Изобразите фигуры форм колебаний круглых пил.
2. Какие колебания пил называются собственными?
3. Какие волны колебаний называют вперед бегущими, стоячими, назад бегущими?
4. Какая частота вращения диска называется критической?
5. Как определить допустимую рабочую частоту вращения пильного диска?

21. Балансировка вращающихся инструментов

21.1. Общие сведения

Дереворежущие инструменты вращаются с частотой до 24000 мин⁻¹, поэтому необходимо их тщательно уравнивать (балансировать). **Уравнивание предполагает совмещение физического центра тяжести инструмента с геометрическим и размещение его на оси вращения.**

В неуравновешенном инструменте при вращении возникают центробежные силы инерции, которые передаются на подшипниковые опоры шпинделя и вызывают вибрацию всей технологической системы станок – приспособление – инструмент – деталь. **Мерой неуравновешенности считают дисбаланс $D = mr$, г·см, т.е. произведение массы уравниваемого груза m , г, смещенного относительно оси вращения, и радиуса смещения r , см.**

Для сопоставления неуравновешенности инструмента различных масс пользуются понятием **удельного дисбаланса e_{cm}** , численное значение которого равно эксцентриситету центра массы инструмента относительно оси вращения. **Значение удельного дисбаланса находят как отношение модуля главного вектора дисбалансов D к массе инструмента m : $e_{cm} = D/m$.**

Дисбаланс и удельный дисбаланс не учитывают частоту вращения инструмента. Одно и то же значение D или e_{cm} может оказаться допусти-

мым при малой частоте вращения и недопустимым при большой. Поэтому универсальной мерой неуравновешенности, принятой по ГОСТ 22061-76, считается произведение удельного дисбаланса $e_{ст}$ на наибольшую эксплуатационную угловую скорость ω_{max} вращения шпинделя. Универсальный дисбаланс, $мм \cdot с^{-1}$: $D_y = e_{ст} \omega_{max}$.

ГОСТ предусматривает 12 классов, характеристика их приведена в табл. 26.

Таблица 26

Классы точности балансировки по ГОСТ 22061-76

Класс точности балансировки	$D_y = e_{ст} \omega_{max}$, мм/с		Типы роторов
	наименьший	наибольший	
1	0,16	0,40	Шпиндели, шлифовальные круги, роторы электродвигателей прецизионных шлифовальных станков
2	0,40	1,00	Приводы шлифовальных станков
3	1,00	2,50	Турбины. Приводы металлообрабатывающих станков. Роторы средних и крупных электродвигателей со специальными требованиями. Роторы небольших электродвигателей
4	2,50	6,30	Барабаны центрифуг, вентиляторы. Части станков общего назначения. Роторы обычных электродвигателей
5	6,30	16,00	Приводные валы со специальными требованиями
6	16,00	40,00	Приводные валы
7	40,00	100,00	Двигатели грузовых автомобилей
8	100,00	250,00	Узлы коленчатого вала
9	250,00	630,00	То же
10	630,00	1600,00	То же
11	1600,00	4000,00	То же
12	4000,00	10000,00	Применяется факультативно

Статическая неуравновешенность. Статическая неуравновешенность характерна для деталей типа дисков: пил, плоских шлифовальных кругов, узких насадных фрез.

На рис. 86 представлен диск, центр тяжести которого смещен относительно оси вращения на величину $e_{cm} = OC$ вследствие наличия неуравновешенных масс m_1 и m_2 .

Центробежная сила, Н:

$$F_c = \sum F_i = \omega^2 \sum m_i r_i = \omega^2 \sum D_i = \omega^2 D = \omega^2 m_p e_{cm}, \quad (42)$$

- где m_i – неуравновешенные массы, кг;
- r_i – эксцентриситет неуравновешенной массы, м;
- m_p – масса диска, кг;
- ω – угловая скорость, c^{-1} ;
- D_i – дисбаланс от i -й массы, кг·м;
- D – главный вектор дисбалансов, кг·м;
- F_i – центробежная сила от i -й массы, Н;
- e_{cm} – эксцентриситет центра массы диска.

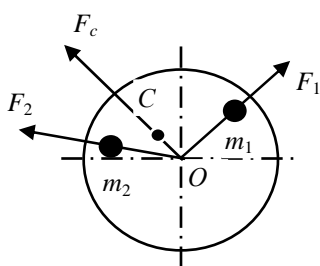


Рис.86. Схема статической неуравновешенности

Моментная неуравновешенность.

Определяется главным моментом дисбалансов ротора или двумя равными по значению антипараллельными векторами дисбалансов, лежащими в двух произвольных плоскостях, перпендикулярных оси ротора (рис. 87). Моментная неуравновешенность характерна для ножевых валов, составных фрез, ножевых головок, длина которых больше диаметра.

Неуравновешенные массы m лежат в одной плоскости и смещены от оси вращения на величину y .

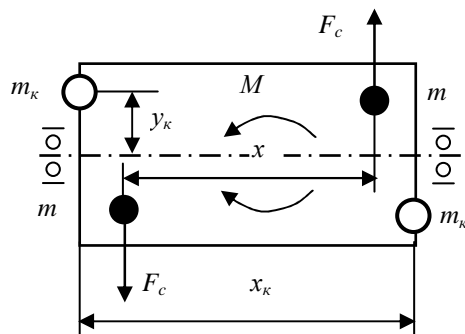


Рис. 87. Моментная неуравновешенность ножевого вала

Центробежные силы создают момент

$$M = F_c x = m\omega^2 yx. \quad (43)$$

Для уравновешивания необходимо создать противодействующий момент $M_k = M$. При этом

$$M_k = m_k \omega^2 y_k x_k, \quad (44)$$

где m_k – корректирующие массы. Плоскости, в которых они лежат, называют плоскостями коррекции. Из (43) и (44) следует, что $m_k x_k = m_k y_k x_k$.

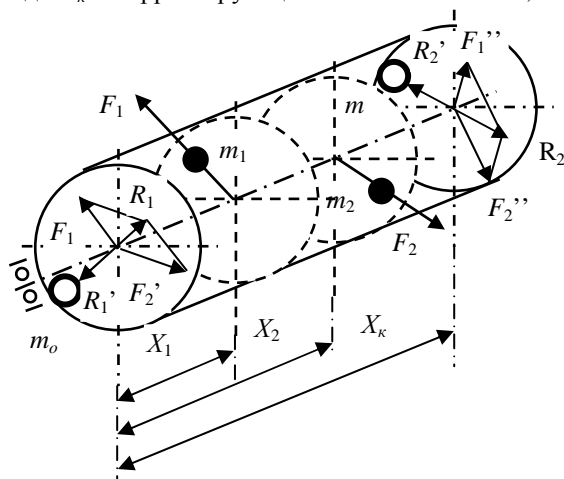


Рис. 88. Динамическая неуравновешенность вала

Динамическая неуравновешенность. Определяется главным вектором и главным моментом дисбалансов ротора или двумя векторами дисбалансов разных по величине, непараллельных, лежащих в произвольных плоскостях, нормальных к оси ротора (рис. 88).

Неуравновешенные массы m_1 , m_2 и центробежные силы F_1 , F_2 расположены в разных осевых плоскостях.

Для уравновешивания в плоскостях коррекции проводят векторы сил F_1', F_1'' и F_2', F_2'' . При этом

$$\begin{aligned} F_1' &= F_1(x_k - x_1)/x_k, & F_1'' &= F_1 x_1/x_k = F_1 - F_1'; \\ F_2' &= F_2(x_k - x_2)/x_k, & F_2'' &= F_2 x_2/x_k = F_2 - F_2'. \end{aligned} \quad (45)$$

Складывая геометрически силы в плоскостях коррекции, получим равнодействующие силы R_1 и R_2 . Для уравновешивания этих сил массами m_0 , m создают противоположно направленные центробежные силы R_1' и R_2' .

21.2. Статическая балансировка круглых пил и фрез

Статическую балансировку вращающихся инструментов рекомендуется проводить при соотношении их длины L и диаметра D , равном $L/D \leq 0,2$.

Простейшее устройство для статической балансировки включает две призмы 1 (рис. 89), выставленные строго горизонтально. На них устанавливается цапфами 2 оправка с балансируемым инструментом 3.

Инструмент крепят на оправке с посадкой точно по $H7/h6$. Диаметр цапфы оправки должен быть не более 15 мм. Цапфы и призмы (ножи) закаливают.

При балансировке после нескольких качаний инструмент останавливается на призмах в положении, когда его центр тяжести займет нижнее положение. В противоположном направлении на корпусе инструмента закрепляют груз (пластилин), добиваясь уравнивания.

Затем находят массу груза m , г, расстояние точки приложения груза до оси вращения r , см, и фактический дисбаланс, г·см, $D = mr$. Для уравнивания с утяжеленной стороны инструмента снимают слой металла, высверливая его или сошлифовывая.

Точность статической балансировки определяется остаточным моментом (остаточным дисбалансом), равным моменту трения качения:

$$M_{ост} = Km_g = D_{ост}, \quad (46)$$

где K – коэффициент трения качения цапф по призмам, см;

m_g – масса инструмента с оправкой, г;

$D_{ост}$ – остаточный дисбаланс, г·см.

Для закаленных сталей $K = 0,0005 \dots 0,001$ см.

Допустимый дисбаланс для пил с твердосплавными пластинами по ГОСТ 9769-79 приведен ниже:

Диаметр пил, мм	До 200	315 и 355	400	450
Допустимый дисбаланс, г·см	25	40	50	55

Для инструментов, закрепленных на валах электродвигателей, допустимый дисбаланс назначается по остаточной неуравновешенности роторов электрических машин. Для электродвигателей 2-го класса точности ГОСТ 12327-76 устанавливает допустимую остаточную удельную неуравновешенность в зависимости от частоты вращения.

Частота вращения n , мин ⁻¹	2000	3000	4500	6000	9000
Остаточная неуравновешенность e , мкм	30	20	14	10	7

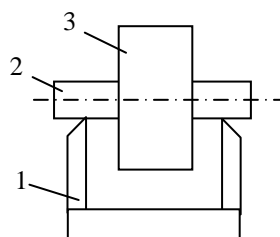


Рис. 89. Балансировочное устройство

Для дереворежущих фрез, работающих при частоте вращения до 6000 мин^{-1} , масса которых не превышает 5 кг, допустимый остаточный дисбаланс $D_{ост} = 5 \cdot 10 = 50 \text{ г} \cdot \text{мм} = 50 \text{ г} \cdot \text{см}$. При массе фрезы свыше 5 кг, допустимый остаточный дисбаланс принимают из расчета 10 г·мм на 1 кг массы инструмента.

Пример 1. Фреза массой 7 кг с оправкой массой 3 кг балансируется на призмах. Определить остаточный дисбаланс.

Решение. По формуле (46) остаточный дисбаланс

$$D_{ост} = Km_g = 0,001(7+3) = 0,01 \text{ кг} \cdot \text{см} = 10 \text{ г} \cdot \text{см} = 100 \text{ г} \cdot \text{мм}.$$

Допустимый дисбаланс $[D_{ост}] = 70 \text{ г} \cdot \text{мм}$.

Вывод. Точность статической балансировки на призмах низкая и в значительной степени зависит от состояния призм.

Пример 2. Фреза массой 6 кг балансировалась на призмах. Остаточный дисбаланс $D_{ост} = 60 \text{ г} \cdot \text{мм}$. Определить класс точности балансировки, если рабочая частота вращения фрезы равна 6000 мин^{-1} .

Решение. 1. Находим значение удельного дисбаланса $e_{см} = D_{ост}/m_u = 60/(1000 \cdot 6) = 0,01 \text{ мм}$.

2. Угловая частота вращения фрезы

$$\omega_{max} = \pi n/30 = 3,14 \cdot 6000/30 = 628 \text{ с}^{-1}.$$

3. Значение универсального дисбаланса

$$D_y = e_{см} \omega_{max} = 0,01 \cdot 628 = 6,28 \text{ мм/с}.$$

4. Из табл. 26 следует, что остаточная неуравновешенность фрезы соответствует 4-му классу точности балансировки.

Пример 3. Пила с твердосплавными пластинами диаметром 450 мм и массой 2,5 кг отбалансирована на призмах с остаточным дисбалансом $D_{ост} = 50 \text{ г} \cdot \text{см}$. Рабочая частота вращения пилы $n = 3000 \text{ мин}^{-1}$. Определить класс точности балансировки.

