



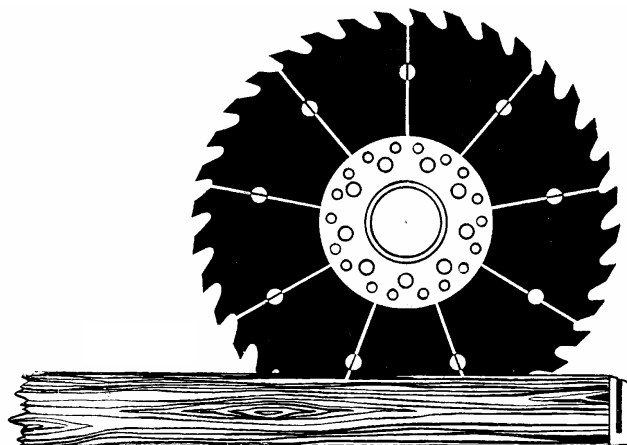
И. Т. Глебов, Д. В. Неустроев

СПРАВОЧНИК

ПО

дереворезающему

инструменту



**МИНИСТЕРСТВО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Уральская государственная лесотехническая академия**

И.Т. Глебов, Д.В. Неустроев

**Справочник
по
дереворежущему
инструменту**

Екатеринбург 2000

УДК 674. 05: 621. 9 (075. 32)

Справочник по дереворежущему инструменту/ Глебов И. Т., Неустроев Д. В.; Урал. гос. лесотехн. акад. Екатеринбург, 2000. 253 с. ISBN 5–230–25674–5.

В справочнике 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. 103. Табл. 86. Библиогр.: 41 назв.

Печатается по решению редакционно–издательского совета Уральской государственной лесотехнической академии.

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

Рецензенты: кафедра производственного обучения Уральского государственного профессионально–педагогического университета, Брусин Н. А., директор научно–производственной внедренческой фирмы УРАЛДРЕВ–ИНТО, канд. техн. наук

ISBN 5–230–25674–5
ЛР N020371 от 12. 02. 97

© Уральская государственная
лесотехническая академия, 2000

Предисловие

Эта книга предназначена для студентов специальностей 170402, 260200 лесотехнических вузов, изучающих конструкции и эксплуатацию дереворежущего инструмента. Книга может быть использована также инженерно-техническими работниками в своей практической деятельности.

В настоящее время студентам для выполнения учебных проектов рекомендуются “Справочник мастера-инструментальщика деревообрабатывающего предприятия” (В. Ф. Фонкин, 1984) и справочник “Дереворежущий инструмент” (В. Г. Морозов, 1988). Однако эти книги, во-первых, предназначены для рабочих и ИТР, а во-вторых, они уже устарели.

Предлагаемая книга имеет дидактическую направленность. Она предназначена для систематического чтения, повторения пройденного материала и позволит не только быстро получить справку, но и вспомнить забытый материал. Для повторения по разделам приведены контрольные вопросы.

Книга не претендует на роль учебника, и поэтому основная часть вопросов в ней изложена без логических рассуждений и доказательств.

Тема книги рассматривается авторами как подсистема, то есть как один из разделов целого, и поэтому материал излагается в тесной взаимосвязи с другими частями системы – резанием древесины, станками и приспособлениями.

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

Введение

При обработке древесины резанием лезвия режущего инструмента, преодолевая силы трения, нагреваются, истираются, затупляются, нагревают корпус инструмента, например пилы, которая теряет жесткость и устойчивость в работе. Указанные явления возникают не мгновенно, а развиваются постепенно во времени.

Если режущий инструмент с острыми режущими кромками установлен на деревообрабатывающем станке, а на станке начинают обработку заготовок с некоторым первоначальным режимом, то во время работы по мере затупления лезвий режим резания непрерывно изменяется. Многие параметры, характеризующие работу станка, меняются. На рис. 1 показано изменение некоторых из них во времени.

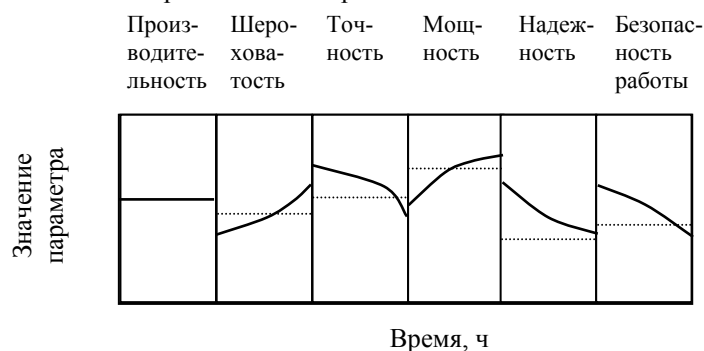


Рис. 1. Изменение параметров работы станка во времени

Производительность станка по времени может не меняться, но шероховатость обработанной поверхности увеличивается за счет вырывов волокон древесины и появления длинных опережающих трещин. Численное значение шероховатости может превысить допустимое значение (на рис. 1 показано пунктирной линией), что приведет к появлению брака размеров обрабатываемой детали в течение работы режущего инструмента непрерывно понижается за счет увеличивающихся сил резания и износа лезвия. Фактические размеры детали могут выйти за границы предельных отклонений. Это тоже ведет к образованию брака.

Мощность механизма резания по мере затупления лезвий инструмента непрерывно растет и может превысить значение установленной. Увеличение мощности вызывает повышенный нагрев двигателя и его аварийную остановку.

Надежность работы инструмента и станка понижается из-за увеличения сил резания.

Надежность – это комплексное свойство, которое включает в себя безотказность, долговечность и ремонтпригодность. **Безотказность** – свойство инструмента сохранять режущие способности в течение некоторого времени. Во время работы инструмента его лезвия непрерывно затупляются, и степень их затупления приближается к некоторому пределу, который и характеризует предел режущих способностей. Дальнейшая работа инструментом вызывает перегрузку двигателей и узлов станка, а также приводит к появлению бракованных деталей.

Долговечность инструмента характеризуется степенью его износа.

Безопасность работы режущего инструмента по мере его затупления непрерывно понижается. При работе затупленным инструментом силы резания возрастают и опасность вырыва, выброса заготовки увеличивается.

Таким образом, многие факторы, характеризующие режим резания и конструкцию станка, зависят от режущего инструмента, его способности долгое время сохранять режущие свойства.

Требования, предъявляемые к дереворежущему инструменту. Дереворежущий инструмент оптимальной конструкции должен удовлетворять следующим требованиям [1].

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 (поводка 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 [2, 3] – это клинообразный элемент режущего инструмента, предназначенный для проникновения в материал и отделения срезаемого слоя. Элементами лезвия являются передняя поверхность, одна или несколько задних поверхностей, режущие кромки и углы.

Лезвие в поперечном сечении имеет форму клина. Его элементами являются передняя поверхность, одна или несколько задних поверхностей, режущие кромки и углы.

Передней поверхностью лезвия A_γ называется поверхность лезвия, контактирующая в процессе резания со срезаемым слоем и стружкой (рис. 2).

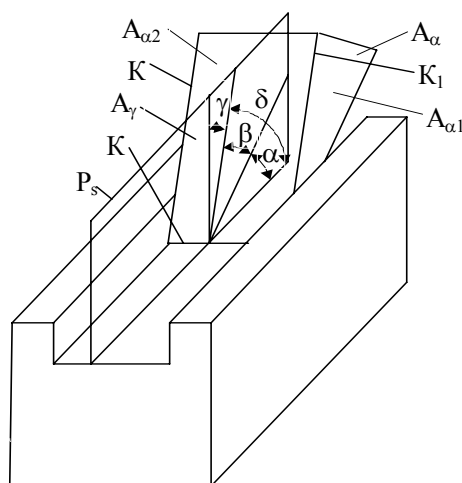
Задней поверхностью лезвия A_α называется поверхность лезвия, контактирующая в процессе резания с поверхностью резания (она обращена к обработанной поверхности). Если у лезвия имеется несколько задних поверхностей, то одна из них называется главной задней поверхностью A_α , а остальные – вспомогательными задними поверхностями $A_{\alpha 1}, A_{\alpha 2}$.

Режущими кромками лезвия инструмента 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 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. 2).



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
 $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$.

Рис. 2. Элементы лезвия

1.2. Координатные плоскости. Системы координат

Угловые параметры лезвия в рабочей документации на инструмент, при изготовлении и контроле инструмента, установке его в станок и в процессе резания измеряются в прямоугольной системе координат $P_v t P_n$, где P_v – основная плоскость; t – рассматриваемая точка режущей кромки; P_n – плоскость резания.

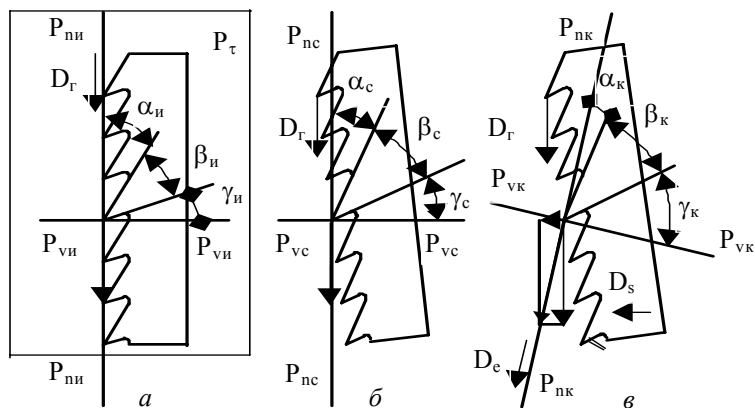
Основная плоскость P_v – это координатная плоскость, проведенная через рассматриваемую точку режущей кромки перпендикулярно направлению скорости главного (или результирующего) движения резания.

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 $P_{vt}P_{ni}$, статическую $P_{vc}tP_{ni}$ и кинематическую $P_{vkt}P_{nk}$.

Инструментальная система координат ориентирована относительно лезвий режущего инструмента (рис. 3, а). Она применяется при изготовлении и контроле режущих элементов инструмента. При работе с этой

системой координат принимают, что направление скорости главного движения резания проходит через режущие кромки касательно к окружности их вращения или вдоль режущих кромок (при расположении их вдоль пря-



мой 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. 3, *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. 3, *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, их называют соответственно инструментальный передний или задний угол (γ_w , α_w), статический передний или задний угол (γ_c , α_c), кинематический передний или задний угол (γ_k , α_k).

1.3. Секущие плоскости

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

Главной секущей плоскостью P_τ называется координатная плоскость, перпендикулярная линии пересечения основной плоскости и плоскости резания. На рис. 4, а она совпадает с плоскостью чертежа. В инструментальной системе координат она называется инструментальной главной секущей плоскостью $P_{\tau i}$, в статической – статической главной секущей плоскостью $P_{\tau c}$, в кинематической – кинематической главной секущей плоскостью $P_{\tau k}$.

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 становится важным для некоторых процессов, связанных с рациональным отводом стружки.

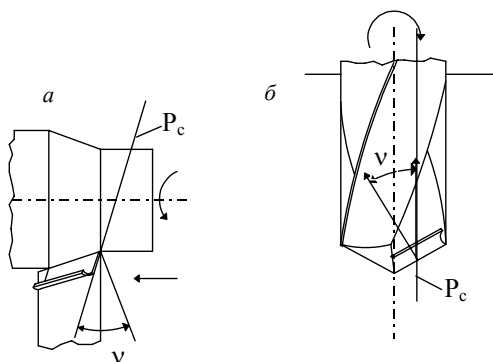


Рис. 4. Углы схода стружки:
а – точение; б – сверление

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, б).

1.4. Взаимосвязь углов резания, измеряемых в различных секущих плоскостях

На рис. 5 показан процесс резания скошенным лезвием. Режущая кромка K лезвия наклонена к основной инструментальной плоскости P_{vi}

под углом λ . На схеме указаны секущие плоскости: инструментальная главная P_n , нормальная $P_{\text{н}}$, а также рабочая плоскость P_s .

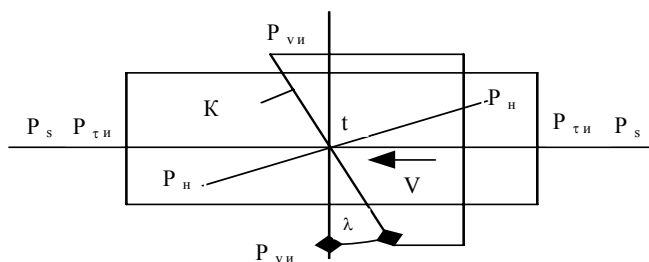


Рис. 5. Резание скошенным лезвием

Задний угол α и угол резания δ в указанных секущих плоскостях взаимосвязаны следующими формулами [1]:

$$\operatorname{tg} \alpha_{\tau} = \operatorname{tg} \alpha_n \cos \lambda, \quad \operatorname{tg} \delta_{\tau} = \operatorname{tg} \delta_n \cos \lambda. \quad (1)$$

1.5. 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. 6)).