Решение. 1. Удельный дисбаланс

$$e_{см} = D_{ост}/m_u = 500/(1000 \cdot 2,5) = 0,2 \text{ мм}.$$

2. Угловая частота вращения фрезы

$$\omega_{max} = \pi n/30 = 3,14 \cdot 3000/30 = 314 \text{ с}^{-1}.$$

3. Значение универсального дисбаланса

$$D_y = e_{см} \omega_{max} = 0,2 \cdot 314 = 62,8 \text{ мм/с}.$$

4. Балансировка пилы соответствует 7-му классу точности.

25.3. Балансировка концевых фрез

Концевые фрезы, особенно эксцентрично закрепленные, балансируют вместе с патроном. Приспособление для балансировки концевых фрез включает плиту 1 (рис. 90) с регулируемыми опорами, втулку 2 с дисками, патрон 3 с фрезой 4 и несколькими балансировочными винтами 5.

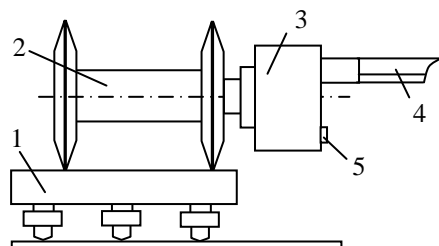


Рис. 90. Приспособление для балансировки концевых фрез

Для уравнивания патрон с фрезой крепят во втулке. Втулку кладут на стол и слегка подталкивают ее. При перекатывании втулка остановится тяжелой частью вниз. Ввертывая балансировочные винты со стороны легкой части, добиваются уравнивания патрона с фрезой.

Концевые фрезы балансируют при каждой установке их в патрон или через каждые 5...6 переточек фрезы.

21.4. Балансировка фрезерных ножей

Комплекты ножей, клиньев, винтов сборных насадных фрез и ножевых валов должны иметь одинаковую массу. Особенно это относится к комплектам, расположенным в диаметральных плоскостях. Разность в массе комплектов не должна превышать 0,1 % от массы комплекта.

Неуравновешенность длинных ножей проверяют на балансировочных весах моделей ПИ-6, ПИ-12.

При балансировке предварительно подбирают парные ножи с одинаковой массой. Их взвешивают с точностью до 0,5 г. При массе ножа свыше 300 г разность в массе допускается не более 0,01 % от массы ножа. Если отклонение будет больше, то с более тяжелого ножа снимают металл по всей задней кромке в виде фаски. После выравнивания массы стремятся совместить центр массы ножа с его серединой. Для этого нож кладут на коромысло весов (рис. 91) так, чтобы он одним своим концом упирался в упор 2. Передвигая грузик 3, коромысло уравнивают, стрелка 1 останавливается в среднем положении. Перевернув нож и прижав его другим концом к упору, наблюдают за положением весов. Если равновесие весов не нарушилось, то нож отбалансирован. Если равновесие весов наруши-

лось, то с тяжелой части ножа срезают металл. Допустимая неуравновешенность равна 0,4 % массы ножа.

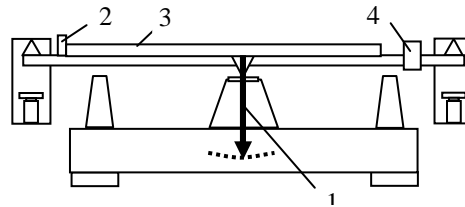


Рис. 91. Схема балансировочных весов

21.5. Выводы

Балансирование дереворежущего инструмента выполняется с целью устранения вибрации системы станок – приспособление – инструмент – деталь. При уравновешивании физический центр тяжести инструмента совмещают с геометрическим и размещают его на оси вращения.

Дереворежущие инструменты часто балансируют статически на специальных балансировочных устройствах или весах.

Для дереворежущих фрез, работающих при частоте вращения до 6000 мин^{-1} , масса которых не превышает 5 кг, допустимый остаточный дисбаланс $D_{ост} = 5 \text{ г} \cdot \text{см}$. При массе фрезы свыше 5 кг, допустимый остаточный дисбаланс принимают из расчета 1 г·см на 1 кг массы инструмента.

Контрольные вопросы

1. Приведите определения понятий дисбаланса, удельного и универсального дисбаланса.
2. Для каких режущих инструментов характерна статическая, моментная и динамическая неуравновешенность?
3. Как выполнить статическую балансировку дисковых пил и фрез?
4. Как балансируют концевые фрезы?
5. Как балансируют ножи?

22. Установка инструментов на станок

22.1. Установка рамных пил

Прокладки. Рамные пилы в поставе отделяют друг от друга межпильными прокладками. Толщина прокладок, мм

$$T = a + 2S' + C, \quad (47)$$

где a – номинальная толщина выпиливаемой доски, мм;

S' – уширение зубьев на сторону, мм;

C – припуск на усушку доски, мм.

Значения припусков на усушку для пиломатериалов с конечной влажностью 15 %, выпиливаемых из сосновых и еловых бревен с влажностью выше 30 %, приведены ниже.

Толщина пиломатериалов, мм	30	40	50	60	70	80	90	100
Припуск на усушку C , мм	1,4	1,7	2,0	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6

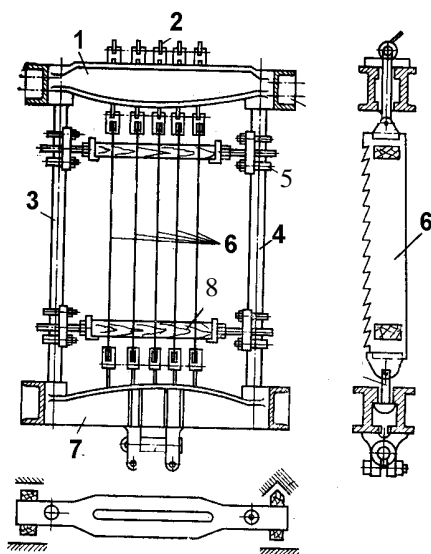


Рис. 92. Крепление пил в пильной рамке

Предельные отклонения размеров прокладок по толщине $\pm 0,1$ мм.

Прокладки могут быть деревянными, пластмассовыми, металлическими.

Верхние прокладки имеют форму параллелепипеда. У нижних прокладок верхняя поверхность выполнена двускатной по длине, что облегчает осыпание опилок с них. Длина прокладок – 130 мм, высота – 50 мм.

Установка пил. Рамные пилы устанавливают в пильную рамку (рис. 92), которая включает нижнюю 7 и верхнюю 1 поперечины, стойки 3 и 4 со струбци-

нами 5. В пространстве между стойками и поперечинами размещают нижние и верхние захваты. Верхние захваты снабжены натяжными устройствами (винтовыми, клиновыми, эксцентриковыми) 2.

Пилы 6 устанавливают при поднятой в крайнее верхнее положение пильной рамке и затянутом тормозе коленчатого вала лесопильной рамы.

Сначала в пильную рамку ставят верхние и нижние захваты. Количество пар захватов должно соответствовать числу пил постава.

Нижние струбцины устанавливают ниже верха подающих нижних валцов на 50...60 мм. Верхние струбцины фиксируют над нижними на расстоянии l , мм:

$$l = d_k + H + (130 \dots 170),$$

где d_k – диаметр распиливаемых бревен в комле, мм;

H – ход пильной рамки, мм.

Пилы вставляют в захваты так, чтобы линия натяжения пилы была смещена к зубьям относительно средней линии пилы на величину $e = (0,1 \dots 0,2)B$, где B – ширина полотна пилы без зубьев. Затем, начиная с левой стороны постава, устанавливают прокладки 8 и слегка обжимают их правыми струбцинами. При этом контролируют центр постава относительно пильной рамки. Допускаемое отклонение центра постава – не более ± 2 мм.

Для предотвращения образования “засор” пилы в поставе устанавливают желобком. Более узкие пилы помещают в середину постава.

После центровки пилы слегка натягивают натяжными устройствами захватов и придают им необходимый уклон. Уклон проверяют уклонометром. Затем делают выверку положения пил, обжимают их правыми струбцинами, окончательно натягивают пилы и контролируют их жесткость.

Выверка положения пил. Плоскости пил должны быть параллельны направлению движения бревна и линии движения пильной рамки. Выверку положения пил осуществляют угольником и линейкой (рис. 93). Линейка 1 выполнена в виде полосы с продольной прорезью, в которую вставлен болт с гайкой барашком 4.

Одна боковая кромка линейки прошлифована. Линейка устанавливается на стержнях 3 платиков станины станка. К линейке прикладывают угольник 2.

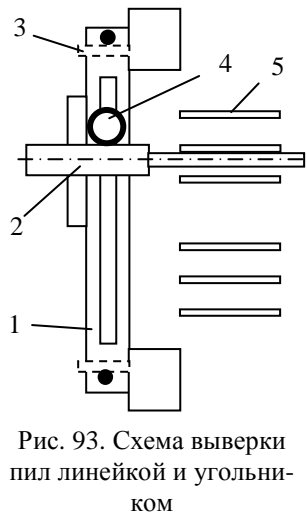


Рис. 93. Схема выверки пил линейкой и угольником

Выверку начинают при верхнем положении пильной рамки. Стержень угольника должен плотно касаться по всей ширине пилы 5. Если этого не происходит, то с помощью струбины пилу разворачивают до полного касания стержня угольника. Допускаемое отклонение должно быть не более 0,2...0,3 мм. Величину отклонения измеряют щупом.

После выверки низа постава пил стержень угольника прикладывают к средней пиле, и это положение фиксируют упорным передвижным болтом 4. Затем пильную рамку опускают в крайнее положение. Угольник снова кладут на линейку и прижимают к упору.

Если между пилами и угольником будет зазор, то это свидетельствует об отклонении пил от вертикального положения. Отклонение устраняют с помощью струбины.

Допускаемое отклонение от вертикали должно быть не более 1...2 мм. Отклонения измеряют щупом.

Натяжение пил. Натягивают пилы постепенно за несколько приемов. Сначала натягивают крайние пилы, затем вторые от краев, постепенно приближаясь к центральным пилам. В такой последовательности пилы подтягивают за 2...3 приема. После окончательного натяжения напряжения в пилах должны быть в пределах $\sigma = 80...120$ МПа. Сила натяжения одной пилы равна

$$F_n = \sigma B s, \quad (48)$$

где B и s – соответственно ширина и толщина полотна пилы, мм.

При работе пилы нагреваются и удлиняются. Поэтому после распиловки трех-четырех бревен лесопильную раму следует остановить и снова подтянуть пилы.

Усилие натяжения одной пилы шириной 180 мм и толщиной 2 мм равно около $F_n = 100 \cdot 180 \cdot 2 = 36000$ Н.

При снятии пилы ослабляют тоже последовательно за несколько приемов. Сначала слегка ослабляют центральные пилы, затем уже крайние. Если каждую пилу ослабить за один прием, то из-за упругих деформаций в пильной рамке, последняя пила может порваться.

Жесткость рамных пил. Жесткость показывает, какую боковую силу необходимо приложить к режущей кромке пилы на середине ее свободной длины, чтобы отклонить эту кромку на 1 мм.

При распиловке сырья с высотой пропила до 500 мм жесткость пил должна равняться 60...70 Н/мм, при большей высоте пропила – 70...80 Н/мм. Для измерения жесткости применяют прибор конструкции ЦНИИМОД.

22.2. Установка ленточных пил

Выбор параметров узких ленточных пил. Длина пильной ленты

$$L = 2(A_{min} \dots A_{max}) + \pi D, \quad (49)$$

где A_{min} , A_{max} – минимальное и максимальное расстояние между центрами пильных шкивов, мм;

D – диаметр пильных шкивов, мм.

Для выпиливания криволинейных поверхностей ширину пильной ленты рассчитывают по формуле

$$B = 10\sqrt{RS'/12}, \quad (50)$$

где R – радиус кривизны детали, мм;

S' – уширение зубьев на сторону, мм. Рекомендуемая ширина пильной ленты приведена ниже.

Радиус кривизны детали, мм	25	50	100	200	300	400	500	600
Ширина ленточной пилы, мм	6	10	15	25	30	35	37	42

Толщина пилы – не более $0,001D$, где D – диаметр пильных шкивов, мм.

Установка узкой ленточной пилы. Пилу надевают сначала на верхний, а затем на нижний шкивы. Если ободья шкивов металлические, то зубья должны свисать с их кромок. Если на обода наклеены полосы мягкого материала (кожи, войлока, прорезиненного ремня), то добиваться свеса зубьев необязательно.

Для натяжения пилы верхний пильный шкив поднимают, вращая маховичок. Затем маховичок поворачивают еще на 5...6 оборотов, сжимая тем самым пружину.

Вращая верхний шкив вручную, регулируют его наклон, добиваясь устойчивого положения пилы.

Затем с помощью индикатора часового типа контролируют осевое биение задней кромки. Оно должно быть не более 0,3 мм.

Устанавливают верхнее направляющее устройство по высоте. Его фиксируют над распиливаемой заготовкой на расстоянии 10...15 мм. Зазор между пилой и боковыми направляющими должен быть не более 0,1...0,15 мм. Пила должна выступать из направляющих на высоту зубьев. Задний опорный ролик должен слегка касаться пилы. Нижнее направляющее устройство по высоте не настраивают.

Установка широких пил. Перед установкой широкой ленточной пилы необходимо знать массу навесного груза G , кг:

$$G = [2(\sigma_o bS) + G_{cyn}] \frac{l}{9,81L}, \quad (51)$$

где σ_o – напряжение в пильной ленте, $\sigma_o = 50 \dots 100$ МПа;

b – ширина полотна без зубьев, мм;

S – толщина пилы, мм;

G_{cyn} – вес подвижной части суппорта с верхним шкивом, H ;

l – малое плечо рычага, мм.

Параметры l , L ; G_{cyn} известны по технической характеристике станка.

Проверив уравновешенность подъемных частей станка на натяжном рычаге, навешивают расчетный груз. Затем надевают пильную ленту. Зубья пилы должны свешиваться на кромках ободов.

Кратковременно (толчками) включая электродвигатель механизма главного движения, убеждаются в стабильности движения пилы. Если свес зубьев со шкивов превышает высоту зубьев, то угол наклона верхнего шкива уменьшают. Если же свес зубьев менее половины их высоты, то угол наклона шкива увеличивают. Далее станок останавливают и линейкой контролируют плоскостность полотна пилы в зоне резания. Неплоскостность пилы в зоне резания не допускается. Если неплоскостность пилы обнаруживается, то пилу возвращают на правку.

Осевое биение задней кромки полотна допускается не более 3 мм. Биение контролируют индикатором.

Верхние направляющие станка устанавливают на высоте 40...50 мм над распиливаемым материалом. Зазор между пилой и направляющими допускается 0,10...0,15 мм. Зазор измеряют щупами.

При остановке станка на время более 1 часа верхний шкив опускают, разгружая пильную ленту.

22.3. Установка стальных дисковых пил

Типовые варианты крепления круглых пил на валах приведены на рис. 94. Первый вариант (рис. 94, *a*) является распространенным. Он применяется для крепления на валах пил диаметром до 1000 мм при мощности до 14 кВт.

Соединение пилы и зажимного фланца с валом выполняется с посадкой $H7/h6$.

Для предотвращения проворачивания пил соединение фланцев с пилой усиливают специальными штифтами. Последние особенно рекомендуются для пил большого диаметра.

Гайка для прижима съемного фланца должна иметь резьбу обратную направлению вращения пильного вала.

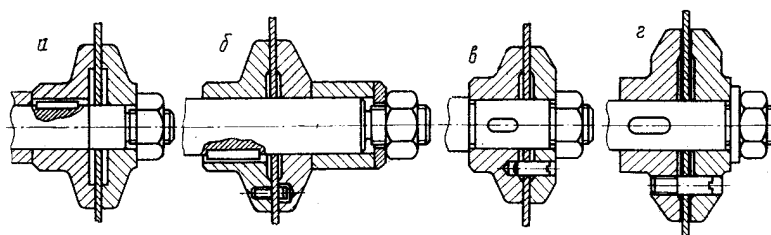


Рис. 94. Варианты крепления круглых пил на валах:
а – шайбами без штифтов; *б, в, г* – шайбами со штифтами

Зажим пилы осуществляется контактными кольцами фланцев шириною 20...25 мм. Плоскость диска должна быть перпендикулярна оси вала. Для этого контактные поверхности пилы и фланцев следует постоянно очищать от налипшей смолы и пыли. Опорные поверхности зажимных фланцев должны быть плоскими и гладкими. Посадочные места на пильном валу и зажимных фланцев закаливают до твердости не менее HRCэ 50...54.

Торцовое биение опорной поверхности коренного фланца на радиусе 50 мм не должно превышать 0,03 мм. Допускаемое торцовое биение пилы приведено ниже.

Диаметр пилы, мм	До 200	200...360	360...500	500...800	св. 800
Предельная величина торцового биения, мм	0,25	0,40	0,50	0,65	0,90

При допустимом радиальном биении пильного вала 0,05 мм радиальное биение зубьев установленной пилы не должно превышать значений, приведенных ниже:

Диаметр пилы, мм	135...315	365...500	630...800	900...1250	1500...1600
Радиальное биение зубьев, мм	0,2	0,3	0,4	0,6	1,0

Для пил диаметром свыше 400...500 мм рекомендуется устанавливать боковые направляющие, ограничивающие отклонение пилы при случайных нагрузках. Направляющие штифты делают из текстолита и других износостойких материалов с низким коэффициентом трения. Зазор между

пилой и направляющими должен быть не более 0,1...0,2 мм. Направляющие размещают в периферийной зоне пилы.

В станках для продольного пиления необходимо установить расклинивающий нож. Нож размещают в плоскости пилы на расстоянии 10...15 мм от вершин зубьев. Толщина задней кромки расклинивающего ножа равна или на 0,2 мм больше ширины пропила. Верхняя часть ножа должна выступать выше диска пилы.

Желательно, чтобы зубья пилы выступали над материалом на 10...20 мм.

22.4. Установка дисковых пил с пластинами из твердого сплава

Твердосплавные пилы крепят на пильном вале станка с помощью зажимных фланцев. Диаметр фланцев принимают в зависимости от диаметра пилы:

Диаметр пилы, мм	160	200	250	320	360	400	450
Диаметр зажимных фланцев, мм	80	80	100	100	100	125	125

Точность вращения пильного вала круглопильного станка должна удовлетворять следующим требованиям: радиальное биение – не более 0,05 мм, осевое биение опорной поверхности коренного фланца на радиусе 100 мм – не более 0,03 мм.

Предельные значения торцового биения диска пилы и радиального биения зубьев приведены ниже:

Диаметр пилы, мм	160...200	250	320...360	400	450
Предельная величина торцового биения диска, мм	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
Предельная величина радиального биения зубьев, мм	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25

При продольном пилении устанавливают расклинивающий нож на расстоянии 10 мм от вершин зубьев. Толщина ножа больше ширины пропила на 0...0,2 мм.

22.5. Установка фрез

Нормы точности оборудования. Деревообрабатывающие станки, работающие по принципу фрезерования, должны удовлетворять следующим требованиям. Радиальное и осевое биение шпинделей должно быть не более 0,03 мм, торцовое биение опорных поверхностей и фланцев под фрезерный инструмент – не более 0,03 мм. Непараллельность горизонтальных шпинделей и перпендикулярность вертикальных шпинделей рабочей поверхности стола допускается не более 0,03 мм на 100 мм. Неперпендикулярность рабочих поверхностей стола и направляющей линейки – не более 0,2 мм на длине 1000 мм.

Крепление насадных фрез. Насадные фрезы и фрезерные головки для крепления на шпинделе станка имеют посадочное отверстие. Для отечественных станков принят следующий ряд диаметров посадочных отверстий: 22; 27; 32; 40; 50; 60 мм.

Фрезы с диаметром отверстий 60 мм предназначены для посадки на шпиндель через патрон или цанги. Размер посадочного отверстия выполняется с полем допуска *H7*, т. е. с основным отклонением *H* по качеству номер 7.

Для крепления фрезы на шпинделе используют несколько способов. Наиболее простой из них – закрепление фрезы на шпинделе с помощью промежуточных колец и затяжной гайки. Для предотвращения самопроизвольного проворачивания резьба гайки должна иметь направление обратное направлению вращения фрезы.

В конструкциях сборных фрез по ГОСТ 14956-79 предусмотрены устройства для крепления их на шпинделе. Если шпиндель горизонтальный и не имеет резьбы для гайки или винта, то фрезу крепят с помощью двух цанг, расположенных на торцах ее корпуса и взаимодействующих с гайками. При заворачивании гаек цанги охватывают шпиндель и фиксируют фрезу на нем.

Если шпиндель имеет на конце резьбу, то крепление фрезы возможно с помощью двух цанг, расположенных по ее торцам, и упорных промежуточных колец. При заворачивании накидной гайки на шпиндель кольца давят на цанги, а последние охватывают шпиндель и фиксируют положение фрезы.

Если шпиндель вертикальный, то фрезу можно закрепить с помощью одной цанги с резьбой под гайку на конце.

Иногда фрезу крепят в патроне. Для этого на торце корпуса фрезы делают отверстия с резьбой под болты.

Наладка сборных фрез. Наладка сборных фрез выполняется на оправке и включает операции установки, выверки и закрепления ножей в корпусе фрезы. При этом должны быть выполнены следующие требования.

1. Нож должен плотно прилегать к опорным поверхностям корпуса и клина. Для этого опорные поверхности ножа и корпуса должны быть тщательно очищены и обезжирены.

2. Выставка ножа из корпуса должна быть больше максимальной толщины срезаемого слоя, но по возможности минимальной. Это позволяет повысить жесткость ножа.

Величина выступа C режущей кромки относительно края клина зависит от значения средней толщины срезаемого слоя: при $a_{cp} < 0,2$ мм $C = 1,5 \dots 2,0$ мм; при $a_{cp} \geq 0,2$ мм $C = 0,5$ мм.

3. Режущие кромки ножей цилиндрических фрез должны быть установлены параллельно оси вращения и на равные радиусы резания.

Непараллельность режущей кромки относительно оси вращения должна быть не более $0,5$ мм/м. Разность в радиусах не должна превышать $0,05$ мм.

Точность установки ножей контролируют индикатором.

Фасонные ножи устанавливают по шаблону, который изготавливают из бронзы, алюминиевых сплавов, текстолита, твердых пород древесины. При настройке режущие кромки поочередно прижимают к шаблону, и ножи фиксируют на корпусе фрезы.

Наладка ножевых валов. Ножевой вал фуговального или рейсмусового станка отличается от сборной цилиндрической фрезы только лишь тем, что корпус вала установлен в подшипниковых опорах на станине соответствующего станка и при смене ножей со станка не снимается. Наладка ножевых валов производится аналогично наладке сборных фрез. Наладку осуществляют с помощью индикатора на стойке, шаблона или других приспособлений.

Рабочая плоскость заднего стола фуговального станка должна быть расположена касательно к окружности вращения режущих кромок ножей. Для этого шаблон или стойку индикатора устанавливают на задний стол и добиваются, чтобы режущая кромка ножа слегка задевала шаблон или отклоняла бы стрелку индикатора на ту же величину, что и поверхность стола.

Предельно допустимая разность в радиусах резания ножей не должна превышать $0,05$ мм, а непараллельность лезвий базовой поверхности стола – не более $0,1$ мм на длине 1000 мм.

22.6. Установка насадной фрезы и качество обработки

Часто насадную фрезу крепят на валу станка с помощью втулок и гайки. При этом фрезу устанавливают на валу с посадкой $H7/h6$. Эта посадка образована полями допусков основного вала и основного отверстия. Поле допуска посадочного отверстия диаметром 32...50 мм с основным отклонением H по квалитету 7 равно 25 мкм. Поле допуска вала того же диаметра с основным отклонением $h6$ равно 16 мкм. Наибольший зазор в посадке равен сумме допусков вала и отверстия, т.е. 41 мкм.

При установке на вал станка фреза эксцентрично сместится относительно оси вала.

Если режущие кромки фрезы расположены на одной окружности, то формирование поверхности при фрезеровании будет происходить по схеме, показанной на рис. 95.

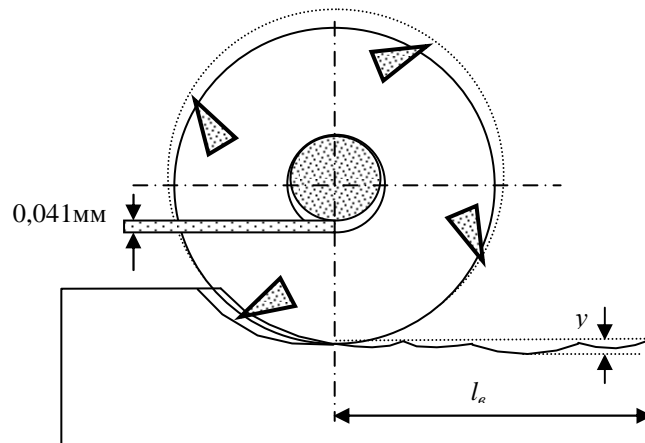


Рис. 95. Схема формирования поверхности при фрезеровании

На обработанной поверхности при фрезеровании образуются волны. Несмотря на то, что работают все зубья, на обработанной поверхности получается одна волна длиной l_e и общей глубиной y .

$$S_o = l_e = \frac{1000V_s}{n}, \quad (52)$$

$$y = \frac{l_g^2}{4D}, \quad (53)$$

где S_o – подача на один зуб фрезы, мм;
 l_g – длина волны, мм;
 V_s – скорость подачи, м/мин;
 n – частота вращения фрезы, мин⁻¹;
 y – глубина волны, мм;
 D – диаметр окружности резания, мм.