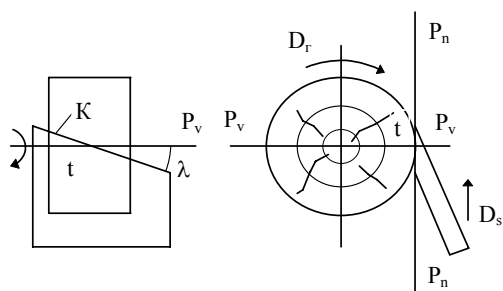


Рис. 6. Наклон режущей кромки к основной координатной плоскости P_v

Углом в плане φ называется угол в основной координатной плоскости P_v между режущей кромкой (плоскостью резания) и рабочей плоскостью P_s (рис. 7).

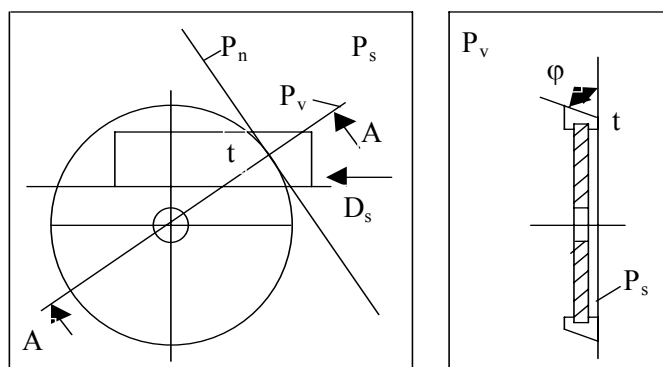


Рис. 7. Угол в плане режущих кромок пилы

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

1.6. Дереворежущий инструмент

Дереворежущий инструмент – это инструмент для обработки древесины и древесных материалов резанием. Конструктивно в общем случае он включает в себя корпус, рабочую и крепежную части.

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

Рабочая часть содержит лезвия режущего инструмента.

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

1.7. Виды режущих инструментов

Режущий инструмент может быть лезвийным или абразивный. **Лезвийный режущий инструмент** согласно ГОСТ 25751-83 имеет заданное число лезвий установленной формы. **Абразивный режущий инструмент** на рабочей поверхности содержит неопределенное число частиц абразивного материала.

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

Дисковый режущий инструмент – это инструмент в форме тела вращения, осевая линия 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.

Режущие инструменты могут быть цельными, составными и сборными.

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.

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

1.8. 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, форма режущей кромки которого определяется формой обработанной поверхности 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 перпендикулярная направлению скорости главного движения. У **косозубого** инструмента режущая кромка прямая и неперпендикулярная направлению скоро-

сти главного движения. У инструмента с винтовым зубом режущая кромка является винтовой линией.

Основные виды и разновидности лезвийных инструментов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Виды лезвийных режущих инструментов

Режущий инструмент	Определение	Характеристика
1. Пила	Многолезвийный инструмент с рядом зубьев, не выступающих один над другим, предназначенный для продольного, поперечного и смешанного разрезания.	Пила имеет форму гибкого диска, полосы, бесконечной ленты при вращательном, возвратно-поступательном или прямолинейном главном движении резания
2. 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.
3. Фреза	Лезвийный инструмент для обработки с вращательным главным движением без возможности изменения радиуса траектории этого движения и хотя бы одним движением подачи, направление которого не совпадает с осью вращения	Фрезы применяют для обработки плоских или профильных поверхностей деталей на станках фрезерных, фуговальных, рейсмусовых, шипорезных и т. д.
4. Сверло	Осевой режущий инструмент для образования отверстий в сплошном материале при вращательном главном движении резания и движении подачи вдоль оси главного движения резания	Сверла применяют для образования отверстий или для увеличения их диаметра

Окончание табл. 1

Режущий инструмент	Определение	Характеристика
5. 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
6. 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
7. 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 станке

1.9. Конструктивные элементы лезвийного инструмента

Определения некоторых конструктивных элементов лезвийного инструмента по ГОСТ 25751-83 приведены в табл. 2.

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.

Конструктивные элементы лезвийного инструмента

Термин	Определение
1. Зуб	Выступ на многолезвийном инструменте, содержащий лезвие
2. Затылованный зуб	Зуб лезвийного инструмента, форма задней поверхности лезвия которого обеспечивает постоянство профиля режущей кромки при повторных заточках по передней грани
3. Незатылованный зуб	Зуб лезвийного инструмента с задней поверхностью, форма которой не обеспечивает постоянство профиля режущей кромки при повторных заточках по передней грани
4. Режущий зуб	Зуб лезвийного инструмента для удаления с заготовки заданного слоя припуска
5. Периферийный зуб	Зуб лезвийного инструмента, выступающий из корпуса в радиальном направлении
6. Торцовый зуб	Зуб лезвийного инструмента, выступающий из корпуса в осевом направлении
7. Винтовой зуб	Зуб лезвийного инструмента, режущая кромка которого является винтовой линией
8. Ленточка лезвия	Сравнительно узкий участок задней поверхности лезвия вдоль режущей кромки с меньшим значением заднего угла по сравнению с основной частью задней поверхности
9. Фаска лезвия	Сравнительно узкий участок передней поверхности лезвия вдоль режущей кромки с меньшим значением переднего угла по сравнению с основной частью передней поверхности

1.10. Классификация и обозначение инструментов

Для обозначения серийно выпускаемых дереворежущих инструментов принята десятичная система классификации [4]. Эта система предусматривает следующие ступени классификации: группа, подгруппа, вид, разновидность. Каждая ступень классификации поделена десятию (0, 1, 2, 3, ..., 8, 9) цифровыми характеристиками.

Дереворежущий инструмент помещен в третью группу и обозначается цифрой 3. Группа 3 включает 10 следующих подгрупп: 30 – детали и узлы сборного инструмента; 31 – ножи, резцы; 32 – фрезерный инструмент; 33 – сверлильный, зенкерный, долбежный инструменты; 34 – пилы; 35 – зуборезный инструмент; 36 – резьбонарезной инструмент; 37 – резерв; 38 – ручной режущий инструмент; 39 – прочий инструмент.

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.

2. Принцип конструирования дереворежущего инструмента

2.1. Заводы-изготовители

Нормализованный дереворежущий инструмент изготавливается на инструментальных заводах (табл. 3).

Таблица 3

Заводы-изготовители режущего инструмента

Сокращенное наименование	Полное название	Адрес	Выпускаемый инструмент
1. ГОПМЗ	Горьковский опытно-промышленный металлургический завод	603600, г. Н. Новгород, ГСП – 1001	Пилы, ножи, резцы, линейки, лущильные
2. ТЗРИ	Томский завод режущих инструментов	634034, г. Томск, ул. Нахимова 8	Фрезы насадные, концевые, сверла

3. КПЗДИ	Каменец-Подольский завод деревообрабатывающего инструмента	281900, г. Каменец-Подольский, ул. Ленина 1,а	Фрезы насадные, сверла, цепочки, ножи, резцы, пилы круглые с пластинками твердого сплава
----------	--	---	--

2.2. Проектирование инструмента

Деревообрабатывающие предприятия часто разрабатывают нестандартный режущий инструмент. При этом делаются рабочие чертежи инструмента, выполняется расчет инструмента на прочность и жесткость, проводится расчет допусков на точность изготовления и установку инструмента, а также составляются технические условия на приемку инструмента.

Рабочие чертежи выполняются в соответствии со стандартами ЕСКД. Для многолезвийного инструмента, например пилы, на общем виде можно показать только 2...3 зуба, не вычерчивая остальных. В этом случае отдельно делается чертеж одного зуба в большем масштабе с отдельными необходимыми видами, разрезами, размерами.

Чертежи выполняются с учетом рядов нормальных линейных размеров, посадочных отверстий, хвостовиков и т. д.

2.3. Технические условия на приемку инструмента

Технические условия рекомендуются составлять по следующей схеме [5].

1. Введение. В нем указывается, на какой режущий инструмент распространяются данные технические условия.

2. Размеры и допускаемые отклонения. В этом разделе подтверждаются проставленные на чертеже размеры и допуски. Указываются допуски на свободные размеры, угловые параметры. Приводятся наружный диаметр и диаметр посадочного отверстия, допуски параллельности, перпендикулярности, радиального и осевого биений, требования к балансировке и др.

3. Внешний вид. Указываются требования к шероховатости поверхностей инструмента, допустимость раковин, забоев, зазубрин и других подобных дефектов, величины фасок, закруглений. Уточняется качество заточки и доводки лезвий.

4. Материал. Указывается марка стали и ГОСТ на нее.

5. Структура и твердость. Приводятся требования к твердости и структуре металла режущего инструмента после термической обработки.

6. Маркировка. Указывается место нанесения маркировки, метод нанесения и ее содержание.

7. Правила контроля. Приводится перечень контрольно-измерительных инструментов, приборов, необходимых для проверки требований по каждому пункту технических условий. Рекомендуются методы контроля

материала, структуры, твердости. Указываются правила проверки химического состава материала, его структуры, места и количества измерений твердости.

8. Упаковка. Приводятся требования по упаковке.

Контрольные вопросы

Как отражается работа режущих инструментов на параметрах режимов обработки и конструкций станков?

Перечислите требования, предъявляемые к современному режущему инструменту.

Что такое лезвие режущего инструмента?

Какие координатные плоскости используются при определении угловых параметров лезвий?

Дайте определения угловых параметров лезвий. Правда ли, что сумма углов $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$?

Назовите части дереворежущего инструмента, поясните их функциональное назначение.

Назовите виды дереворежущих инструментов по характеру обработки древесины резанием.

Какой инструмент называется лезвийным и абразивным?

Дайте определения следующим видам дереворежущего инструмента: дисковый, цилиндрический, конический, торцовый, пластинчатый, цельный, составной, сборный.

Назовите конструктивные элементы режущего инструмента.

Чем отличается затылованный зуб от незатылованного?

Чем отличается ленточка от фаски лезвия?

Поясните принцип классификации и обозначения инструментов.

Поясните содержание технических условий и приемку режущего инструмента.

3. Износ и затупление инструмента

3. 1. Микрогеометрия лезвия

Лезвие режущего инструмента, производя срезание припуска с обрабатываемой заготовки, под действием сил трения подвергается износу [6].

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 мг. **Затупление** лезвий характеризуется изменением их микрогеометрии в процессе резания. Линейные показатели из-

носа на процесс резания не влияют. Здесь важна микрогеометрия затупившегося лезвия.

Износ и затупление – это явления взаимообуславливающие друг друга.

Параметрами износа и затупления служат (рис. 8) 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 закругления условно вписанной окружности в поверхность режущей кромки лезвия. Численное значение радиуса закругления принято считать мерой остроты лезвия.

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

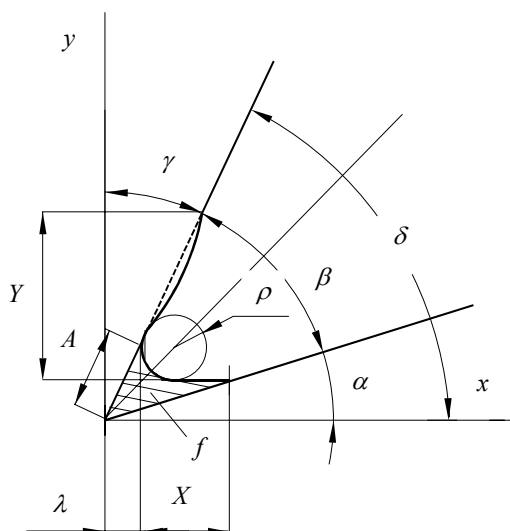


Рис. 8. Параметры износа и затупления лезвия

3. 2. Критерий затупления

Радиус закругления лезвия не может в полной мере характеризовать работоспособность режущего инструмента. Одно и то же лезвие для одних условий считается тупым, неработоспособным, а для других условий – достаточно острым и работоспособным. Понятия работоспособность и за-

тупление 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.

Стойкостной отказ – это постепенный отказ режущего лезвийного инструмента после достижения им критерия затупления.

Точностной 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

$$R = T i = \frac{TH}{h}, \quad 2)$$

где T – период стойкости, ч;

i – число допустимых переточек;

H – допустимая величина стачивания рабочей части инструмента, мм;

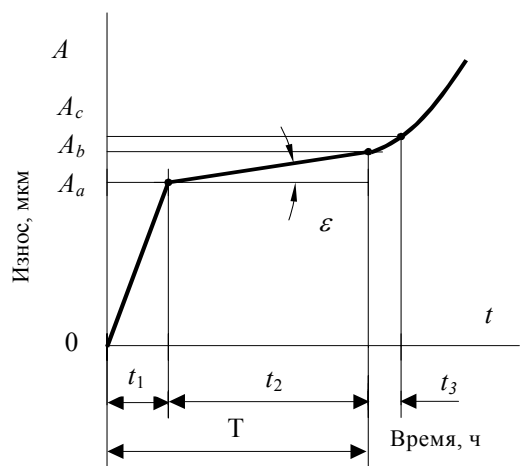
h – толщина слоя, удаляемого за одну заточку, мм.

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 9. Кривые износа можно построить по каждому параметру износа и затупления. 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 $O A a$, период монотонного износа t_2 , соответствующий монотонному износу $A a A b$, 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 происходит на отдельных ее участках. Сначала возникают выкрошины малых размеров и глубин, затем с увеличением сил резания образуются выломы больших размеров.

Рис. 9. Кривая износа лезвия

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

$$T_c = t_1 + t_2.$$

3)

3.5. Температура на поверхности лезвий

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.

Численные значения температуры на лезвиях фрезерных ножей приведены ниже [6]:

Удаление					
от	0	15	30	10	50
лезвий,			...50	0...140	0...600
мкм					
Темпера-	80	60	40	25	24
тура, °С	0...840	0	0...550	0...400	0...300

Температура на лезвиях зубьев дисковых пил достигает 700...850°С, на зубьях концевых фрез – 700...800°С.

3.6. 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. 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, вызванные нагревом лезвий, создают благоприятные условия для диффузии кислорода в ме-

талл и образования пленок. Наиболее вязкоподвижная часть продуктов превращения, имеющая серый цвет, 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 коррозия. Статическое электричество, возникающее при резании в результате трения лезвия о древесину, может привести к искровым разрядам и электролитному 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.

Контрольные вопросы

Что такое износ лезвий инструмента?

Что такое затупление лезвий?

Назовите параметры, характеризующие износ и затупление лезвий.

Дайте определение критерия затупления.

Как вы понимаете следующие понятия: отказ инструмента стойкостью и точностной, восстановление инструмента, период стойкости и полный период стойкости?

Назовите этапы износа и чем они отличаются.

Как распределяется температура по поверхности лезвия при резании?

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 [7]:

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

высокая усталостная прочность, обеспечивающая способность сопротивляться циклически изменяющимся контактным 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. Инструментальная углеродистая сталь

Выпускается два класса углеродистой стали: качественная и высококачественная. Последняя сталь отличается меньшим содержанием вредных примесей серы и фосфора. Углеродистую сталь применяют главным образом для изготовления ручного режущего инструмента. Марки сталей и их химический состав приведены в табл. 4 [8].

Таблица 4

Сталь инструментальная углеродистая
(по ГОСТ 1435-74)

Класс стали	Марка стали	Химический состав в процентах							
		C	Mn	Si	S	P	As	Cu	Ni
Качественная	8	0,2	0,2	0,1	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03
	10	0,29	0,1	0,1	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03
	12	0,24	0,1	0,1	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03
Высококачественная	8А	0,2	0,1	0,1	0,015	0,02	0,02	0,02	0,03
	10А	0,29	0,1	0,1	0,015	0,02	0,02	0,02	0,03
	12А	0,24	0,1	0,1	0,015	0,02	0,02	0,02	0,03

Влияние отдельных компонентов на свойства стали показано в табл. 5. Символы плюс означают улучшение, минус – ухудшение того или иного свойства.

Сера и фосфор – вредные примеси стали. Сера делает сталь хрупкой при высоких температурах, а фосфор усиливает хрупкость в обычных ус-

ловиях. Основным недостатком углеродистых сталей – их небольшая прокаливаемость, примерно до 5...10 мм и низкая теплостойкость. При нагреве выше 200°С их твердость резко снижается.

4.3. 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. Влияние легирующих добавок на свойства стали показано в табл. 6 [7].

Таблица 5

Влияние компонентов на свойства углеродистой стали

Компоненты	Твер-	Проч	Пластич-	Прока-
	дость	ность	ность	
Углерод	+	+	-	0
Марганец	+	+	-	+
Кремний	+	+	-	+
	-	0	+	+
Хром	-	0	+	+
Медь	-	-	-	-
Никель	-	-	-	-
Сера				
Фосфор				

Таблица 6

Влияние легирующих добавок на свойства легированных сталей

Легирующие добавки	Твер-	Пластич-	Теплостой-	Прока-	Чувствитель-	Износостой-
	дость	ность	кость	ливаемость	ность к перегреву	кость
Хром	+	-	0	+	+	+
Вольфрам	+	0	+	+	+	+
Никель	-	+	0	+	-	0
	+	+	0	+	0	0
Ванадий	+	+	+	+	+	0
	+	+	0	-	-	+

Мо-	+	0	0	0	0	+
либден	+	-	0	+	-	+
Ко-						
бальт						
Титан						
Марга-						
нец						

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%.

4.4. 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 %.

Быстрорежущая сталь обозначается буквой Р, цифра, следующая за буквой – среднее содержание вольфрама в процентах (Р18, Р9 и т. д.).

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

4.5. Стали для дереворежущих инструментов

Марки сталей, применяемых для изготовления основных видов дереворежущего инструмента, приведены ниже [9].

Инструмент	Марки стали
Пилы рамные, ленточные, дисковые	9ХФ, У10А (заменитель для пил ленточных столярных)
Ножи:	8Х6НФТ, Х6ВФ, 9ХФ,
фрезерные	9Х5ВФ
стружечные	8Х6НФТ, 9Х6ВФТ,

луцильные		6Х6В3МХС
гильотинные		8Х6НФТ, 85ХФ
строгальные		8Х6НФТ, 85ХФ
корообдирочные		85ВФ
рубильные		9Х1, 6ХС
Фрезы	цельные	6Х6В3НФС
.....		Х6ВФ, 9Х5ВФ, 9ХВФ
Фрезы	концевые	Х6ВФ
.....		Х6ВФ, Р6М5
Сверла.....		Х6ВФ, 9ХФ
Цепочки	фрезерные	
.....		

4.6. Литые твердые сплавы

К этим сплавам относятся стеллиты и сормаиты. Стеллиты (ВЗКР, ВЗК) представляют собой сплав на кобальтовой, а сормаиты (№1, №2) – на железистой основах. 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 сплавов ВЗКР – в 6...7 раз.

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

4.7. Металлокерамические твердые сплавы

Получают при спекании прессованных 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°С), 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 [9].

4.8. Сверхтвердые материалы

Выпускаются следующие марки сверхтвердых материалов: композит 01 (торговое название "Эльбор Р"), композиты 05 и 10 (гексанит Р).

Отличаются высокой твердостью, износо- и теплостойкостью, стойкостью к действию кислот и щелочей. При этом они имеют пониженные

механические свойства, низкий коэффициент линейного расширения и плохо смачиваются припоями.

Контрольные вопросы

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.

5. Термическая обработка инструмента

5.1. Твердость

Твердость материала – сопротивление проникновению в его поверхность стандартного тела – наконечника (шарика, конуса), недеформирующегося при испытании [10, 11].

Твердость 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:

$$HB = \frac{P}{F} = \frac{2P}{\pi D \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)}. \quad (4)$$

В обозначении HB символ H – начальная буква от слова Hardness (твердость), 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 $TШ$. Диаметр отпечатка измеряют с точностью до 0,01 мм. Число твердости находят по таблицам. Размерность

числа твердости (Н/мм^2) 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 $450\ HB$.

Твердость по Роквеллу (ГОСТ 9013-59) определяют твердомером ТК по глубине вдавливания стального шарика диаметром $1,59$ мм или алмазного конуса в испытуемую шлифованную поверхность. Твердость 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 C_s по Роквеллу (ГОСТ 8.064-79). Твердость, измеренную по шкале C_s , воспроизводимой этим эталоном, обозначают HRC_s . При переводе чисел твердости HRC в числа твердости HRC_s , следует пользоваться табл. 7. Пример обозначения $60\ HRC_s$, где 60 – число твердости; HR – твердость по Роквеллу; C_s – 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 :

$$HV = \frac{P}{F} = \frac{2P \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} = 1,8544 \frac{P}{d^2}, \quad (5)$$

где d – длина диагонали отпечатка, мм.

Таблица 7

Соотношение твердости по различным способам определения (ориентировочно)

HB	HRC	HRC ₃	HV	HB	HRC	HRC ₃	HV	HB	HRC	HRC ₃	HV
207	18	20,2	209	302	33	34,8	305	477	49	50,3	534
212	19	21,2	213	311	34	35,7	312	495	51	52,2	551
217	20	22,1	217	321	35	36,7	320	512	52	53,2	587
223	21	23,1	221	332	36	37,7	335	532	54	55,2	606
229	22	24,1	226	340	37	38,6	344	555	56	57,1	649
235	23	25,0	235	351	38	39,6	361	578	58	58,7	694
241	24	26,0	240	364	39	40,6	380	600	59	59,0	746
248	25	27,0	250	375	40	41,5	390	627	61	62,0	803
255	26	28,0	255	387	41	42,5	401	652	63	63,9	867
262	27	28,9	261	402	43	44,5	423	–	65	65,8	940
269	28	29,9	272	418	44	45,5	435	–	67	67,8	1021
277	29	30,9	278	430	45	46,4	460	–	69	–	1114
286	30	31,8	285	444	47	48,4	474	–	72	–	1220
293	31	32,8	291	460	48	49,3	502	–	–	–	–

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 с координационным числом К8, т. е. числом атомов, расположенных на ближайшем одинаковом расстоянии от любого атома в решетке. Такое железо называют альфа-железом и обозначают Fe_{α} .

При температуре 911°C происходит превращение решетки объемно-центрированной кубической в гранцентрированную кубическую с К12. 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 гранцентрированной кубической в объемно-центрированную кубическую, которая сохраняется до температуры плавления 1539°C. Эту модификацию железа называют Fe_{α} и Fe_{δ} .

Железо обладает невысокой твердостью и прочностью: HB 80, $\sigma_{\delta} \approx 250$ 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 [10, 12]. для этого понадобится не вся диаграмма, а только ее левая нижняя часть, ограниченная содержанием углерода 2,14% (рис. 10).

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

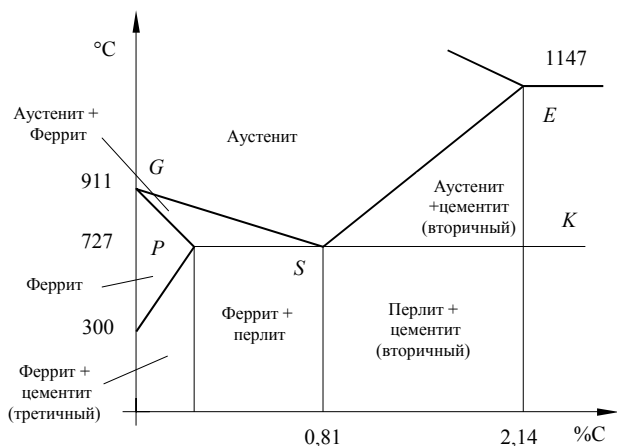


Рис. 10. Начало диаграммы железо-цементит

Эвтектикой 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 $HB =$

тита, 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 **троститом**.

Твердость тросрита $HB = 270...450$.

Феррито-карбидную смесь дисперсностью между перлитом и троститом называют **сорбитом**. Его твердость $HB = 270...320$.

Дозэвтектоидная 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.

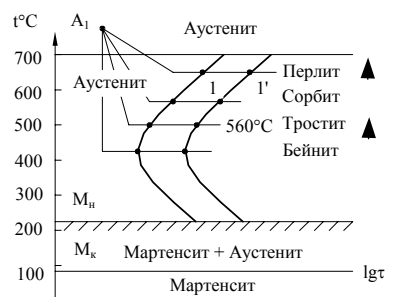
Точка A_3 лежит на линии *GS*. Здесь происходит превращения феррита в аустенит. Температура превращения зависит от содержания углерода в доэвтектоидной стали.

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. Превращения аустенита при охлаждении

Время, температуру и материал превращения при охлаждении стали находят по диаграммам **изотермического превращения аустенита** (С-образным диаграммам). Такие диаграммы для всех выпускаемых промышленностью марок сталей помещены в справочниках по термической обработке.



На рис. 11 приведена диаграмма изотермического превращения аустенита для эвтектоидной стали (0,8 % C).

Рис. 11. Диаграмма изотермического превращения аустенита для эвтектоидной стали (0,8 % C)

Диаграмма построена в осях координат: температура, °C, и время в логарифмической шкале. Левая C-образная кривая диаграммы показывает начало распада переохлажденного аустенита, правая C-образная кривая – конец превращения. Между кривыми расположена область начавшегося, но не закончившегося превращения. Смесь содержит аустенит и продукты его распада. Горизонтальные отрезки 1 – 1' показывают длительность процессов превращений.

Скорость превращения зависит от степени переохлаждения стали. Если сталь нагреть до аустенитного состояния, а затем незначительно переохладить, например на 23°C, то превращение переохлажденного аустенита будет проходить при 700°C. В результате превращения аустенита образуется механическая смесь двух фаз – феррита и цементита, состав которых отличается от состава исходного аустенита. Аустенит эвтектоидной стали содержит 0,8% C, а образующиеся фазы – феррит ~ 0,02% C, цементит – 6,67% C. Это превращение является диффузионным.

При температуре превращения ~ 650°C получается сорбит, при переохлаждении стали до 560°C превращение заканчивается троститом, а далее бейнитом.

Максимальная скорость превращения соответствует превращению стали ниже первой критической точки A_1 на 150...200°C. При дальнейшем понижении температуры (ниже 500°C) скорость диффузии убывает. При температурах около 200...240°C диффузия практически прекращается.