Таким образом, при механическом креплении фрезы на валу станка с помощью втулок и гайки длина кинематических волн равна подаче за один оборот фрезы. Основную работу по формированию поверхности выполняет наиболее выступающее лезвие.

Для того, чтобы все лезвия принимали одинаковое участие в формировании обрабатываемой поверхности, их прифуговывают заточным камнем на работающем станке. В результате прифуговки режущие кромки всех зубьев оказываются расположенными на одной окружности резания. Каждое лезвие при фрезеровании формирует одинаковые кинематические волны длиной, равной подаче на зуб:

$$S_z = l_g = \frac{1000V_s}{zn}, \quad (54)$$

где z – число зубьев фрезы.

При такой подготовке лезвий качество обработанной поверхности улучшается.

После прифуговки на задних гранях лезвий образуются фаски. Ширина фаски, по данным отечественных исследований [17], должна быть не более 0,15...0,20 мм. По данным фирмы "Михаил Вайниг" (Германия), ширина фаски может достигать 0,5...0,7 мм.

Для повышения точности установки инструмента на валу станка фирма "Михаил Вайниг" выпускает фрезы с гидравлическим креплением. Если при механическом креплении фрезы максимальный зазор вала в посадочном отверстии достигает 41 мкм, то при гидравлическом креплении – 5 мкм.

Таким образом, для уменьшения шероховатости обработанных поверхностей лезвия фрез после установки на станок следует прифуговывать или применять фрезы с гидравлическим креплением на валу.

22.7. Установка сверл и концевых фрез

Сверла и концевые фрезы для закрепления в станке снабжены хвостовиками. Крепят их на шпинделе станка с помощью патронов.

Наиболее простым является патрон со стопорным винтом (рис. 96).

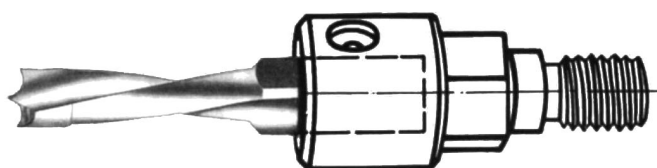


Рис. 96. Крепление сверла в патроне со стопорным винтом

Цилиндрический хвостовик инструмента вставляется в патрон с посадкой H7/h6. На каждый диаметр инструмента должен быть изготовлен отдельный патрон.

Для предотвращения износа резьбы на шпинделе станка патрон делают сборным из двух частей – корпуса и головки. Корпус крепится на шпинделе станка, сменные головки с закрепленным режущим инструментом надеваются на него (рис. 97).

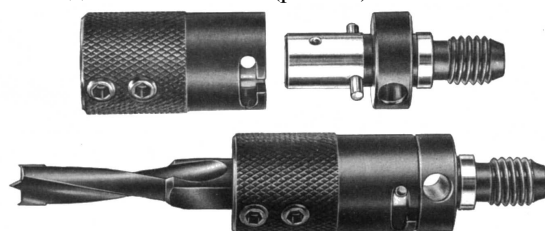


Рис. 97. Патрон со сменной головкой

При закреплении концевого режущего инструмента с постоянным диаметром хвостовика применяют также цанговые патроны, которые обеспечивают большую точность соосности инструмента.

Наиболее универсальными патронами, обеспечивающими закрепление концевого инструмента различного диаметра, являются двух- и трех кулачковые самоцентрирующиеся патроны.

Режущие инструменты с коническими хвостовиками закрепляются в конических втулках, которые являются частью шпинделя станка. Конструкции инструментальных конусов Морзе и метрических нормализованы (ГОСТ 25557-82).

Концевые однозубые незатылованные фрезы закрепляют в эксцентриковом патроне (см. рис. 90). Фрезой диаметром 4...20 мм с помощью

эксцентрикового патрона можно получить окружность резания диаметром 4,5...29,0 мм при эксцентриситете патрона 0,5...5,0 мм.

При установке фрезы необходимо проверить, чтобы задний угол резания был равен $\alpha = 15...20^\circ$ для стального и $\alpha = 10...15^\circ$ для твердосплавного зуба фрезы.

Для этого определяют угол установки

$$\varphi = \arccos \frac{R_p^2 + R^2 - e^2}{2Re}, \quad (55)$$

где R_p – радиус резания, равный половине ширины паза, мм;

R – радиус фрезы, мм;

e – эксцентриситет, мм.

Задний угол

$$\alpha = \arcsin e \sin \varphi / R_p. \quad (56)$$

При установке концевой инструмента должны выполняться следующие требования: отклонение от соосности шпинделя – не более 0,05 мм; радиальное биение – не более 0,03 мм.

22.8. Выводы

Режущий инструмент на станке должен быть установлен с требуемой точностью.

Рамные пилы. Боковые поверхности рамных пил должны быть параллельны между собой; допустимое отклонение параллельности – не более 0,2...0,3 мм на ширине пилы. Пилы должны занимать вертикальное положение; допустимое отклонение от вертикали – не более 1...3 мм на длине пилы. Пилы в поставе должны быть одинаковой длины с отклонением ± 1 мм.

Ленточные пилы. Ленточную пилу устанавливают на шкивах станка так, чтобы осевое биение задней кромки пилы не превышало 0,3 мм. Зазор между пилой и боковыми направляющими должен быть не более 0,10...0,15 мм. При этом верхние направляющие устанавливают над заготовкой на высоте 10...15 мм для узких пил или 40...50 мм для широких пил.

Дисковые пилы. Дисковые пилы закрепляют на валу станка зажимными фланцами. Торцовое биение опорной поверхности коренного фланца не должно превышать 0,03 мм на радиусе 50 мм. Допустимое торцовое и радиальное биение диска зависит от диаметра пилы и приведено в справочных таблицах. В станках для продольного пиления за пилой на расстоянии

10...15 мм от вершин зубьев должен быть установлен расклинивающий нож.

Фрезы насадные, ножевые валы. После закрепления насадной фрезы на шпинделе станка или фиксации ножей в ножевом валу режущие кромки лезвий рекомендуется прифуговать с образованием фасок на задних гранях лезвий шириной 0,15...0,20 мм.

Концевой инструмент. При установке концевого инструмента должны выполняться следующие требования: отклонение от соосности шпинделя – не более 0,05 мм; радиальное биение – не более 0,03 мм.

Контрольные вопросы

1. Как определить толщину прокладок для разделения рамных пил в поставе?
2. Изобразите форму прокладок и проставьте их размеры.
3. Перечислите устройства, необходимые для установки рамных пил.
4. Как выполняется выверка положения пил в пильной рамке?
5. Как рассчитать длину и ширину ленточных пил?
6. Изобразите схему крепления дисковой пилы на валу станка.
7. Начертите эскиз коренного и зажимного фланцев, применяемых для крепления круглой пилы.
8. Изобразите схему крепления насадной фрезы, укажите размер посадочного отверстия и его посадку.
9. Как выполняется наладка сборной фрезы и ножевого вала?
10. Какие применяются патроны для крепления концевых инструментов?

23. Ремонт режущего инструмента

28.1. Ремонт рамных пил

При ремонте выполняются операции обрезки полотна по длине и ширине, приклейки планок, насечки зубьев.

Обрезка по длине. Производится при обрыве полотна пилы около планок, наличии трещин или при несоответствии длины пилы размерам пильной рамки. Линия обрезки проводится чертилкой по угольнику перпендикулярно задней кромке пилы. Длины пил в поставе должны быть одинаковы. Допускается отклонение пилы по длине ± 1 мм.

Обрезка производится на пилоштампе ППП-2 или ПШ-3М.

Обрезка по ширине. Производится в случаях, если на зубьях и во впадинах имеются трещины длиной более 5 мм, которые трудно удалить стачиванием; если на пиле сломано три зуба или два смежных зуба; если необходимы зубья другой формы или шага.

Обрезку выполняют на пилоштампе. Направляющую линейку станка устанавливают параллельно плоскости ножей. Отклонение обрезанной кромки от прямолинейности не должно превышать $\pm 0,2$ мм на 1000 мм.

Насечка зубьев. Зубья насекают на пилоштампах с направляющей линейкой, обеспечивающих образование зубьев с шагом 22, 26, 32 и 40 мм.

При насечке зубьев задняя кромка пилы должна упираться в направляющую линейку, а передняя грань зуба – в упор. Можно вести насечку по шаблону. Шаблон – это правильно подготовленная пила. Шаблон накладывают на полотно пилы, подлежащее насечке, и концы их скрепляют струбцинами. Зубья насекают не на полный профиль, а с припуском 1,0...1,5 мм. Припуск удаляют при заточке.

Приклепка планок. Работу начинают с пробивки бородком крайнего по ширине пилы отверстия. При этом используют кондуктор. Получив отверстие, к пиле приклепывают обе планки одной заклепкой. Затем планки устанавливают по угольнику перпендикулярно задней кромке.

Пробивают второе крайнее отверстие по отверстию в планках и ставят вторую заклепку. Проверяют перпендикулярность планок задней кромке пилы и пробивают остальные все отверстия. Заклепки вставляют поочередно с разных сторон.

Выступающие над планками торцы пилы и заклепки шлифуют.

Допускаемое отклонение размера между опорными поверхностями верхних и нижних планок пил равно 1 мм.

Отклонение планок от перпендикулярности к задней кромке пилы должно быть не более 0,5 мм на 100 мм ширины полотна. Несовпадение опорных поверхностей планок допускается не более 0,5 мм на 100 мм ширины полотна. Контроль производят угольником и щупом.

23.2. Ремонт ленточных пил

Ремонт пил включает следующие операции: засверливание трещин, стачивание полотна, вырезку дефектных зон, подготовку кусков-вставок полотна, соединение концов пил, обрезку и насечку зубьев.

Засверливание трещин. Засверливают одиночные трещины длиной не более 10...15% от ширины пилы, но не более 15 мм. Центр сверления располагают в конце трещины и предварительно накернивают.

Стачивание полотна. Мелкие трещины, образовавшиеся на пиле в количестве 2...3 шт. на метре пилы, стачивают шлифовальным кругом. Дефектный слой сошлифовывают на заточном станке в режиме “профилировка”.

Вырезка дефектных мест и подготовка вставок. Групповые трещины по 4...5 шт. на длине пилы 400...500 мм, а также длинные трещины свыше 10...15% ширины полотна и участки с выломанными подряд двумя зубьями, подлежат удалению. Удаляют дефектный участок пилы длиной не менее 500 мм. Такая длина позволяет избежать затруднения при правке. Взамен удаляемого участка подбирают исправный отрезок пилы с одинаковыми размерами по длине, ширине, толщине и шагу зубьев.

Соединение концов. Концы соединяют на сварочном агрегате. Сварной шов затачивают. Полотно в зоне сварного шва правят и контролируют качество соединения пилы.

Обрезка и насечка зубьев. Пилы, имеющие мелкие трещины по всей длине полотна, а также выломы свыше двух зубьев подряд, подлежат обрезке зубьев. Обрезку выполняют на пилоштампах ППП-2 и ПШ-3М.

23.3. Ремонт стальных круглых пил

Пилу осматривают и назначают вид ремонта. В периферийной зоне диска допускается не более 3...4 трещин длиной до 20 мм. Трещины должны быть ограничены отверстиями диаметром около 4 мм. Сверлят отверстия на расстоянии 1...2 мм от конца трещины в направлении их распространения.

При групповом расположении трещин или выломанных подряд нескольких зубьях (более 2) производят обрезку имеющихся и насечку новых зубьев. Насечку выполняют с применением делительных устройств.

23.4. Ремонт дисковых пил с пластинками из твердого сплава

Ремонт пил включает следующие операции: засверливание трещин на диске, подготовку гнезд под пластинки на зубьях, пайку и отпуск, обработку пластинок после пайки.