При больших степенях переохлаждения, например 230°C происходит бездиффузионное превращение гамма-железа Fe_γ в альфа-железо Fe_α . В этом случае весь углерод, растворенный в решетке аустенита, остается в решетке феррита. Так как максимальная растворимость углерода в α -железе не превышает 0,02%, а в исходной фазе – аустените – углерода может

содержаться до 2,14%, то образуется пересыщенный твердый раствор – мартенсит.

Мартенсит – это пересыщенный твердый раствор углерода в α -железе.

Образование мартенсита начинается в точке M_n и заканчивается в точке M_k .

5.5. 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 химически неоднородной 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. 12, 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. 12, б). Применяют закалку для повышения твердости стали.

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. 12, 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.

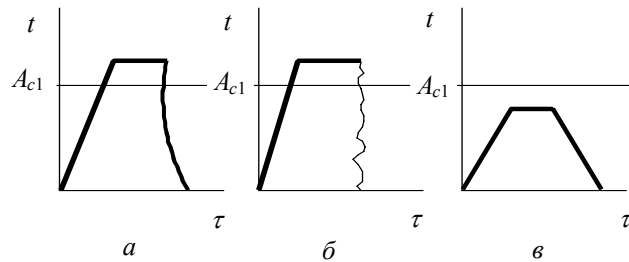


Рис. 12. Виды термической обработки:
 а – отжиг II рода; б – закалка; в – отпуск

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.

5.6. 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_n , $^\circ\text{C}$:

$$t_n = A_{c3} + (30 \dots 50^\circ\text{C}). \quad (6)$$

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

Неполный отжиг применяют для заэвтектоидной стали. Температура нагрева t_n , $^\circ\text{C}$:

$$t_n = A_{c1} + (20 \dots 50^\circ\text{C}). \quad (7)$$

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

$$\begin{aligned} t_n &= A_{c3} + (30 \dots 50^\circ\text{C}) \\ t_n &= A_{cm} + (30 \dots 50^\circ\text{C}). \end{aligned} \quad \text{или} \quad (8)$$

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

Закалка стали. Основные параметры при закалке – температура и скорость охлаждения. Температуру нагрева определяют по диаграммам состояния, скорость охлаждения – по диаграммам изотермического распада аустенита.

Температура закалки доэвтектоидной стали t_3 , °C:

$$t_3 = A_{C3} + (30 \dots 50^\circ\text{C}); \quad (9)$$

для заэвтектоидной стали

$$t_3 = A_{C1} + (40 \dots 60^\circ\text{C}). \quad (10)$$

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. 8) 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.

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.

Таблица 8

Скорость охлаждения стали в различных средах

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

Прокаливаемость – глубина проникновения закаленной зоны.

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 тростит), 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. Даль-

нейшее 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 тростита. 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.

5.7. Способы измерения температуры

Температуру стали при термообработке измеряют различными способами.

Температура цветов побежалости. Температуру нагретой стали приблизительно 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 пленки	Светло-желтый	Желто-коричневый	Фиолетовый	Синий	Серый

Температура по цветам каления. По цветам каления температуру определяют в диапазоне 500...1200°C.

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. 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.

5.8. Режимы закалки и отпуска

Твердость дереворежущего инструмента, работающего с большими скоростями резания должна быть не ниже *HRC*, 58,7...59. Для получения такой твердости разработаны режимы закалки и отпуска дереворежущего инструмента (табл. 9) [7].

Таблица 9

Режимы термической обработки дереворежущего инструмента

Инструмент	Марка стали	Закалка стали			Температура отпуска, °С	Твердость <i>HRC</i> , °С
		Температура нагрева, °С	Охлаждающая среда	Температура охлаждающей среды, °С		
Пилы рамные:						
разведенный зуб	9ХФ	800...840	Масло	50...60	400...450	41...46
плоский зуб	9ХФ	800...840	То же	50...60	450...500	40...45
Пилы круглые	9ХФ	800...840	То же	50...60	450...520	39...44
Пилы ленточные:						
ребровые	9ХФ	850...860	То же	50...60	500...550	38...43
столярные	У10А	760...780	То же	50...60	450...500	38...43
Ножи строгальные	X12 –	980...1050	То же	150...160	200...250	63...59
Фрезы	X12Ф					
	У9А	780...800	Вода	20...70	220...250	61...59
	X12	980...1050	Масло	150...160	250...400	59...57
	9ХС	860...870	Масло	150...160	260...285	59...57
	У9А	780...800	Вода	20...30	260...285	58...56
Резцы фрез	P18	1280...1300	Селитра	250...450	560	64...62
Сверла:						
спиральные	У10А	760...810	Вода	20	240...275	56...58
	P9	1240...1260	Селитра	450...550	560	63...60
винтовые	85ХС	800...840	Масло	50...60	260...285	59...57
	9ХС	860...870	То же	150...160	260...285	59...57
Долота полые	85ХФ	800...840	Масло	50...60	320...380	50...52
Цепи фрезерные	85ХФ	800...840	То же	50...60	150...200	60...58
	X12	800...1050	То же	150...160	200...250	63...59
Резцы токарные	X12	800...840	То же	–	150...200	63...60
	P18	1280...1300	Селитра	450...550	500...560	64...62
Инструмент	У8	800...830	Вода	20...30	240...275	54...57

5.9. Печи и ванны

По способу передачи тепла нагреваемому изделию 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 в печи 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.

5.10. Очистка инструмента после термообработки

После термической обработки инструмент может иметь на поверхности окалину, закалочные соли и минеральные масла. Очистка инструмента включает следующие операции.

1. **Предварительная промывка.** Производится на моечной машине или в выварочном бачке в горячем (70...90°C) щелочном растворе. Рецепт приготовления раствора: 440 вес. ч. жидкого стекла смешивают с 120 вес. ч. каустической соды и разводят в 440 вес. ч. воды. Щелочность раствора – 0,38...0,41% NaOH.

2. **Кипячение в подкисленной воде.** Кипятят в течение 5...10 мин в 12%-ном растворе соляной кислоты.

3. **Травление.** Предназначено для окончательного удаления окалины и солей. Состав раствора для травления: 2 вес. ч. технической соляной кислоты, 1 вес. ч. воды, 0,5% присадки "Глютам" или КС. Продолжительность травления 3...5 мин при 8...20°C.

4. **Повторная промывка.** Проводится в проточной воде.

5. **Кипячение в 2%-ном содовом растворе.** Проводят в течение 10 мин для полной нейтрализации кислоты.

6. Пассивирование. Производится в горячем 25%-ном водном растворе NaNO_2 с выдержкой инструмента в ванне в течение 3...5 мин для предохранения от коррозии.

Дополнительно можно провести щелочное **оксидирование**. На поверхности инструмента образуется оксидная пленка, надежно защищающая его от атмосферной коррозии.

Контрольные вопросы

1. Что такое твердость материала?
2. Как определяется твердость по Бринеллю, по Роквеллу, по Виккерсу? Правда ли, что в 1980 г. введена новая шкала твердости?
3. Назовите компоненты и фазы в сплаве железа с углеродом.
4. Изобразите начало диаграммы железо – цементит.
5. Что такое эвтектика?
6. Дереворежущий инструмент изготавливают из сталей марок: У7, У10А, 9ХФ, ХВГ, 8Х4В4Ф1, Х6ВФ и др. Какие из этих сталей являются эвтектоидными, доэвтектоидными, заэвтектоидными?
7. Что означают следующие обозначения: A_{C1} , A_{C3} , A_{Cm} , A_{r3} , A_{r1} ?
8. Изобразите диаграмму изотермического превращения аустенита.
9. Каким образом в стали можно получить структуры перлита, сорбита, тростита, бейнита и мартенсита?
10. Дайте определения основных видов термической обработки стали.
11. Как определяется температура нагрева для основных видов термической обработки стали?
12. Назовите охлаждающие среды для термической обработки стали?
13. Что такое закаливаемость и прокаливаемость?
14. Назовите способы закалки.
15. Назовите виды отпуска.
16. 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;
- наплавка на лезвия литых твердых сплавов;
- закалка зубьев (электроконтактная, в поле ТВЧ (токов высокой частоты));
- электроискровое и электродуговое упрочнение лезвий;
- использование технологий химико-термической и термомеханической обработки металла лезвий (цианирование, хромирование, цементация, горячее плушение зубьев и др.).

Способы второго направления:

- правильная заточка и разводка лезвий;
- поддержание рациональных режимов резания;
- снятие ленточки по задней поверхности;
- наложение электрического поля на систему "инструмент – изделие".

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 – самое 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. На кафедре станков и инструментов УГЛТА этот способ практически реализован А. И. Шевченко.

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 меж-

ду ними промежуточным металлом или сплавом в жидком состоянии, называемым припоем.

Материал корпуса инструмента. По ГОСТ 9769-79 "Пилы дисковые с твердосплавными пластинами для обработки древесных материалов. Технические условия" корпус пилы рекомендуется делать из стали марки 50ХФА. Это более пластичная сталь, чем сталь марки 9ХФ. 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°C . После пайки припоями, имеющими температуру плавления выше 840°C , она закаливается на воздухе. Поэтому после пайки зубья пилы подвергают отпуску при температуре $450\text{...}500^{\circ}\text{C}$, 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 получить 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. 13).

Рекомендуемые для пайки припои (ГОСТ 231377-78) приведены в табл. 10.

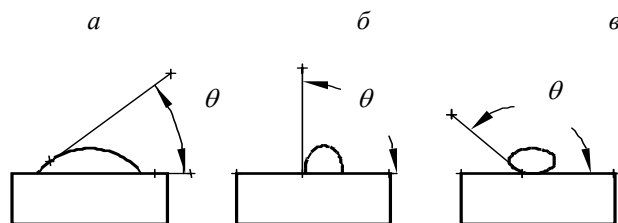


Рис. 13. Смачивание поверхности основного металла припоем:
 $a - \theta < 40^\circ$, хорошее смачивание; $b - \theta = 90^\circ$, плохое смачивание; $c - \theta > 90^\circ$, несмачивание

Таблица 10

Химический состав припоев

Марка припоя	Химический состав, %							Предел прочности при растяжении, МПа	Температура плавления, °С
	Медь	Никель	Марганец	Кремний	Цинк	Кадмий	Серебро		
Л63	62	–	–	–	38	–	–	260	905
Л68	68	–	–	–	32	–	–	260	938
ПрМНЦ68-4-2	68	5	2	0,3	24,7	–	–	300	930
ПСр-40	16,7	0,3	–	–	17	26	40	280	605
Медь М1	99,5	–	–	0,5	–	–	–	–	–

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.

Рекомендуемые для пайки флюсы (ГОСТ 19250-73) приведены в табл. 11.

Таблица 11

Химический состав флюсов

Марка флюса	Химический состав, %:				Типы применяемого припоя
	Бура	Борная кислота	Фтористый кальций	Лигатура	
1	100	–	–	–	Любой

2	50	50	–	–	Латунный
3	–	57	43	–	Серебряный
4	69...73	21...22	5...10	–	Медный
№200	21	70	9	–	Медный
№201	14	80	5,5	0,5	Медный
5	77	8	15	–	Медноцин- ковый

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 окалины и окисной пленки. Для этого их шлифуют по задней поверхности на плоскошлифовальном станке с магнитным столом алмазным шлифовальным кругом. Перед пайкой прошлифованные 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 образовываться трещины.

На каждом зубе паз 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 производится из тонкой 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. 14). Фланцы подключены к одному из электродов трансформатора (часто используют сварочные трансформаторы).

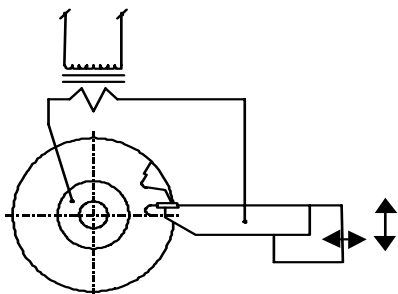


Рис. 14. Схема электроконтактной пайки

Пластину 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 полосу 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 всех зубьев производят их отпуск при температуре 400...500°C.

6.3. Пайка пластин из быстрорежущей стали

Во ВНИИинструмент разработана технология пайки пластин из быстрорежущей стали марки Р6М5 на зубья фрез.

Перед пайкой пластины закаливают по следующему режиму: предварительный нагрев до температуры 800...850°C, окончательный нагрев до 1200...1230°C, охлаждение в масле (расплавленной соли или щелочи). Отпуск – нагрев в расплаве солей (щелочи или на воздухе) до температуры 540...560°C, выдержка в течение 60 мин; число отпусков – 2...3. Получаемая твердость *HRC*, 63...65.

Термически обработанные пластины готовят к пайке как и твердосплавные (шлифуют, обезжиривают).

В качестве припоя используют низкотемпературный серебрясодержащий припой марки ПСр40, имеющий температуру плавления 590...610°C.

В процессе пайки сначала разогревают зуб фрезы, припой и флюс без пластины до 500...550°C. Затем устанавливают в паз пластину и температуру поднимают до 600...620°C. Припой плавится и растекается. При этом пластину центрируют и прижимают. После выдержки припоя в расплавленном состоянии в течение 3...5 с электрический ток выключают. Нагрев прекращается. Охлаждение инструмента происходит на воздухе. Дополнительная термообработка не требуется.

При такой пайке пластина из быстрорежущей стали сохраняет свою теплостойкость, твердость, режущие свойства.

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 материалами ВЗКР и ВЗК. Этот метод разработан в СибНИИЛП. Зубья, наплавленные этими 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 РИ 16-00 "Наплавка зубьев рамных, ленточных и круглых пил износостойкими сплавами. Подготовка и эксплуатация" [12].

Применяют электродуговую наплавку или наплавку в пламени ацетиленокислородной горелки. Наплавку производят в лунку от плющения по передней грани зубьев, на заднюю и боковые грани. Для наплавки применяют твердосплавные прутки диаметром 6...8 мм. После наплавки зубья подвергают отпуску: нагреву до темно-красного цвета каления и охлаждению на воздухе.

6.5. Электроконтактная закалка зубьев пил

Из-за того, что зубья пил разводят или плющат, 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 [13].

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-сварочные машины АТП-5, МТ-501, МТ-601.

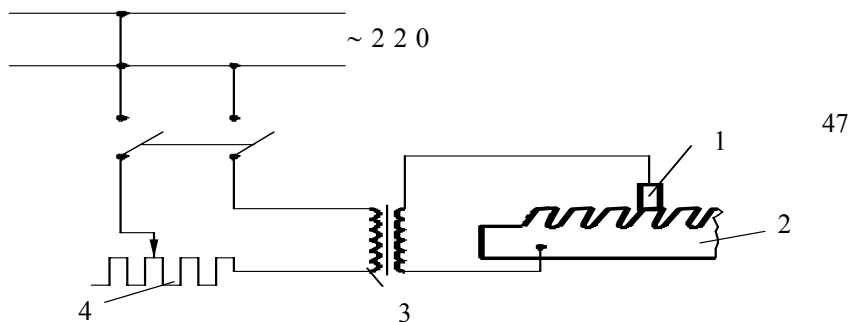


Рис. 15. Принципиальная схема установки для электроконтактной закалки

Рекомендуемый режим закалки

Давление закалочного 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

Рекомендации по технологии подготовки рамных пил с закаленными зубьями

1. Смягчающий отпуск для повторного плющения зубьев. При использовании машин АТП-5 включается первая ступень нагрева. Электрод расположить на расстоянии 3...4 мм от вершины. Продолжительность нагрева 3...4 с до начала свечения металла возле контакта. Электрод отводится от зуба в течение 0,05 .. 0,15 с с момента отключения тока. Твердость получается *HRC*, 44...45.

2. Плющение, формовка, предварительная заточка зубьев на автоматах ТчПР, ТЧПА.

3. Электроконтактная закалка зубьев в пределах зоны плющения. Электрод установить на расстоянии 0,5...1,0 мм от режущей кромки. Режим по току – II ступень (машина АТП-5). Давление электрода при длине контакта с зубом 3 мм – 80...100 Н. Продолжительность нагрева 3...4 с. Температура нагрева зуба 860...900°С на участке от вершин 6...6,5 мм. Электрод отводится от зуба в течение 0,1 с. Проходит закалка на воздухе с самоотпуском. Твердость *HRC*, 62...67.

4. Окончательная заточка.

Контакты зачищают после обработки двух-трех пил.

Период стойкости повышается в 2...2,5 раза.

6.6. Закалка зубьев в поле ТВЧ

Закалка зубьев пил токами высокой частоты может быть автоматизирована. Разогрев закаливаемой зоны равномерный.

Сущность индукционного нагрева. При помещении в электромагнитное поле токов высокой частоты стального зуба пилы в его поверхностном слое индуцируется электродвижущая сила. Под ее влиянием в зубе по-

течет электрический ток высокой частоты, вызывающий его нагрев. Ток идет в поверхностном слое толщиной δ , мм:

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{\mu f}}, \quad (11)$$

где ρ – удельное сопротивление, Ом·см;

μ – магнитная проницаемость;

f – частота тока, Гц.

При температуре стали 768°C значение μ резко падает. Поэтому глубину проникновения тока в горячей стали $\delta_{\text{зоп}}$, мм, находят приближенно:

$$\delta_{\text{зоп}} \approx \frac{600}{\sqrt{f}}. \quad (12)$$

Необходимую частоту тока f , Гц, в зависимости от глубины закаленного слоя X_k , мм, определяют по формуле

$$f = \frac{5 \cdot 10^4}{X_k^2}. \quad (13)$$

Зависимость оптимальной глубины закалки от частоты тока приведена ниже [13].

Частота тока, Гц	8000	2500	1000	500
Оптимальная глубина закалки, мм	2,7	5,0	8,0	11,0

Режим закалки. 1. Режущая кромка зуба пилы должна находиться на уровне оси активного рабочего участка индуктора.

2. Температура нагрева зубьев 900...960°C. Получаемая зона высокой твердости HRC , 64...65 распространяется до 5 мм от вершины зуба. Исходная твердость пилы HRC , 48...49.

3. Время нагрева 1,5...2 с.

4. Скорость нагрева 450...600°C/с.

5. Охлаждение нагретого зуба на спокойном воздухе.

6. Ламповый генератор для нагрева одного зуба должен работать с частотой 2,5 кГц при напряжении 6,4 кВ. Ток рабочего хода 0,7А, мощность 4,5 кВт.

7. Смягчающий отжиг закаленных зубьев для повторного плющения позволяет снизить твердость от HRC , 64,8 до HRC , 36,7...43,5. Температура

нагрева для отжига 600...700°С. Время нагрева 1...2 с. Вершину зуба расположить в индукторе на 2...3 мм выше оси активного участка.

6.7. Электроискровое упрочнение инструмента

Сущность способа заключается в воздействии на лезвие режущего инструмента электрического импульсного (искрового) разряда, под воздействием которого происходит мгновенный нагрев микрообъема металла до температуры выше первой критической точки A_1 [14]. 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 воздействии нагревается поверхностный слой металла глубиной 0,1...0,15 мм, а закаляется слой толщиной 0,03...0,05 мм. твердость достигает значения HRC , 63...65,8.

Установка для электроискрового упрочнения дереворежущего инструмента должна работать с напряжением 100...120 В при токе в цепи 0,5...1,5 А и емкости конденсаторов 10...90 мкФ. Упрочнителем (анодом) обычно является твердый сплав марки Т15К6 или углеграфит марки ЭГ-2.

Рекомендуемые режимы приведены ниже.

	Ток, А	Емкость, мкФ
Пилы для грубой распиловки	1,5	90
Пилы, фрезы, фрезерные ножи	1,0	30...60
.....	0,5	10
Доводочный инструмент		
.....		

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

6.8. 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 электроис-

кровом упрочнении. Только вместо искрового разряда воздействие на инструмент производит микродуга, образующаяся между электродами.

При дуговом упрочнении рекомендуются следующие режимы. Для жесткого режима ток короткого замыкания 5 А, напряжение 110 В; для мягкого режима ток короткого замыкания 3 А, напряжение 80 В.

Период стойкости инструмента повышается на 30...60%.

6.9. Использование технологии химико-термической обработки

Химико-термической обработкой (ХТО) называют процесс изменения химического состава, микроструктуры и свойств поверхностных слоев стальных деталей [10]. Основные параметры ХТО – температура нагрева и продолжительность выдержки. Основные процессы: диссоциация – абсорбция – диффузия.

Диссоциация – получение насыщенного элемента в более активном, атомарном состоянии.

Абсорбция – захват поверхностью детали атомов насыщающего элемента.

Диффузия – перемещение захваченного поверхностью атома вглубь изделия.

Необходимо, чтобы основной металл взаимодействовал с насыщающим элементом, образуя либо твердые растворы, либо химические соединения.

Для улучшения свойств режущих инструментов возможно применение следующих способов ХТО: цианирования, хромирования и др.

Цианирование. Цианированием называют процесс одновременного насыщения поверхности стального инструмента углеродом и азотом. Совместная диффузия углерода и азота происходит быстрее, чем каждого из этих элементов в отдельности.

Цианирование ведут в герметично закрытых печах в среде расплавленных солей (жидкое цианирование) или в газовой среде (нитроцементация).

Цианированию подвергают стали P18, P9, X12Ф, X6ВФ. Температура нагрева 500...565°C, продолжительность процесса 0,5...2,0 ч.

Содержание углерода в цианированном слое до 14%, азота – 0,1...0,7%. Твердость увеличивается на 6...13 единиц *HRC*₃. Толщина цианированного слоя 15...30 мкм. Повышается стойкость инструмента в 2...4 раза.

Электролитическое хромирование. Это способ нанесения хромового слоя толщиной 3...5 мкм на поверхность лезвий режущего инструмента в электролите.

Температура электролита 50...70°C. Блестящее хромовое покрытие имеет твердость HRC , 65,8...67,8. Период стойкости режущего инструмента повышается в 3...4 раза (для рамных пил – в 2...3 раза). Хромированный слой обладает высокой теплостойкостью, низким коэффициентом трения, химически устойчив. Электролитическое хромирование – окончательная операция подготовки инструмента. Перед хромированием инструмент должен быть заточен.

6.10. Использование технологии термомеханической обработки

Термомеханическая обработка (ТМО) – процесс совмещения пластического деформирования и термической обработки стального режущего инструмента. Различают высокотемпературную (ВТМО) и низкотемпературную (НТМО).

При ВТМО пластическая деформация осуществляется при температурах выше A_{C3} . Закалка производится сразу же после деформации, что предотвращает рекристаллизацию и фиксирует особое структурное состояние, возникшее при горячем наклепе.

При НТМО сталь деформируют при температуре ниже A_1 в зоне устойчивости переохлажденного аустенита.

В деревообрабатывающей промышленности ВТМО впервые исследована применительно к повышению стойкости зубьев рамных пил Ф.Н. Карпуниным. Изучался процесс ВТМО при горячем плющении зубьев пил. Технология горячего плющения зубьев как раз включает в себя все те процессы, при которых достигается эффект ВТМО.

Рекомендуемый режим ВТМО для рамных пил из сталей 85ХФ (9ХФ):

Скорость нагрева зубьев в поле ТВЧ, °C/c	107
Температура нагрева, °C	1200
Охлаждающая среда	Сжатый воздух
Скорость охлаждения, °C/c	120...140

Плющение зуба производится сразу после нагрева.

После ВТМО проводится отпуск стали при температуре 250°C со скоростью 200°C/c. После отпуска сталь в вершине зуба получает структуру высокодисперсного мартенсита с твердостью HRC , 60,5...63,9.

Для распиловки мерзлой древесины рекомендуется применять самоотпуск. Для этого закалку проводят на спокойном воздухе. В этом случае зубья закаляются на мартенсит и получают твердость HRC , 58,7 а отпуск проводят за счет тепла, оставшегося внутри зуба.

Период стойкости пил после ВТМО увеличивается в 2 раза.

6.11. 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 $870...1200^{\circ}$ [15].

Тепло, возникающее в контакте, вызывает необратимые структурные изменения в металле, а также понижение микротвердости в поверхностном слое затачиваемого 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 силы резания при работе шлифовального круга, а следовательно, и 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.

6.12. 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 $800...840^{\circ}C$. 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.

Электролитическое полирование поверхностей лезвий – эффективный способ уменьшения шероховатости. Осуществляется оно путем избирательного анодного растворения выступов металла и затягивания впадин плохо растворимыми продуктами распада. Когда поверхность сгладится, интенсивность растворения во всех точках становится одинаковой. Происходит равномерное удаление слоя.

Для полирования режущего инструмента рекомендуется электролит следующего состава, %:

Ортофосфорная кислота	65
Серная кислота	15
Хромовый ангидрид	6
Дистиллированная вода	14

Предварительно инструмент обезжиривается в электролите состава, г/л:

Каустическая сода	10
Кальцинированная сода	25
Тринатрийфосфат	25
Жидкое стекло	3

Продолжительность обезжиривания 3...5 мин, плотность тока 5 А на 1 дм² поверхности. Инструмент подключают к аноду, катод – свинцовая пластина (рис. 16). Напряжение 2...6 В.

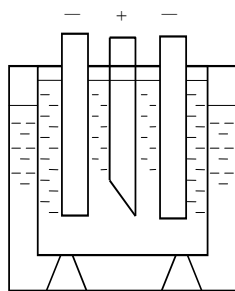


Рис. 16. Схема электролитического полирования

После обезжиривания инструмент промывают в воде, а затем подвергают электролитическому полированию при следующем режиме: плотность тока

30...50 А/дм²; продолжительность шлифования 5...10 мин.

Стойкость полированных лущильных ножей повышается на 50...60%, для фуговальных ножей – на 40...60%. Мощность на резание в обоих случаях понижается на 10...25%.

При электрополировании спиральных сверл улучшаются условия выхода стружки по канавкам сверла.

Контрольные вопросы

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 осуществляются 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. Какие способы химико-термической обработки применяют для повышения стойкости режущего инструмента?
10. Что такое термомеханическая обработка режущего инструмента?
11. Правда ли, что режимы заточки режущего инструмента влияют на его стойкость?
12. Как влияет шероховатость поверхностей на стойкость инструмента?

Часть II

Конструкции дереворежущего инструмента

7. Пилы

7.1. Пилы рамные

Пилы используются в двух- и одноэтажных вертикальных лесопильных рамах, а также в тарных рамах [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. 17, а, б, табл. 12).