Засверливание трещин. На дисках пил допускаются трещины длиной до 30 мм, ограниченные отверстиями. Отверстие в конце трещины

снижает концентрацию напряжений и предотвращает распространение трещины дальше. Диаметр отверстия 4...5 мм.

Частота вращения шпинделя сверлильного станка, мин⁻¹:

	С охлаждением	Без охлаждения
Сверло из стали P18	200...300	70...90
Сверло из твердого сплава T15K8	750...1000	250...500

Отверстия рекомендуется зенкеровать с образованием фаски 0,3...0,5 мм под углом 30°. Заусенцы удаляют шкуркой.

Отпайка поврежденных пластинок. Отпайку поврежденных пластинок выполняют на установке, предназначенной для пайки пластинок при тех же режимах. Небольшие остатки пластинок удаляют зубилом или вышлифовывают при зачистке гнезд. Зачищают гнезда шлифовальным кругом на универсально-заточном станке.

Допускаемые отклонения размеров гнезд:

переднего угла, град.	+3
глубины гнезда, мм	±0,1
длины гнезда, мм	- 0,2
стрелы вогнутости продольной стенки, мм	0,15

Очистка и промывка пластинок. Для очистки пластинки в количестве 1...2 кг загружают в барабан, который зажимают в патроне токарного станка и вращают с частотой 80...100 мин⁻¹ в течение двух часов. В барабан к пластинкам добавляют крошки шлифовального круга из карбида кремния зеленого зернистостью не менее 25.

После очистки отделенные пластинки промывают в одном из растворителей: спирте, ацетоне, авиационном бензине.

23.5. Выводы

Пилы ремонтируют в случаях, если пилы порвалась, на зубьях и во впадинах образовались трещины или сломались три или два смежных зуба.

Если длина трещины не более 15% от ширины пилы, но не более 15 мм, то в конце трещины выполняют отверстие, предотвращающее ее распространение.

Мелкие трещины стачивают.

Участок ленточной пилы с групповыми трещинами вырезают.

24. Организация инструментального хозяйства

24.1. Системы организации инструментального хозяйства

Инструментальное хозяйство деревообрабатывающего предприятия – отдельное служебное подразделение, призванное обеспечивать основное производство необходимым дереворежущим инструментом [39, 40].

Задачи инструментального хозяйства: определение потребности в инструменте; планирование приобретения и изготовления инструмента; организация эксплуатации инструмента и контроль его использования; учет, хранение и выдача инструмента.

Системы организации инструментального хозяйства. Известно три системы организации инструментального хозяйства: централизованная, децентрализованная и смешанная.

Централизованная система предусматривает сосредоточение всего объема работ по инструменту в специализированном подразделении. Это наиболее перспективная система. Она имеет следующие достоинства:

- обеспечивается возможность специализации станков по подготовке отдельных видов инструмента, что позволяет повысить качество режущего инструмента и производительность его подготовки;
- улучшаются условия контроля качества подготовки инструмента;
- появляется возможность привлечения к работе на оборудовании специалистов высокой квалификации;
- улучшается учет, хранение и обеспеченность инструментом.

Децентрализованная система отличается наличием в каждом производственном цехе мастерской для подготовки инструмента.

Смешанная система предусматривает централизованную подготовку инструмента для основных цехов и децентрализованную – для остальных.

Выбирая систему организации инструментального хозяйства, следует стремиться к централизации управления и единству ответственности за весь комплекс работ по обеспечению предприятия инструментом.

24.2. Структура инструментального хозяйства

При централизованной системе инструментальное хозяйство должно подчиняться службе главного технолога. В общем случае оно может включать центральный инструментальный склад (ЦИС), центральную инстру-

ментальную раздаточную кладовую (ЦИРК), инструментальный цех с системой специализированных отделений, инструментальные раздаточные кладовые (ИРК) цехов предприятия.

Инструментальный цех включает отделения слесарно-механическое, заточки, изготовления инструментов и др.

Состав работ и количество отделений определяется потребностью цехов предприятия.

24.3. Определение потребности в дереворежущем инструменте

Для выполнения годовой производственной программы на предприятии необходимо иметь расходный и оборотный фонды режущего инструмента.

Расходный фонд представляет собою количество режущего инструмента каждого типоразмера, которое будет полностью изношено (израсходовано) при выполнении годовой или данной производственной программы.

Годовую потребность в станочном дереворежущем инструменте одного типоразмера N , шт, определяют по формуле

$$N = \frac{100\tau R_i l}{RT(100 - q)} + \Phi, \quad (57)$$

где τ – время работы инструмента (основного оборудования) в расчетном году, ч;

R_i – уменьшение режущей части инструмента за одну переточку, мм (табл.27, 28);

l – число инструментов одного типоразмера, одновременно устанавливаемого на станок (линию) производственного цеха, шт.;

R – допустимое стачивание за весь срок службы инструмента, мм (табл. 27, 28);

T – период стойкости, ч (табл. 29);

q – процент непредвиденного (аварийного) расхода инструмента;
 $q = 100(K - 1)/K$;

Φ – оборотный фонд инструмента, шт.

Таблица 27

**Нормативы расхода дереворежущего инструмента
для мебельного производства**

Инструмент	Рабочие параметры	Полный ресурс R , мм	Износ за период стойкости R_i , мм	Процент аварийного расхода q , %
Пилы круглые:				
Стальные по ГОСТ 980-80 для распиловки	Диаметр 125 ... 630 мм			
– продольной		25	0,4	12
– поперечной		25	0,4	12
Твердосплавные по ГОСТ 9769-79	Размер пластин 7...10 мм	5...8	0,3	20
Пилы ленточные узкие по ГОСТ 6532-77	Ширина 10...60 мм	2,0...5,0	0,4	5
Фрезы насадные цельные:	Ширина, мм			
– дисковые пазовые стальные для пазов:				
продольных	4...20	7...14	0,3	5
поперечных	4...20	6...9	0,3	6
– дисковые пазовые твердосплавные для пазов				
продольных	4...20	12	0,25	4...8
поперечных	4...20	12	0,2	5...10
– для обработки прямых ящичных шипов	6...18	13	0,25	5
– радиусные	6,3...50,0	12	0,2	5
– для обработки зубчатых клиновых шипов	Диаметр 125...180 мм	1,5	0,25	20
Ножи плоские:	Ширина, мм			
– с прямой режущей кромкой	32/40	17/25	0,3	5
– твердосплавные	15	12,0	0,25	12
– гильотинные для шпона	110	25	0,7	3

Окончание табл. 27

Инструмент	Рабочие параметры	Полный ресурс R , мм	Износ за период стойкости R_i , мм	Процент аварийного расхода q , %
Фрезы концевые цилиндрические стальные:	Диаметр, мм			
– однозубые	4,0...20,0	10...35	0,2	5...10
– двузубые	5,0...25,0	15...70	0,2	5...10
Фрезы концевые цилиндрические твердосплавные:				
– однозубые	3,0...10,0	2,0...15	0,25	15...25
– двузубые	6,0...12,0	16...17	0,25	15...25
Сверла:	Диаметр, мм			
– спиральные	2...20	20...60	0,45	15
– спиральные с центром и подрезателями	4,0...32	36...45	0,45	15
– то же твердосплавные	4,0...12,0	16...19	0,35	20
– чашечные стальные	15...35	6,0...10	0,45	15
– чашечные твердосплавные	18...40	6,0...8,0	0,35	20

Примечание: в числителе дано стачивание по передней грани, в знаменателе – по задней

Таблица 28

Нормативы расхода инструмента в лесопильном производстве

Оборудование	Полный ресурс R , мм	Износ за период стойкости R_i , мм	Период стойкости T , смен	Коэффициент случайных потерь K	Процент аварийного расхода q , %
Лесопильная рама первого и второго ряда	90	0,3	0,33/0,50	1,5/1,3	33/23
Станок многопильный для распиловки брусев	50	0,5	0,33/0,50	1,3/1,2	23/16
Станок обрезной	50	0,5	0,66/0,50	1,25	20
Станок торцовочный	56	0,5	3,0	1,35	25,9
Станок ребровый	90	0,5	0,66/0,50	1,1	9
Станок диленно-реечный	75	0,5	0,66/0,50	1,1	9

Окончание табл. 28

Оборудование	Полный ресурс R , мм	Износ за период стойкости R_p , мм	Период стойкости T , смен	Коэффициент случайных потерь K	Процент аварийного расхода q , %
ЛАПБ:					
– центральные резцы на первичной головке	35	0,4	2,0	1,2	16
– боковые резцы на вторичной головке	35	0,2	4,0	1,2	16
– зачистные ножи подчистных фрез	35	0,7	2,0	1,2	16
– пилы круглые	55	0,6	0,5	1,3	23
Рубительная машина с ножами из стали					
– 6ХС	38	0,35	1,0	1,3/1,1	23/9
– 55Х7ВСМФ	38	0,6	1,8	1,3/1,1	23/9
Станок окорочный	10	0,6	3	1,2	16
Примечания: 1. Значения T в числителе – для трехупряжного, в знаменателе – для двухупряжного режимов работы. 2. Значения K и q в знаменателе – при использовании металлоискателей					

Таблица 29

Период стойкости инструмента в зависимости от обрабатываемого материала, ч

Инструмент	Период стойкости T , ч, при обработке материалов					Коэффициент случайных потерь K
	хвойных пород	твердо-лиственных пород	плит-столярных	ДСТП	древесины клееной слоистой	
Пилы рамные стальные	3,0	–	–	–	–	1,5
То же со стеллитом	7,0	–	–	–	–	1,5
Пилы ленточные	3,5	–	–	–	–	1,5

Окончание табл. 29

Инструмент	Период стойкости T , ч, при обработке материалов					Коэффициент случайных потерь K
	хвойных пород	твердолиственных пород	плитстолярных	ДСП	древесины клееной слоистой	
Пилы круглые стальные для продольной распиловки	4,0	2,5	–	0,4	–	1,3
То же для поперечной распиловки	24,0	12,0	–	–	–	1,35
Пилы круглые твердосплавные	50,0	25	–	25,0	–	1,35
Ножи рубительных машин:						
летом	12,0	–	–	–	–	1,3
зимой	8,0	–	–	–	–	1,3
Ножи луцильные	–	4	–	–	–	1,5
Коросниматели:						
летом	21,0	–	–	–	–	1,2
зимой	7,0	–	–	–	–	1,2
Фрезы цилиндрические со стальными ножами	10,4	8,6	6,7	–	–	1,05
То же твердосплавные	61,7	48,0	14,0	6,5	6,2	1,08
Фрезы фасонные цельные затылованные	11,0	7,3	–	–	–	1,05
Фрезы концевые однозубые	4,9	3,0	2,3	1,8	0,6	1,15
То же затылованные	5,9	3,7	2,4	1,5	0,4	1,15
Сверла спиральные стальные	1,8	1,3	–	–	–	1,15
Сверла спиральные твердосплавные	–	–	–	0,5	0,5	1,15

Оборотный фонд инструмента является переходящим из года в год и должен пополняться по мере его уменьшения по сравнению с расчетным.

Оборотный фонд представляет собой суммарный объем режущего инструмента, установленного на технологическом оборудовании,

подготовленного к работе для замены поступающего затупленного, находящегося в процессе подготовки и инструмента, находящегося на складе для замены окончательно изношенного.

Рассчитывают его только для впервые применяемого инструмента.

Для мало расходуемого инструмента $\Phi = 4r$, для массового инструмента $\Phi = 5r$. Коэффициент r зависит от времени T работы инструмента в период выполнения производственной программы. Значения r приведены ниже.

T , ч	r , шт.	T , ч	r , шт.
до 4140	1	св. 20700 до 24840	6
св. 4140 до 8280	2	св. 24840 до 28980	7
св. 8280 до 12420	3	св. 28980 до 33120	8
св. 12420 до 16560	4	св. 33120 до 37260	9
св. 16560 до 20700	5	св. 37260 до 41400	10

Исходные данные и результаты расчета потребности инструмента заносят в таблицу по форме табл. 30.

Таблица 30

Сводная ведомость потребности в дереворежущих инструментах

Станок, его модель	Инструмент	ГОСТ, нормаль	Параметры инструмента				
			D , мм	d , мм	Z , шт.	B , мм	
ЦА-3	Пила	980-80	450	40	48	2,2	–

Окончание табл. 30

Операция	Порода, материал	τ , ч	R_i , мм	l , шт.	R , мм	T , ч	q , %	Φ , шт.	N , шт.
Пиление	Сосна	2000	0,4	1	25	4	12	5	14,1

24.4. Годовая потребность в абразивном инструменте

Годовую потребность в абразивном инструменте, необходимом для заточки и доводки режущего инструмента, $Z_{аб}$, шт., определяют по формуле

$$Z_{аб} = q_{аб} \frac{R}{R_i} N, \quad (58)$$

где $q_{аб}$ – норма расхода абразивных инструментов, шт (табл. 31);
 R – допустимое стачивание режущей части, мм (табл. 27, 28);

R_i – величина стачивания режущей части за одну переточку, мм (табл. 27, 28);

N – годовая потребность в режущем инструменте данного типа, шт.