Пилы для тарных лесопильных рам (ГОСТ 10482-74) поставляются без планок (рис. 17, в, табл. 13). Угловые параметры их аналогичны параметрам пил по ГОСТ 5524-75.

Таблица 12

Параметры пил для вертикальных лесопильных рам, мм

Обозначение пил	L	L_1 (предельное отклонение ± 2)	S	t	h	l	r	
				Предельное отклонение $\pm 0,5$			Номинальное значение	Предельное отклонение
Пилы типа 1								
3400-0022	1250	1190	2,2	22	15	10	4,0	$\pm 0,6$
-0023			2,0	26	18	11,5	5,0	$\pm 0,7$
-0024			2,2					
-0026	1400	1340	2,0	22	15	10	4,0	$\pm 0,6$
-0027			2,2					
-0028			2,0					
-0029			2,2					
-0032	1500	1440	2,2	26	18	11,5	5,0	$\pm 0,7$
-0033			2,5					

Окончание табл. 12

Обозначение пил	L	L_1 (предельное отклонение ± 2)	S	t	h	l	r	
				Предельное отклонение $\pm 0,5$			Номинальное значение	Предельное отклонение
Пилы типа 1								
3400-0036	1600	1540	2,2	26	18	11,5	5,0	$\pm 0,7$
-0037			2,5					
-0038			2,2	32	22	14	6,0	$\pm 0,8$
-0039								
-0043	1750	1690	2,5	26	18	11,5	5,0	$\pm 0,7$
-0044					22	14	6,0	$\pm 0,8$
3400-0046	1950	1890		32				
Пилы типа 2								
3400-0051	1100	1040	1,6	18	12,5	8	3,5	$\pm 0,5$
-0052			1,8					
-0053			1,6	22	15	10	4,0	$\pm 0,6$
-0054			1,8					
-0055	1250	1190	2,0					
3400-0058			2,2	26	18	11,5	5,0	$\pm 0,7$

Таблица 13

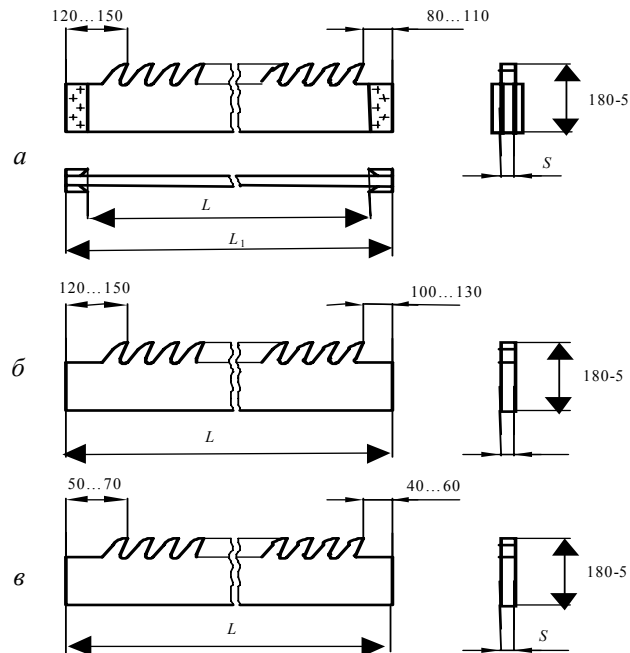
Параметры пил для тарных лесопильных рам, мм

Обозначение пил	L	S	t	h	l	r
			Предельное отклонение $\pm 0,5$			
3400-0001	600	1,0	16	11	7	3
-0003		1,2				
-0005		1,4				
-0007		1,2	22	15	10	4
-0011		1,4				
-0002	685	1,0	16	11	7	3
-0004		1,2				
-0006		1,4				
-0008		1,2	22	15	10	4
3400-0012		1,4				

Зубья пил могут подвергаться разводу и плющению.

Материал пил – холоднокатаная лента из стали 9ХФ ГОСТ 5950-73.

Твердость пил HRC , 43...47.



Профиль зубьев

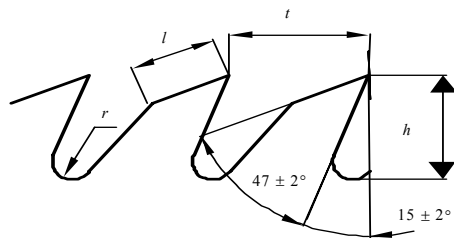


Рис. 17. Пилы рамные: а, б – для вертикальных лесопильных рам;
в – для тарных лесопильных рам

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,

$$L = t_{\max} + H + (300...350), \quad (14)$$

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

7.2. Пилы ленточные

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

Конструкция и основные размеры приведены на рис. 18, *a*, *б* и в табл. 14.

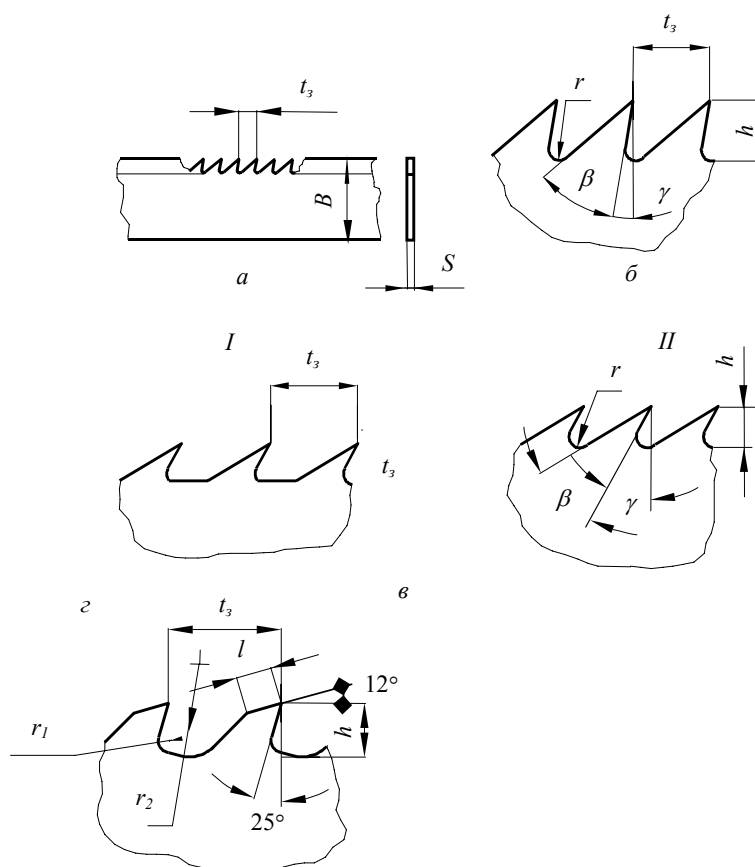


Рис. 18. Пилы ленточные: *a* – общая схема; *б* – столярные; *в* – делительные; *г* – для распиловки бревен и брусьев

Таблица 14

Размеры ленточных пил, мм (ГОСТ 6532-77)

Обозначение пил	Длина (в рулоне)*	B	S	t_3	h	r	γ	β
							град.	
Пилы столярные								
3405-0021	4000	10	0,6	6	2,0-3,0	1,5	5	50
-0022		15						
-0023		20	0,7	8	4,2-4,4			
-0024	6000	30	0,8	10	4,8-5,0	2,5	5	50
-0025		40						
-0026		50	0,9	12	6,3-6,5			
3405-0027		60						
Пилы делительные								
3405-0028	7000	85	1,0	30	10	3	20	50
-0029		100						
-0031	8500	125	1,2	50	13	4	30	45
-0032			1,0					
-0033			1,2					
-0034		150	30	10	3	20	50	
-0035			1,4					
-0036	1,2	50	13	4	30	45		
-0037	1,4							
-0038	9000	175	1,2	30	10	3	20	50
-0039			1,4					
-0041			1,2	50	13	4	30	45
-0042			1,4					
3405-0043								

* допускается по заказу потребителя изготовление ленточных пил длиной, кратной длинам, указанным в таблице

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. 18, *в* и в табл. 14. Пилы выпускаются с профилем зубьев I ($t_3 = 50$ мм) и II ($t_3 = 30$ мм).

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

Конструкция и основные размеры приведены на рис. 18, *г* и в табл. 15.

Таблица 15

**Размеры ленточных пил для распиловки
бревен и брусьев (ГОСТ 10670-77)**

Обозначение пил	Длина (в рулоне)*	<i>B</i>	<i>S</i>	<i>t</i>	<i>h</i>	<i>l</i>	<i>r</i>	<i>r</i> ₁
							Предельное отклонение ± 0,5	
3405-0001	10800	230	1,4	50	16,7	15	20,8	5,8
-0002			1,6					
-0003	11700		1,4	60	20,0	18	25,0	7,0
3405-0004			1,6					

* допускается по заказу потребителя изготовление ленточных пил длиной, кратной длинам, указанным в таблице

Материал – 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*, 40...44; для распиловки бревен и брусьев – *HRC*, 42...47.

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

Выбор размеров пил. Максимальная длина пильной ленты, мм:

$$L_{ns} = \pi D + 2L, \quad (15)$$

где *D* – диаметр пильных шкивов станка, мм;

L – расстояние между шкивами станками.

Толщина ленты, мм:

$$S = (0,0007...0,001)D. \quad (16)$$

Ширина столярных пил, мм:

$$B = 2,8\sqrt{RS'}, \quad (17)$$

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. 19 и в табл. 16 и 17. По профилю зубьев пилы выпускаются двух типов: для про-

дольной распиловки типа 1 исполнений 1 и 2 и для поперечной распиловки типа 2 исполнений 1 и 2.

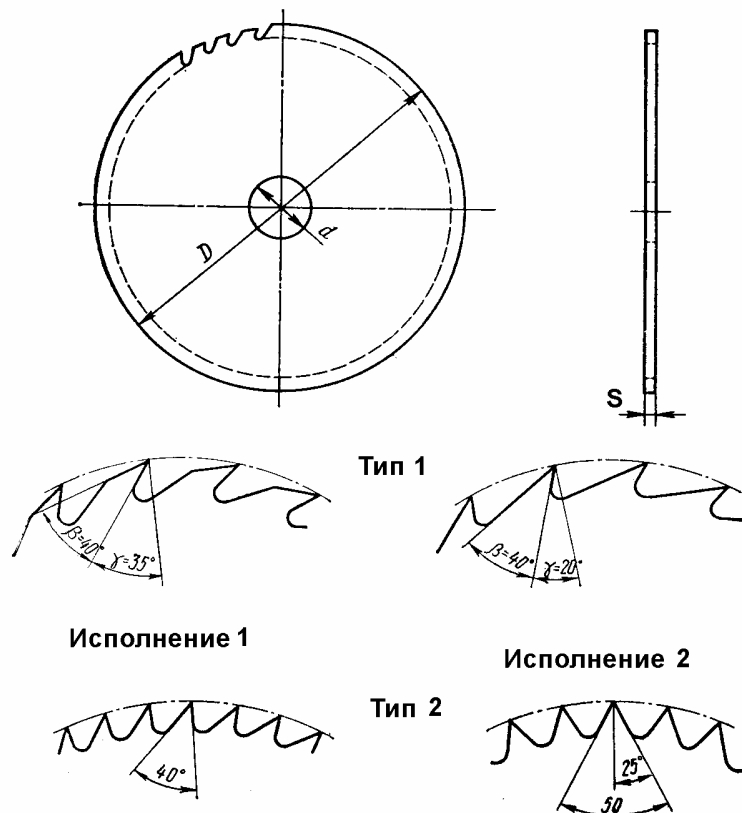


Рис. 19. Пилы круглые плоские

Пилы для продольного пиления древесины (тип 1). Пилы исполнения 1 имеют ломанолинейную заднюю поверхность зубьев, а пилы исполнения 2 – прямолинейную заднюю поверхность. Пилы исполнения 2 применяют в основном в деревообрабатывающих бытовых станках, электрифицированном ручном инструменте, а также на фрезерных станках. Основную работу у пил выполняет короткая режущая кромка.

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.

Таблица 16

**Параметры круглых плоских пил типа 1
для продольного пиления (ГОСТ 980-80)**

Обозначение пил	D, мм	d, мм	S, мм	Число зубьев, z	Обозначение пил	D, мм	d, мм	S, мм	Число зубьев, z
Пилы исполнения 1									
3420-0158	250	32	1,4	48	3420-0246	630	80	2,8	60
-0159			1,6		-0249			2,5	
-0160			1,8		-0250			2,8	
-0164			1,6	-0251	3,0				
-0365			1,8	-0252	2,5				
-0170	315	50	2,0	48	-0253	710	50	2,8	60
-0171			2,2	-0254	3,0				
-0174			2,0	-0264	2,8			48	
-0175			2,2	-0265	3,2				
-0179	360	50	2,0	48	-0267	800	50	2,8	48
-0180			2,2		-0270			3,2	
-0181			2,5		-0271			3,6	
-0183			2,0	-0273	3,2			60	
-0184			2,2	-0274	3,6				
-0185	2,5	-0275	3,2						
-0190	400	50	2,2	48	-0276	900	50	3,6	48
-0191			2,5	-0277	4,0				
-0193			2,0	-0278	3,2			72	
-0194			2,2	-0279	3,6				
-0195			2,5	-0280	4,0				
-0209	450	50	2,8	48	-0281	1000	50	3,6	48
-0210			2,5	-0282	4,0				
-0213			2,8	-0283	4,5				
-0214			2,2	-0284	3,6				
-3167	500	50	2,2	48	-0285	1250	50	4,0	72
-0226			2,5		-0286			4,5	
-0227			2,8		-0287			4,5	
-0228			2,2	-0288	5,0			48	
-0229			2,5	-0289	4,5				
-0230	2,8	-0290	5,0						
-0242	560	80	2,5	48	-0291	1500	50	5,0	72
-0243			2,8		3420-0292			5,5	
3420-0245			2,5		60				

Окончание табл. 16

Обозначение пил	D, мм	d, мм	S, мм	Число зубьев, z	Обозначение пил	D, мм	d, мм	S, мм	Число зубьев, z	
Пилы исполнения 2										
3420-0354	125	32	1,2	36	3420-0362	160	200	32	1,4	60
-0356	160			48	-0366	1,6			48	
-0357			-0367		1,4	60				
-0358			1,2	60	3420-0372	1,6		60		
3420-0361										

Таблица 17

**Параметры круглых плоских пил типа 2
для поперечного пиления (ГОСТ 980-80)**

Обозначение пил	D, мм	d, мм	S, мм	Число зубьев, z	Обозначение пил	D, мм	d, мм	S, мм	Число зубьев, z	
Пилы исполнения 1										
3421-0151	360	50	2,0	72	3421-0200	800	50	3,2	72	
-0152			2,2		-0201			3,6		
-0153			2,5		-0203			3,2	120	
-0160			2,0		-0201			3,6	72	
-0161	400	50	2,2	120	-3173	900	50	4,0		
-0162			2,5		-0207			3,6	120	
-0167			2,2		-0210			4,0	72	
-0168	450	50	2,5	120	-3175	1000	50	4,5		
-0170			-0212		5,0			120		
-0171	500	50	2,8	120	-0213	1250	50	4,5		
-0176			2,5		-0214			5,0	72	
-0177			2,8		-0215			5,0		
-0182	600	50	2,5	120	-0217	1500	50	4,5	120	
-0183			2,8		-0218			5,0		
-0188	630	50	2,8	120	-0220	1500	50	5,5	72	
-0189					3,0			-0221	5,5	
-0190					2,5			-0223	5,0	120
-0191	710	50	2,8	72	3421-0224			5,5		
-0194			3,0							
-0195										
3421-0198			2,8	120						

Окончание табл. 17

Обозначение пил	D, мм	d, мм	S, мм	Число зубьев, z	Обозначение пил	D, мм	d, мм	S, мм	Число зубьев, z	
Пилы исполнения 2										
3421-0288	125	32	1,2	60	3421-0322	400	50	2,5	72	
-0290	160		1,4		-0325	450		2,2	96	
-0291					-0330			2,5	72	
-0292	200		1,6	-0331	2,8	500		50	2,2	96
-0295			1,4	-0333	2,5					
-0296			1,6	-0334	2,8					
-0297			1,4	-0339	72					
-0298	250		1,6	-0340	500	2,8		120		
-0300			1,8	-0345	560	2,5				
-0301				-0348		72				
-0306	315		50	2,0	72	-0349		630	2,8	120
-0307	360			2,2		-0353			2,2	
-0312				2,5		-0354			2,5	
-0313	2,8			-0357		72				
3421-0321	400			2,2		3421-0358			3,0	

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. 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.

Материал пил – сталь марки 9ХФ по ГОСТ 5950-73. Твердость пил HRC , 41...46. Пилы поставляются выправленными и прокованными для скоростей главного движения 40 ... 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 [16].

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

$$D_{\min} = 2(t + z_{\phi} + a_1 + a_2), \quad (18)$$

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:

$$D_{\min} = 2 \left(\sqrt{(B-C)^2 + (r_{\phi} + a_1 + t)^2} + a_2 \right); \quad (19)$$

маятниковых:

$$D_{\min} = 2 \left(\sqrt{(B-C)^2 + (r_{\phi} + a_1 + t)^2} - L_m + a_2 \right), \quad (20)$$

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

$$S = (0,08...0,12)\sqrt{D}. \quad (21)$$

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

$$\begin{aligned} t_z &= D \sin\left(\frac{180}{z}\right); \\ r &= (0,15...0,20)t_z; \\ h &= (0,45...0,50)t_z, \end{aligned} \quad (22)$$

где z – число зубьев.

У пил для поперечной распиловки $h = (0,6...0,9)t_k$. Угловые параметры пил могут быть изменены в зависимости от распиливаемой породы древесины и ее состояния (табл. 18).

Таблица 18

Угловые параметры зубьев круглых пил

Порода древесины	Профиль зубьев		Угловые параметры, град			
	Тип	Исполнение	α	β	γ	Угол наклона передней и задней граней
Продольная распиловка						
Хвойная	1	1	15	40	35	90
	1	2	30	40	20	90
Твердая	1	1	15	50	25	90
Лиственничная	1	2	30	50	10	90
Поперечная распиловка						
Хвойная	2	1	50	40	0	45
	2	2	65	50	-25	45
Твердая	2	1	40	50	0	55
Лиственничная	2	2	55	60	-25	55

Примечание. При продольной распиловке мерзлой древесины хвойных пород передний угол γ зубьев исполнения 1 необходимо уменьшить на 10...15°, а исполнения 2 – на 5...10°. При поперечной распиловке угол наклона передней и задней граней должен быть равен 65°.

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. 20 и в табл. 19.

Таблица 19

Параметры пил строгальных

Обозначение пил	D , мм	D_1 , мм	d , мм	B , мм	φ , мин	Число зубьев z
Тип 1						
3420-0452	160	60	32	1,6	15	48
-0453	200	80		60		
-0456	250	100	50	2,4	25	48
-0458	315	125		3,0		60
3420-0463	400	160		3,6		60
Тип 2						
3421-0531	200	80	32	1,6	15	60

-0534	250	100	50	2,4	25	72
-0536	315	125		3,0		96
3421-0538	400	160		3,6		

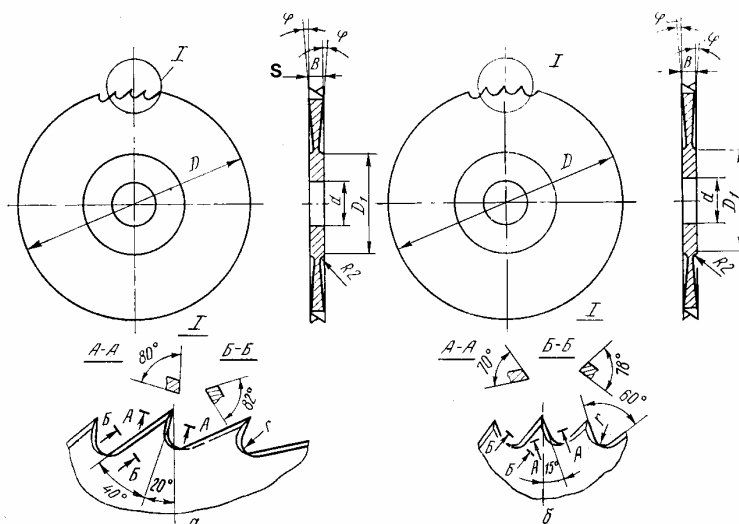


Рис. 20. Пилы круглые строгальные

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 продольной ребровой распиловки горбылей и досок шириной до 160 мм, толщиной до 19 мм на ребровых станках и пиломатериалов на тонкие дощечки. Ширина пропила равна 1,7...2,5 мм.

Конструкция и основные размеры приведены на рис. 21 и в табл. 20. Зубья пилы правоконической являются зеркальным отражением зубьев пилы левоконической.

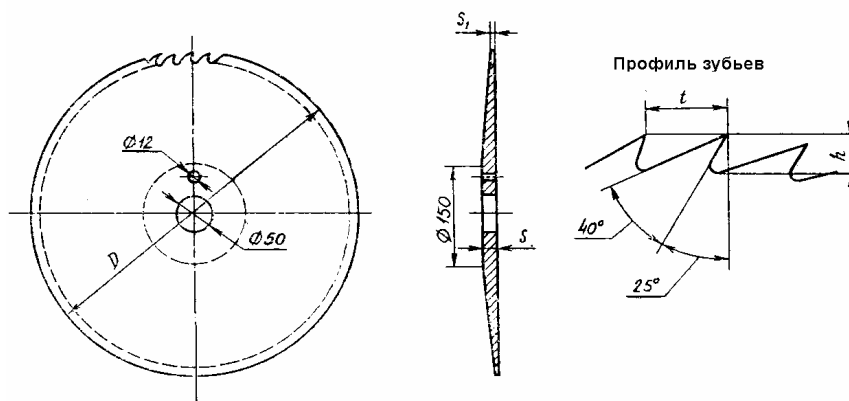


Рис. 21. Пила круглая левоконическая

Таблица 20

Параметры пил круглых конических

Обозначение пил	D , мм	S_1 , мм	S , мм	T , мм	H , мм	Число зубьев z
Правоконические						
ГОПМЗ Н-376	500	1,0	3,4	15,5	7,0	100
-01	630	1,2	3,8	19,5	8,8	
-02	710	1,4	4,4	22,0	9,9	
ГОПМЗ Н-376-03	800			24,8	11,2	
Левоконические						
ГОПМЗ Н-377	500	1,0	3,4	15,5	7,0	100
-01	630	1,2	3,8	19,5	8,8	
-02	710	1,4	4,4	22,0	9,9	
ГОПМЗ Н-377-03	800			24,8	11,2	

Материал пил – сталь марки 9ХФ по ГОСТ 5950-73. Твердость – HRC , 41...46. Пример заказа: пила Н-376-01 ТУ 14-1-1809-76.

7.6. Пилы дисковые с твердосплавными пластинами

Пилы по ГОСТ 9769-79 выпускаются двух типов: тип 1 – с разно-сторонними 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. 22 и в табл. 21.

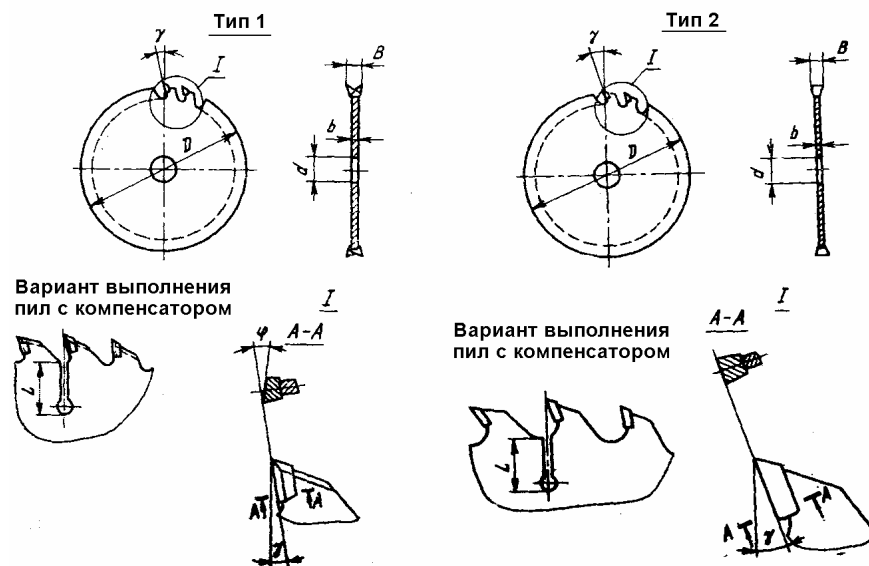


Рис. 22. Пилы с твердосплавными пластинами

Таблица 21

Параметры пил с твердосплавными пластинами

Обозначение пил	D , мм	d , мм	B , мм	b , мм	Число зубьев z	γ , град
Тип 1						
3421-0557					24	

-0559	250	50	3,4	2,4	36	10
-0562					56	
-0564	315				36	
-0566					56	
-0568	400		72			
-0584			4,1	2,8	56	
3421-0586		72				

Окончание табл. 21

Обозначение пил	D, мм	d, мм	B, мм	b, мм	Число зубьев z	γ, град
Тип 2						
3420-0482	250	32	3,4	2,4	24	20
-0486					36	
-0328	315	50	3,5		24	
-0332					36	
-0492				56		
-0511	400		4,0	2,8	24	
-0362					4,1	36
3420-0366					56	

Задние углы при главных режущих кромках 15°, при боковых – 2...3°. Углы поднутрения к центру 1,0...1,5°. 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 HRC₃.

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

8. Ножи

8.1. Типы ножей

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

8.2. Ножи для фрезерования плоских поверхностей

Ножи плоские с прямолинейной режущей кромкой. Конструкция и размеры ножей по ГОСТ 6567-75 приведены на рис. 23 и в табл. 22. Ножи изготавливают двух типов: 1 – без прорезей, 2 – с прорезями.