Таблица 31

Нормы расхода абразивного инструмента на одну заточку и доводку режущего инструмента

Режущий инструмент	Расход кругов $q_{аб}$, шт.			Расход оселков, шт.
	из электрокорунда	из карбида кремния	алмазных	
Пилы круглые:				
– стальные	0,020	–	–	0,005
– твердосплавные	–	0,12	0,12	–
Пилы ленточные	0,015	–	–	0,050
Ножи для фрезерования:				
– стальные	0,020	–	–	0,050
– твердосплавные	–	0,03	0,015	–
Фрезы цельные насадные:				
– стальные	0,015	–	–	0,010
– твердосплавные	–	0,04	0,015	–
Фрезы концевые стальные	0,010	–	–	0,001
Сверла	0,008	–	–	–
Цепочки фрезерные	0,020	–	–	–

24.5. Расчет запасов

Максимальный запас режущего инструмента подразделяют на следующие основные расчетные части: текущая, страховая, точка заказа, партия заказа.

Текущий запас F_T – величина переходящего запаса, необходимая для обеспечения предприятия в период между очередными поступлениями или изготовлением инструмента. Это постоянно расходуемая часть запаса. Она колеблется от максимума до нуля, когда должно произойти новое пополнение (рис. 98):

$$F_{Tmax} = 360p/n, \quad (59)$$

где p – среднесуточный расход данного типоразмера инструмента, шт./день; $p = N/360$;

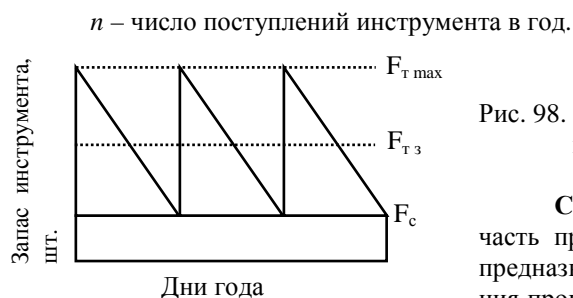


Рис. 98. Структура запасов инструмента на ЦИС

Страховой запас F_c – часть производственного запаса, предназначенная для обеспечения производства в случае отклонения

периодичности и величины партии поставок инструмента от предусмотренного расчетом. Его величина равна минимальному остатку инструментов на центральном инструментальном складе (ЦИС) к моменту, когда должно произойти плановое пополнение. Принимают

$$F_c = 0,25 F_{T \max} \quad (60)$$

Максимальный запас

$$F_{\max} = F_c + F_{T \max} \quad (61)$$

Запас точки заказа $F_{T з}$ – число инструментов, при достижении которого ЦИС должен выдать заказ на пополнение запаса по данным типоразмерам инструмента. Величина запаса точки заказа

$$F_{T з} = F_c + F_{T \max}/2. \quad (62)$$

24.6. Определение численности работающих инструментального цеха

Рабочих инструментального цеха подразделяют на основных и подсобных. **Основные рабочие** – пилоточи, ножеточи, заточники, слесари, сварщики, термисты и др. **Подсобные** – рабочие складов и кладовых, транспортные рабочие и др.

Численность рабочих инструментального цеха определяют по нормативам, а в случаях, когда на данный вид производства нормативов нет, – расчетным путем. Численность основных рабочих в одну смену для подготовки инструмента одного вида рассчитывают по формуле

$$P_o = \frac{fL}{tK_p} \sum_{i=1}^n \frac{\Pi_i F_i}{G_i}, \quad (63)$$

где f – коэффициент, учитывающий затраты времени на ненормативные работы (1,15 – для пил; 1,07 – для ножей, фрез, сверл);

t – продолжительность смены, мин;

K_p – коэффициент использования рабочего времени, равный 0,7;

n – число технологических операций при подготовке инструмента одного вида;

P_i – средняя продолжительность операции i при подготовке единицы инструмента, мин (табл. 32);

F_i – коэффициент периодичности выполнения операции i ;

G_i – количество инструментов, проходящих обработку одновременно, шт.;

L – количество инструмента одного вида, подлежащих подготовке за смену, шт.:

$$L = \frac{lt}{60T_i} K, \quad (64)$$

где l – количество инструмента одного вида, установленного на станках предприятия, шт;

T_i – период стойкости инструмента, ч (табл. 29);

K – коэффициент случайных потерь инструмента.

Таблица 32

Продолжительность подготовки инструментов

Инструмент	Операция	Инструмент стальной		Инструмент твердосплавный	
		P_i , мин	F_i	P_i , мин	F_i
Пилы рам- ные	Приклепка планок к од- ному концу пилы	10	0,02	10	0,02
	Правка и вальцевание	5	0,1	5	0,05
	Плющение и формование зубьев	3	0,25	5	0,1
	Наплавка зубьев стелли- том и формирование гра- ней	55	0,1	–	–
	Заточка зубьев	4	1,0	5	1,0
	Установка постава:				
	до 7 пил	20	1,0	20	1,0
до 20 пил	35	1,0	35	1,0	
Пилы круг- лые диа- метром до 710 мм	Правка и проковка	15	0,20	15	0,05
	Развод зубьев	10	0,25	–	–
	Плющение и формование	40	0,25	–	–
	Формирование зубьев по конттуру	–	–	10	0,05

Окончание табл. 32

Инструмент	Операция	Инструмент стальной		Инструмент твердосплавный	
		P_i , мин	F_i	P_i , мин	F_i
Пилы ленточные узкие	Напайка пластин твердого сплава	—	—	40	0,05
	Отпуск зубьев	—	—	15	0,05
	Черновая заточка по задней грани	—	—	20	0,05
	Черновая заточка по передней грани	—	—	30	0,05
	Шлифование боковых граней	—	—	50	0,05
	Заточка зубьев	10	1,0	40	1,0
	Доводка зубьев	4	1,0	25	1,0
	Соединение концов	15	0,03	—	—
	Правка и вальцевание	20	0,20	—	—
	Развод зубьев	10	0,25	—	—
Ножи рубительных машин	Заточка	10	1,0	—	—
	Балансирование	3	1,0	—	—
	Настройка установочной ширины	12	1,0	—	—
Коросниматели	Заточка	5	1,0	10	1,0
	Правка	5	1,0	5	1,0
Ножи плоские для фрезерования древесины	Заточка пары ножей (на 100 мм длины)	4	1,0	6	1,0
	Доводка (то же)	1	1,0	1,5	1,0
	Балансирование	5	1,0	5	1,0
Фрезы насадные	Установка в станок	40	1,0	40	1,0
	Заточка	15	1,0	20	1,0
	Доводка	4	1,0	6	1,0
	Балансирование	6	1,0	6	1,0
Фрезы концевые	Установка в станок	30	1,0	30	1,0
	Заточка	15	1,0	20	1,0
	Доводка	4	1,0	6	1,0
	Балансирование	6	1,0	6	1,0
	Установка в станок	12	1,0	12	1,0

Пример. Определить явочную численность рабочих инструментального участка для обслуживания цеха по производству заготовок из древесины хвойных пород. Инструмент изготовлен из инструментальной стали, зубья пил разведены, устанавливают инструмент на станок станочники, продолжительность смены 8 ч. Ведомость оборудования приведена в табл. 33.

Таблица 33

Ведомость оборудования цеха по производству заготовок из древесины хвойных пород

Станки	Количество	Количество режущего инструмента, шт.			
		пил круглых для распиловки		ножей	фрез концевых
		продольной	поперечной		
Торцовочный ЦПА-2	6	-	6	-	-
Прирезной ЦДК-5	2	10	-	-	-
Четырехсторонний продольно-фрезерный С26-2	3	-	-	48	-
Для заделки сучков СвСА	3	-	-	-	3

Решение. По табл. 29 находим период стойкости инструментов T_i и коэффициент случайных потерь K . Заносим их значения в табл. 34. По формуле (64) находим значения L . Так, количество пил для поперечной распиловки, подлежащих подготовке за смену, равно:

$$L = \frac{6 \cdot 480}{60 \cdot 24} \cdot 1,35 = 2,7.$$

Таблица 34

Расчетная таблица

Инструмент	T_i , ч	K	L , шт.	P_o , ч/смен
Пилы круглые стальные для распиловки:				
поперечной	24	1,35	2,7	0,19
продольной	4	1,30	26	1,82
Фрезы насадные с ножами	10,4	1,05	38,8	1,23
Фрезы концевые	5,9	1,15	4,7	0,12
				$\Sigma P_o = 3,36$

По табл. 32 находим продолжительность операций по подготовке инструмента и заносим их значения в таблицу. В табл. 35 приведены операции по подготовке дисковых пил.

Таблица 35

Расчетная таблица для определения продолжительности операций по подготовке дисковых пил

Операции	Π_i	F_i	G_i	$\Pi_i F_i / G_i$
Правка и проковка	15	0,2	1	3
Развод зубьев	10	0,25	1	2,5
Заточка зубьев	10	1	1	10
Доводка зубьев	4	1	1	4
Балансировка	10	0,1	1	1
				$\sum_{i=1}^n \frac{\Pi_i F_i}{G_i} = 20,5$

Численность основных рабочих в одну смену для подготовки к работе круглых пил для поперечной распиловки

$$P_o = \frac{1,15 \cdot 2,7}{480 \cdot 0,7} 20,5 = 0,19 \text{ чел./смен.}$$

Аналогично рассчитывают значения численности основных рабочих в одну смену P_o для подготовки остальных видов инструмента и по табл. 34 получают суммарную численность основных рабочих $\sum P_o = 3,36$ чел./смен.

Численность подсобных рабочих принимают 15...20 % от основных:
 $P_n = 0,15 \cdot 3,36 = 0,5$ ч/смен.

Численность работающих инструментального участка

$$P = P_o + P_n = 3,36 + 0,5 = 3,86 \text{ чел./смен.}$$

Состав инженерно-технических работников (ИТР) принимают 10...12 %, служащих 1,5...2,0 % и младшего обслуживающего персонала 1,0...1,5 % от числа рабочих инструментального хозяйства.

24.7. Расчет потребного количества оборудования

Общее количество оборудования одного вида для подготовки инструмента в одну смену рассчитывают по формуле

$$S = \frac{1}{\eta} \sum_{i=1}^S \frac{K \Pi_i F_i}{60 T_i G_i}, \quad (65)$$

где η – коэффициент использования оборудования, равный: для пилоточных автоматов – 0,8, для ножзаточных станков – 0,6, для прочих станков – 0,7;

S – количество типоразмеров инструмента одного вида, шт.;

K – коэффициент случайных потерь (табл. 27);

l – количество инструмента одного вида, подлежащего подготовке в одну смену, шт.;

Π_i – средняя продолжительность операции i при подготовке единицы инструмента на данном оборудовании, мин, (табл. 32);

F_i – коэффициент периодичности выполнения операции i (табл. 32);

T_i – период стойкости инструмента, ч (табл. 29);

G_i – количество инструментов, обрабатываемых на оборудовании одновременно, шт.

Потребное количество оборудования определяют также по укрупненным нормам (табл. 36).

Таблица 36

Укрупненные нормы оборудования для подготовки режущего инструмента лесопильного цеха

Операции	Инструмент	Нормы станков при числе установленных лесопильных рам		
		2	4	8
Вальцевание	Пилы:			
	– рамные	1	1	1
Уширение зубьев	Пилы			
	– рамные	1	2	3
Заточка	Пилы:			
	– круглые	–	–	1
	– рамные	1	2	3
	– круглые	2	3	4
	Ножи рубительных машин	1	1	1
	Коросниматели	1	1	1
Обрезка и на-сечка зубьев	Пилы рамные, круглые	1	1	1

24.8. Площадь инструментального участка

Площадь инструментального участка зависит от количества размещаемого на нем оборудования. При этом норма площади для размещения одного станка составляет 8...12 м², одного приспособления (для развода зубьев, балансировки, определения осевого и радиального биения и др.) – 4...6 м², рабочего места слесаря – 5 м².

Рабочее место должно включать

- технологическое оснащение (станок, стенд, приспособление);
- вспомогательные средства (тельфер, наладочный, измерительный инструмент);
- производственную мебель (верстак, стол, шкаф, стеллаж, сидение);
- мелкий производственный инвентарь (подставки, маты, мусоросборник);
- санитарно-гигиенические устройства (вентилятор, устройство аспирации);
- энергетические устройства (местное освещение);
- средства информации, сигнализации и связи.

Площадь ЦИРК должна составлять 10 % от общей площади, занимаемой оборудованием.

Контрольные вопросы

1. Назовите три системы организации инструментального хозяйства.
2. Что означает аббревиатура ЦИС, ЦИРК, ИРК?
3. Какие подразделения включает система организации инструментального хозяйства?
4. Как для инструментального цеха определить численность основных и подсобных рабочих, ИТР, служащих и младшего обслуживающего персонала?
5. Как определить потребную площадь инструментального цеха?
6. Что такое оборотный фонд инструмента и как его рассчитывают?
7. Дайте определения понятий запасов режущего инструмента: текущий запас, страховой, запас точки заказа.

Заключение

Эта книга включает четыре части. В первой части изложены общие сведения о дереворежущем инструменте, включающие основные понятия и определения, износ и затупление инструмента, инструментальные стали и твердые сплавы, общие сведения о термообработке, способах повышения стойкости. Во второй части рассмотрены вопросы повышения стойкости режущего инструмента. В третьей части приведены конструкции дереворежущих инструментов. В четвертой – освещены вопросы эксплуатации режущего инструмента. Приведены сведения о подготовке зубьев пил к работе, заточке инструмента, создании предварительного напряженного состояния в пилах, их устойчивости. Рассмотрены вопросы балансировки инструмента, установки его на станок. Приведены нормы точности при подготовке инструмента к работе. Изложены общие сведения по организации инструментального хозяйства деревообрабатывающего предприятия.

Читатель имеет возможность самостоятельно изучить излагаемые темы. С этой целью в книге приведено много контрольных вопросов.

Книга написана для студентов, приступивших к изучению дереворежущего инструмента. Основная часть вопросов раскрыта предельно просто для понимания. Трудные вопросы относятся к колебаниям дисковых пил, расчету влияния температурного перепада по радиусу диска на рабочую частоту вращения пилы. Известная расчетная методика пока трудна для понимания.

Предлагаемая книга – это учебное пособие для студентов. Использовать пособие можно при изучении теоретической части дисциплины и при выполнении практических заданий. Книга будет полезна и производителям.

Библиографический список

1. **Загорский Ф.Н.** Очерки по истории металлорежущих станков до середины XIX века. – М.;Л.: АН СССР, 1960. – 282 с.
2. **Грубе А. Э.** Дереворежущие инструменты. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 344 с.
3. **Глебов И.Т., Неустроев Д.В.** Справочник по дереворежущему инструменту. – Екатеринбург: УГЛТА, 2000.– 263 с.
4. МН74-59 – МН81-59. Инструменты и приспособления для машиностроения. – М.: Изд-во стандартов, 1963. – 160 с.
5. **Белкин И.М.** Допуски и посадки (Основные нормы взаимозаменяемости). – М.: Машиностроение, 1992. – 528 с.
6. **Зотов Г.А., Швырев Ф.А.** Подготовка и эксплуатация дереворежущего инструмента. – М.: Лесн. пром-сть, 1986. – 301 с.
7. Станочный дереворежущий инструмент: Каталог. – М.: ВНИИинструмент, 1987. – 236 с.
8. **Швырев Ф.А.** Подготовка и эксплуатация дереворежущего инструмента. – М.: Лесн. пром-сть, 1966. – 342 с.
9. **Морозов В.Г.** Дереворежущий инструмент: Справочник. – М.: Лесн. пром-сть, 1988. – 344 с.
10. **Ординарцев И.А., Филиппов Г.В., Шевченко А.Н.** и др. Справочник инструментальщика. – Л.: Машиностроение, 1987. – 846 с.
11. Деревообрабатывающее оборудование: Отраслевой каталог. – Екатеринбург: Бриз, 1995. – 227 с.
12. **Решетняк О.Н.** Справочник плотника-столяра. – М.: Стройиздат, 1995. – 365 с.
13. **Твердынин М.М., Бернштейн М.С.** Повышение устойчивости круглых пил/ Обзор. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1973. – 52 с.
14. **Санев В.И.** Обработка древесины круглыми пилами. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 232 с.
15. **Якунин Н.К.** Подготовка круглых пил к работе. – М.: АО "БРИЗ", 1996. – 296 с.
16. **Стахивев Ю.М. и др.** Руководящие технические материалы по определению режимов резания древесины круглыми пилами. – Архангельск: ЦНИИМОД, 1988. – 74 с.
17. **Амалицкий В.В., Санев В.И.** Оборудование и инструмент деревообрабатывающих предприятий. – М.: Экология, 1992. – 480 с.
18. **Юрьев Ю.И., Моргачев А.М.** Организация инструментального хозяйства деревообрабатывающих предприятий: Учеб. пособие. – Л.: ЛТА, 1980. – 80 с.

Предметный указатель

- Абразивный инструмент 79
– структура 84
Балансировка инструмента 142
Вальцевание 120
Выбор шлифовального круга 98
Выпучина 112
Диспергирование 22
Долбяки 72
Долото 12, 77
Жесткость пилы поперечная 119
Закалка зубьев 45
Заточка зубьев 99
– инструмента 96
– ножей 105
– фрез 102
Затупление 19
Зернистость 81
Износ 19
– абразивный 23
– окислительный 22
– тепловой 22
Искривление полотна пилы 113
Карбид бора 80
Классификация инструмента 10
Колебания дисков 133
Коррозия электрохимическая 23
Критерий затупления 20
Кромки режущие 8
Круги шлифовальные 86
Лезвие 8
Лезвийный инструмент 9, 10
Материалы абразивные 79
– сверхтвердые 27
Место слабое 112
– тугое 112
Минералокерамика 27
Наплавка твердых сплавов 44
Напряженное состояние пилы 122
Насечка зубьев 92
Нож 12, 59
Ножевой вал 64, 69
Обозначение инструмента 11
Организация заточки 47
Отказ 20
Пайка ленточной пилы 110
– твердого сплава 41
Период стойкости 20
Пила 12
– дисковая 53
– коническая 57
– ленточная 51
– рамная 49
– строгальная 56
– твердосплавная 57
Плоскости координатные 13
Поверхности лезвия 8
Поворотные режущие пластины 44
Правка полотен 111
Превращения в стали 31
Припуск на заточку 97
Прокладки 150
Проковка пилы 128
Радиус закругления 20
Режим заточки 97
Резец 12
– токарный 73
Ремонт пил 163
Ряд числовой 13
Сварка пилы 108
Сверло 12, 70
Связка 82
Синтетические алмазы 80

- Система координат 13
- Сплавы твердые 26
- Стали инструментальные 25
- Стамеска 77
- Степень вальцевания 121
- Струги 74
- Тарельчатость пилы 116
- Твердость 29
- Термообработка стали 33
- Угловые параметры лезвия 9
- Углы инструментальные 15
 - кинематические 15
 - статические 15
- Установка пил круглых 154
 - пил ленточных 153
 - пил рамных 150
 - сверл 161
 - фрез 157
- Уширение зубьев 92
- Фланцы зажимные для пил 55
- Фрезы 12, 64
 - концевые 68
 - сборные 65
 - цельные 67
- Фуговка зубьев 94
- Хозяйство инструментальное 167
- Цепочки фрезерные 72
- Частота вращения пилы 134
- Шкурки 84
- Этапы износа 21

Глоссарий

Восстановление – приведение рабочей части режущего лезвийного инструмента в работоспособное состояние.

Выхаживание – процесс заточки лезвий с поперечной подачей, равной нулю. При выхаживании улучшается гладкость шлифованной поверхности, а также частично или полностью удаляется поверхностный слой, в котором произошли структурные изменения металла.

Главной секущей плоскостью P_r называется координатная плоскость, перпендикулярная линии пересечения основной плоскости и плоскости резания.

"Дереворежущий инструмент" – это учебная дисциплина для изучения конструкций инструментов, способов подготовки их к работе и эксплуатации.

Дисковый режущий инструмент - это инструмент в форме тела вращения, толщина которого меньше его диаметра.

Долото – одно- или многолезвийный режущий инструмент с режущими кромками на торце с возвратно-поступательным главным движением резания и поступательным движением подачи перпендикулярно оси главного движения резания. Долота применяются для обработки в древесине прямоугольных или квадратных гнезд.

Задней поверхностью лезвия называется поверхность, контактирующая в процессе резания с поверхностью резания (она обращена к обработанной поверхности). Если у лезвия имеется несколько задних поверхностей, то одна из них называется главной задней поверхностью, а остальные – вспомогательными задними поверхностями

Закалка – это процесс термической обработки стали, включающий операции нагрева стали до температуры выше критической точки A_{c1} , выдержки ее при этой температуре и последующего быстрого охлаждения.

Заточка – технологическая операция, предназначенная для восстановления режущих способностей лезвий, а также обеспечения нормативных угловых и линейных параметров.

Затупление лезвий характеризуется изменением их микрогеометрии в процессе резания. Износ и затупление - это явления взаимообуславливающие друг друга.

Зенкер – осевой многолезвийный режущий инструмент для обработки отверстий с вращательным главным движением резания и движением подачи вдоль оси главного движения резания. Зенкеры применяют для по-

вышения точности формы отверстия и увеличения его диаметра.

Износ - это величина, характеризующая изменение формы и размеров лезвия.

Инструмент с винтовым зубом имеет винтовую режущую кромку.

Инструментальная система координат ориентирована относительно лезвий режущего инструмента.

Инструментальной головкой называется сборный режущий инструмент, в котором предусмотрена регулировка размера рабочей части путем перемещения ножей.

Кинематическая система координат ориентирована относительно направления скорости результирующего движения резания.

Конический (торцовый) режущий инструмент выполнен в форме тела вращения с режущими кромками на конической (торцовой) поверхности.

Концентрация алмазного или эльборового абразивного инструмента – массовое содержание алмаза или эльбора в единице объема абразивного слоя. За 100%-ную концентрацию условно принято содержание алмаза (эльбора) в количестве 4,4 карата (0,887 г) в 1 см³ абразивного слоя.

Корпус - это часть режущего инструмента, несущая на себе все его элементы.

Косозубый инструмент имеет прямую режущую кромку, которая не перпендикулярна направлению скорости главного движения.

Кривой износа называется графическое изображение закономерности износа лезвий за время работы инструмента.

Критерий затупления характеризуется максимально допустимым значением износа режущего инструмента, после достижения которого, наступает его отказ, т.е. неработоспособное состояние.

Критические точки – это температуры, соответствующие фазовым превращениям в стали.

Лезвие – клиновидный элемент режущего инструмента.

Лезвийный инструмент называют **периферийным**, если лезвия его расположены на периферии корпуса, при расположении лезвий на торце - **торцовым** лезвийным инструментом, а при наличии на корпусе и тех и других зубьев - **периферийно-торцовым** инструментом.

Механическое диспергирование - истирание, отделение мелких частиц металла лезвия является основной причиной монотонного износа.

Нож – зуб лезвийного инструмента, изготовленный отдельно и образующий с корпусом лезвийного инструмента разъемное соединение. Это пластинчатый режущий инструмент, применяемый на станках фрезерных, строгальных, лущильных, стружечных, рубительных машинах и т. д.

Нормализация – термическая обработка стали, при которой изделие нагревают до температуры t_n , °С, а затем охлаждают на спокойном воздухе.

Нормальной секущей плоскостью P_n называется плоскость, перпендикулярная режущей кромке в рассматриваемой точке.

Отжиг II рода – это процесс термической обработки, заключающийся в нагревании стали до температуры выше фазовых превращений с после-

дующей выдержкой и медленным охлаждением.

Отказ режущего инструмента, т.е. его неработоспособное состояние, может быть стойкостным или точностным.

Отказ стойкостный – это постепенный отказ режущего лезвийного инструмента после достижения им критерия затупления.

Отказ точностный – постепенный отказ режущего лезвийного инструмента после достижения размером, формой или расположением обработанной поверхности предела поля допуска.

Отклонение от плоскостности (прямолинейности) – наибольшее расстояние от точек реальной поверхности (профиля) до прилегающей плоскости (прямой) в пределах нормируемого участка.

Отпуск - это процесс термической обработки, заключающийся в нагревании закаленной стали до температуры ниже фазовых превращений A_{c1} , выдержки ее при этой температуре и последующем охлаждении.

Пайка - процесс создания неразъемного соединения различных материалов в твердом состоянии путем заполнения капиллярного зазора между ними промежуточным металлом или сплавом в жидком состоянии, называемым припоем.

Передней поверхностью лезвия называется поверхность, контактирующая в процессе резания со срезаемым слоем и стружкой.

Период стойкости – это время резания новым или восстановленным режущим лезвийным инструментом от начала резания до отказа.

Пила – многолезвийный инструмент с рядом зубьев, не выступающих один над другим, предназначенный для продольного, поперечного и смешанного разрезания. Пила имеет форму диска, полосы, бесконечной ленты.

Пила для поперечного пиления. Основную работу при пилении выполняют боковые режущие кромки. Их затачивают со следующими углами наклона передних и задних поверхностей (углами косой заточки): 45° - при распиловке пиломатериалов хвойных пород; 55° - при распиловке пиломатериалов твердых пород; 65° - при распиловке бревен.

Пила для продольного пиления. Основную работу выполняют короткие режущие кромки зубьев. Роль боковых режущих кромок незначительна, поэтому их специально не затачивают.

Пластинчатый режущий инструмент имеет форму пластины.

Плоскость основная P_v – это координатная плоскость, проведенная через рассматриваемую точку режущей кромки перпендикулярно направлению скорости главного (или результирующего) движения резания.

Плоскость резания P_n – это координатная плоскость, проходящая через режущую кромку параллельно направлению скорости главного (результирующего) движения резания. Она перпендикулярна основной плоскости.

Плющение – это процесс раздавливания вершинки зуба пилы с целью его уширения.

Правка – это устранение искажений формы путем пластического деформирования металла корпуса пилы.

Профильным называется лезвийный инструмент, режущая кромка которого криволинейна и соответствует профилю детали.

Прямозубый инструмент имеет прямую режущую кромку, расположенную перпендикулярно направлению скорости главного движения.

Радиус закругления ρ есть радиус условно вписанной окружности в поверхность режущей кромки лезвия.

Развод – поочередный отгиб вершинных частей зубьев в разные стороны на участках $1/3 \dots 1/2$ от вершин.

Режущими кромками лезвия называют линии пересечения передней поверхности с задними. Часть режущей кромки, формирующая большую сторону сечения срезаемого слоя, называется главной режущей кромкой, остальные – вспомогательными режущими кромками. Главная режущая кромка пересекается со вспомогательными режущими кромками в **вершинах** лезвия.

Резец – однолезвийный инструмент для обработки с поступательным или вращательным главным движением резания и движением подачи в любом направлении. Резцы применяют для точения деталей на токарном или круглопалочном станках.

Сборный режущий инструмент выполнен с разъемным соединением его частей и элементов.

Сверло – осевой режущий инструмент для образования отверстий в материале при вращательном главном движении резания и движении подачи вдоль оси главного движения резания.

Связка – материал или совокупность материалов, применяемых для закрепления шлифовальных зерен в абразивном инструменте.

Секущей плоскостью схода стружки P_c называется плоскость, проходящая через направления схода стружки по передней поверхности лезвия и скорости резания в рассматриваемой точке режущей кромки.

Составной режущий инструмент выполнен с неразъемным соединением его частей и элементов.

Статическая система координат ориентирована относительно направления скорости главного движения резания, которое может быть не параллельно линии вершин лезвий.

Структура абразивного инструмента – его строение, характеризуемое количественным соотношением объема абразивных зерен, связки и пор в теле инструмента.

Твердость материала – сопротивление проникновению в его поверхность стандартного тела – наконечника (шарика, конуса), недеформирующегося при испытании.

Углом наклона режущей кромки λ называется угол в плоскости резания между режущей кромкой и основной плоскостью, если $\lambda \neq 0$, имеем косоугольное резание.

Угол задний α – угол в секущей плоскости между задней поверхностью и плоскостью резания.

Угол заострения β главный измеряется между передней и главной задней поверхностями. Вспомогательные углы заострения измеряются между передней и вспомогательными задними поверхностями.

Угол передний γ – угол в секущей плоскости между передней поверхностью лезвия и основной плоскостью (нормалью к плоскости резания).

Угол резания δ – угол в секущей плоскости между передней поверхностью и плоскостью резания, равный сумме углов α и β . Сумма углов резания $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$.

Уравновешивание (балансирование) предполагает совмещение физического центра тяжести инструмента с геометрическим и размещение его на оси вращения. Мерой неуравновешенности считают дисбаланс $D = mr$, г·см, т.е. произведение массы уравновешивающего груза m , г, смещенного относительно оси вращения, и радиуса смещения r , см.

Фреза – многолезвийный инструмент с вращательным главным движением.

Фуговка – это процесс выравнивания вершин зубьев по высоте (радиусу) и боковым поверхностям пилы.

Цельный режущий инструмент изготовлен из одной заготовки.

Цилиндрический режущий инструмент имеет форму тела вращения с режущими кромками на цилиндрической поверхности.

Шкурка состоит из тканевой или бумажной основы и абразивных зерен, удерживаемых на основе связкой (клеем).

Оглавление

Предисловие	3
Введение	4
ЧАСТЬ I. Общие сведения о дереворежущем инструменте	8
1. Основные понятия и определения	8
1.1. Лезвие	8
1.2. Дереворежущий инструмент	9
1.3. Классификация и обозначение инструментов	10
2. Линейные и угловые параметры режущих инструментов	12
2.1. Линейные размеры режущих инструментов	12
2.2. Координатные плоскости. Системы координат	13
2.3. Секущие плоскости	15
2.4. Положение режущей еолмки	16
2.5. Выводы	17
ЧАСТЬ II. Стойкость дереворежущего инструмента	19
3. Износ и затупление инструмента	19
3.1. Микрогеометрия лезвия	19
3.2. Критерий затупления	20
3.3. Период стойкости инструмента	20
3.4. Этапы износа лезвия	21
3.5. Физическая сущность износа	21
3.6. Выводы	23
4. Материалы для дереворежущего инструмента	24
4.1. Требования, предъявляемые к материалу	24
4.2. Инструментальные стали	25
4.3. Твердые сплавы	26
4.4. Выводы	28
5. Термическая обработка инструмента	29
5.1. Твердость	29
5.2. Компоненты и фазы в сплавах железа с углеродом	31

5.3. Превращения в стали при нагревании	31
5.4. Виды термической обработки стали	33
5.5. Технология термической обработки	34
5.6. Оборудование для термической обработки	38
5.7. Выводы	39
6. Способы повышения стойкости инструмента	40
6.1. Направления повышения стойкости инструмента	40
6.2. Оснащение зубьев инструмента пластинами твер- дого сплава	41
6.3. Применение сменных режущих пластин	44
6.4. Наплавка на лезвия литых твердых сплавов	44
6.5. Электроконтактная закалка зубьев пил	45
6.6. Электроискровое упрочнение инструмента	46
6.7. Электродуговое упрочнение инструмента	47
6.8. Организация заточки инструмента	47
6.9. Выводы	48
ЧАСТЬ III. Конструкции дереворежущего инструмента	49
7. Пилы	49
7.1. Пилы рамные	49
7.2. Пилы ленточные	51
7.3. Пилы круглые плоские для распиловки древесины	53
7.4. Пилы круглые строгальные	56
7.5. Пилы круглые конические	57
7.6. Пилы дисковые с твердосплавными пластинами	57
8. Ножи	59
8.1. Ножи для фрезерования плоских поверхностей	59
8.2. Ножи с пластинами из твердого сплава	60
8.3. Профильные ножи	61
8.4. Ножи луцильные, строгальные и линейки при- жимные	61
8.5. Ножи корообдирочные и коросниматели	63
8.6. Ножи рубильные	64
9. Фрезы, ножевые валы	64
9.1. Классификация	64

9.2. Фрезы сборные	65
9.3. Фрезы цельные	67
9.4. Фрезы концевые	68
9.5. Ножевые валы	69
10. Сверла	70
10.1. Назначение и классификация	70
10.2. Сверла спиральные с конической заточкой	71
10.3. Сверла спиральные с центром и подрезателями	71
11. Цепочки фрезерные и долбяки	72
11.1. Цепочки фрезерные	72
11.2. Долбяки	72
12. Токарные резцы	73
13. Ручной режущий инструмент	74
13.1. Струги	74
13.2. Долота и стамески	77
13.3. Сверла	78
13.4. Выводы	78
14. Абразивный инструмент	79
14.1. Общие сведения	79
14.2. Абразивные материалы	79
14.3. Зернистость	81
14.4. Связка	82
14.5. Твердость абразивных инструментов	83
14.6. Структура абразивного инструмента	84
14.7. Концентрация	84
14.8. Шкурки	84
14.9. Круги для шлифования древесины	86
14.10. Круги для заточки режущего инструмента	88
14.11. Выводы	90
ЧАСТЬ IV. Подготовка и эксплуатация режущего инструмента	92
15. Формирование профиля зубьев пил	92
15.1. Насечка зубьев пил	92

15.2. Уширение зубьев	92
15.3. Фуговка зубьев пил	95
15.4. Выводы	96
16. Заточка инструмента	96
16.1. Нагрев инструмента при заточке	96
16.2. Припуск на заточку	97
16.3. Параметры режима заточки	97
16.4. Выбор шлифовальных кругов	98
16.5. Заточка зубьев стальных пил	99
16.6. Заточка дисковых пил с твердосплавными пластинами	100
16.7. Заточка стальных фрез	102
16.8. Заточка твердосплавных фрез	104
16.9. Заточка ножей	105
16.10. Выводы	107
17. Соединение концов ленточной пилы	108
17.1. Сварка	108
17.2. Пайка	110
18. Правка полотен и дисков пил	111
18.1. Общие сведения	111
18.2. Дефекты полотна рамной пилы	112
18.3. Дефекты полотна ленточной пилы	113
18.4. Дефекты дисковых пил	115
18.5. Выводы	118
19. Повышение устойчивости пил	119
19.1. Общие сведения	119
19.2. Вальцевание рамных пил	120
19.3. Создание напряженного состояния ленточной пилы	122
19.4. Напряженное состояние в дисковых пилах	126
19.5. Проковка и вальцевание дисковых пил	128
19.6. Растяжение контура посадочного отверстия круглой пилы	130
19.7. Выполнение компенсационных прорезей в пилах	131
19.8. Выводы	132

20. Частота вращения дисковых пил	133
20.1. Формы колебаний дисков пил	133
20.2. Критическая частота вращения пилы	134
20.3. Критическая частота неравномерно нагретой пилы	135
20.4. Допустимая рабочая частота вращения пилы	139
20.5. Выводы	141
21. Балансировка вращающихся инструментов	142
21.1. Общие сведения	142
21.2. Статическая балансировка круглых пил и фрез	145
21.3. Балансировка концевых фрез	148
21.4. Балансировка фрезерных ножей	148
21.5. Выводы	149
22. Установка инструментов на станок	150
22.1. Установка рамных пил	150
22.2. Установка ленточных пил	153
22.3. Установка стальных дисковых пил	154
22.4. Установка дисковых пил с пластинами из твердого сплава	156
22.5. Установка фрез	157
22.6. Установка насадной фрезы и качество обработки	159
22.7. Установка сверл и концевых фрез	161
22.8. Выводы	162
23. Ремонт режущего инструмента	163
23.1. Ремонт рамных пил	163
23.2. Ремонт ленточных пил	164
23.3. Ремонт стальных круглых пил	165
23.4. Ремонт дисковых пил с пластинками из твердого сплава	165
23.5. Выводы	166
24. Организация инструментального хозяйства	167
24.1. Системы организации инструментального хозяйства	167
24.2. Структура инструментального хозяйства	167

24.3. Определение потребности в дереворежущем инструменте	168
24.4. Годовая потребность в абразивном инструменте	173
24.5. Расчет запасов	174
24.6. Определение численности работающих инструментального цеха	175
24.7. Расчет потребного количества оборудования	179
24.8. Площадь инструментального цеха	181
Заключение	182
Библиографический список	183
Предметный указатель	184
Глоссарий	186

Иван Тихонович Глебов

Дереворежущий инструмент

Редактор Р.В. Сайгина

Подписано в печать 12. 02. 02. Формат 60 x 84 1/16.
Бумага тип. №1. Печать офсетная. Уч.– изд. л.10,4.
Усл. печ. л. 11,2. Тираж 300 экз. С.№3. Заказ .

Уральский государственный лесотехнический университет
620032, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37.

ОАО "Полиграфист", г. Екатеринбург, Тургенева, 20