Ножи типа 1 длиной до 260 мм применяются в сборных фрезах по ГОСТ 14956-79, длиной 310...1610 мм – в ножевых валах фуговальных и рейсмусовых станков.

Ножи типа 2 предназначены для квадратных сборных фрез и имеют ограниченное применение. Длина ножей 60...310 мм, ширина – 100...125 мм. Прорези ножей (1...4 шт.) используются при креплении ножей к корпусу винтами.

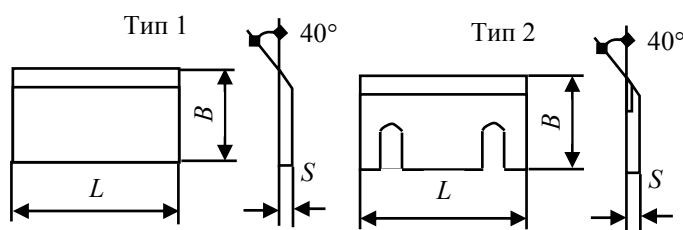


Рис. 23. Ножи с прямолинейной режущей кромкой

Таблица 22

Размеры ножей с прямолинейной режущей кромкой типа 1

Обозначение ножей	Размеры, мм			Обозначение ножей	Размеры, мм		
	L	B	S		L	B	S
2025-0171	25	25	3	2025-0193	40	40	3
-0172	40			-0194	60		
-0173	60			-0195	80		
-0174	25			-0196	90		
-0175	40			-0197	100		
-0176	60			-0198	110		
-0177	80			-0199	130		
-0178	90			-0201	140		
-0179	100			-0202	170		
-0181	110			-0203	200		
-0182	130	-0204	260				
-0183	140	-0205	310				
-0184	170	-0206	325				
-0185	200	-0207	410				
-0186	260	-0208	610				

-0187	310			-0209	640		
-0188	325			-0211	810		
-0189	410			-0212	1260		
-0191	610			2025-0213	1610		
2025-0192	640						

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.

8.3. Ножи с пластинами из твердого сплава

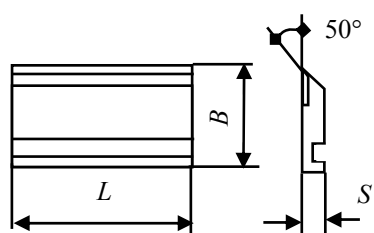
Ножи применяют в сборных цилиндрических фрезах по ГОСТ 14956-79.

Конструкция и размеры приведены на рис. 24 и табл. 23.

Рис. 24. Нож с пластиной из твердого сплава

Таблица 23

Размеры ножей с пластинами из твердого сплава



Обозначение ножей	Размеры, мм		
	<i>L</i>	<i>B</i>	<i>S</i>
3210-1906/002	25	32	6
-1751/002	40		
-1758/002	60		
-1907/002	90		
3210-1908/002	110		

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.

8.4. Ножи и резцы к фрезам

Ножи и резцы применяются в фрезях сборных, предназначенных для обработки шипов и проушин.

Шипорезные ножи выпускаются по ТУ 14-1-1694-76. Материал – сталь марки 6ХС по ГОСТ 5950-73. Твердость 52...57 HRC₃.

Резцы для обработки проушин регламентированы ГОСТ 10504-76. Они выпускаются двух исполнений: 1 – из легированной стали; 2 – из быстрорежущей стали. Твердость их соответственно 57...61 HRC₃ и 53...63 HRC₃.

8.5. Ножи и резцы для обработки окон

Ножи и резцы оснащены пластинами из твердого сплава марки ВК15 и предназначены для комплектования сборных фрез, применяемых для обработки окон.

Конструкция и размеры регламентированы ТУ 2-035-635-78.

8.6. Ножи стружечные

Ножи предназначены для получения древесной стружки в производстве древесностружечных плит.

Ножи имеют различную конструкцию, определяемую типом стружечного станка. Они разделяются на однослойные с прямолинейной и зубчатой режущей кромкой и двухслойные с прямолинейной режущей кромкой.

Конструкция, размеры и технические требования регламентированы ГОСТ 17315-71.

8.7. Ножи лущильные и линейки прижимные

Ножи лущильные предназначены для изготовления шпона на лущильных станках. Ножи применяются также для резки сырого шпона в ножницах. Конструкция, размеры и технические требования регламентированы ТУ 14-1-1918-76.

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 ТУ 14-1-1675-76.

8.8. Ножи гильотинных ножниц

Ножи (ГОСТ 19743-74, ТУ 14-1-3099-81) предназначены для чистового резания вдоль и поперек волокон строганного или лущеного шпона на гильотинных ножницах. Ножи изготавливаются двухслойными. Материал режущего слоя – сталь марки 85ХФ или 8Х6НФТ, корпус – сталь марки 10.

8.9. Ножи фанерострогальные

Ножи (ТУ 14-1-679-73) предназначены для срезания строганного шпона.

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

8.10. Ножи коробдирочные и коросниматели

Ножи коробдирочные. 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 HRC.

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. 25, табл. 24). Коросниматели выпускаются двух типов: 1 – прямые для окорочных станков моделей ОК-66М, ОК-35М; 2 – отогнутые, для окорочных станков по ГОСТ 16021-80.

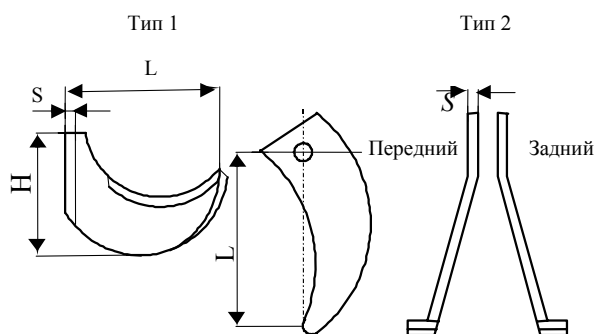


Рис. 25. Коросниматели

Таблица 24

Размеры короснимателей

Тип короснимателей	Обозначение короснимателя	Просвет ротора, мм	Размеры, мм		
			<i>L</i>	<i>H</i>	<i>S</i>
1	13-3146-0001	350	231	155	6
	-0002	660	413	275	10
2	-0011	400	265	–	10...14
	-0012	630	370	–	14...16
	13-3146-0013	800	472	–	14...16

8.11. Ножи рубильные

Ножи предназначены для производства технологической щепы на рубильных 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, ТУ 14-1-1899-76).

Ножи по ГОСТ 17342-81 и ОСТ 13-32-74 изготавливаются из сталей марок 6Х6ВЗМФС по ГОСТ 5950-73. Твердость ножей 55...59 HRC_э.

Ножи по ТУ 14-1-1999-76 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_э, однослойных 49...57 HRC_э.

Изготовитель – ГОПМЗ.

9. Фрезы

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

9.2. Фрезы для обработки плоских поверхностей

Виды фрез. Для получения плоских поверхностей выпускаются цилиндрические сборные фрезы со вставными элементами с прямолинейными режущими кромками. 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 закреплением неперетачиваемых твердосплавных пластин).

Типы фрез. По ГОСТ 14956-79 выпускаются пять типов цилиндрических сборных фрез:

- 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 по ГОСТ 6567-75; 2 – с ножами, оснащенными твердосплавными пластинами.

Фрезы типов 2 и 3 имеют ножи по ГОСТ 6567-75.

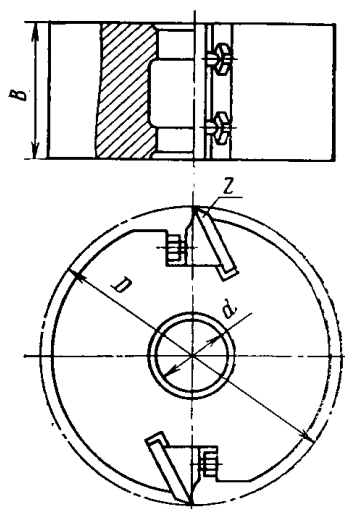


Рис. 26. Фреза цилиндрическая сборная

Размеры приведены в табл. 26.

9.3. Фрезы цилиндрические сборные

Конструкция и размеры по ГОСТ 14956-79 из инструментальной стали (тип 1, исполнение 1) приведены на рис. 26 и в табл. 25.

Конструкция и размеры цилиндрических сборных фрез с ножами, оснащенными твердосплавными пластинами (тип 1, исполнение 2) регламентированы ГОСТ 14956-79. Все типоразмеры фрез выпускаются с числом зубьев $z = 4$.

Таблица 25

**Параметры цилиндрических сборных фрез
с ножами из инструментальной стали (тип 1, исполнение 1)**

Обозначение фрез	Размеры, мм			Число ножей z	
	D	d	B		
3210-1701	80	22	40	2	
-1705	100	27	60		
-1803			90		
-1805		(30)	110		
-1707	125	32	40	4	
-1708			60		
-1807			90		
-1808		110			
-1811		40	90		
-1813			130		
-1814			170		
-1817			40		
-1818			60		
-1819			90		
-1827	110				
-1828	130				
-1829	170				
-1830	(160)	50	4		
-1831		260			
-1820		40			60
-1821					110
-1822	40				
-1824	(180)	60			
-1826		90			
3210-1832		110			

Примечание. Размеры, заключенные в скобки, применять не рекомендуется

Таблица 26

**Размеры цилиндрических фрез с ножами, оснащенными
твердосплавными пластинами (тип 1, исполнение 2)**

Обозначение фрез	Размеры, мм		
	D	d	B
3210-1906	125	32	25
-1757			40
-1758			60

Окончание табл. 26

Обозначение	Размеры, мм
-------------	-------------

фрез	D	d	B
3210-1907	125	32	90
-1908			110
-1910			60
-1911			90
-1917	140	40	40
-1918			60
-1919	(160)		90
-1927			110
-1920			60
-1921			110
-1922			40
-1924			60
3210-1926	(180)		90

9.4. Фрезы пазовые

Фрезы предназначены для фрезерования прямоугольных пазов. Конструктивно они выполнены цельными с остро заточенными зубьями (с прямолинейными задними поверхностями).

Фрезы изготавливаются двух типов: 1 – для продольных пазов; 2 – для поперечных пазов.

Фрезы типа 2 снабжены подрезающими зубьями с отрицательным передними углами – 45° . Их диаметр резания превышает окружность основных режущих зубьев на 1,4 мм. Подрезающие зубья перерезают волокна древесины, прежде чем основные зубья удаляют их из формируемого паза.

Фрезы дисковые пазовые по ГОСТ 11290-80 изготавливаются из инструментальной стали. Их конструкция и размеры приведены на рис. 27 и в табл. 27. Фрезы типа 1 предназначены для обработки продольных пазов, типа 2 – поперечных пазов.

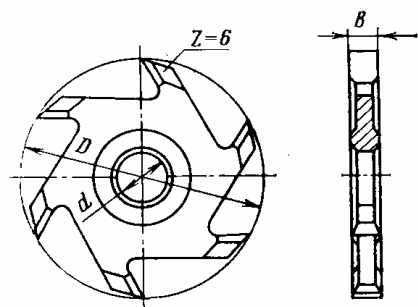


Рис. 27. Фреза дисковая для обработки продольных пазов

Таблица 27

Фрезы дисковые пазовые

Обозначение фрез		Размеры, мм		
Тип 1	Тип 2	<i>D</i>	<i>d</i>	<i>B</i>
3202-0501	3202-0115	125	30	4
-0502	-0522			5
-0503	-0523			6
-0504	-0524			8
-0505	-0525			10
-0506	-0526			12
-0507	-0527			14
-0508	-0528			16
-0509	-0529			18
-0511	-0531			20
-0109	-0147		32	4
-0111	-0148			5
-0112	-0149			6
-0113	-0151			8
-0114	-0152			10
-0115	-0153			12
-0116	-0154		125	14
-0117	-0155			16
-0118	-0156			18
-0119	-0157			20
-0512	-0532	160		6
-0513	-0533		8	
-0514	-0534		10	
-0515	-0535		12	
-0516	-0536		14	
-0517	-0537		16	
-0518	-0538		18	
-0519	-0539		20	
-0121	-0158		32	6
-0122	-0159			8
-0123	-0161	10		
-0124	-0162	12		
-0125	-0163	14		
-0126	-0164	16		
-0127	-0165	18		
3202-0128	3202-0166	20		

Окончание табл. 27

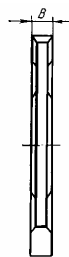
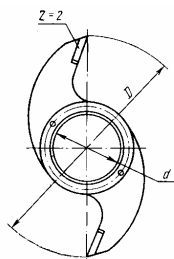
Обозначение фрез		Размеры, мм			
Тип 1	Тип 2	D	d	B	
3202-0541	3202-0551	180	30	6	
-0542	-0552			8	
-0543	-0553			10	
-0544	-0554			12	
-0545	-0555			14	
-0546	-0556			16	
-0547	-0557			18	
-0548	-0558			20	
-0129	-0167			40	6
-0131	-0168				8
-0132	-0169		10		
-0133	-0171		12		
-0134	-0172		14		
-0135	-0173		16		
-0136	-0174		18		
3202-0137	3202-0175		20		

Материал фрез – сталь марки Х6ВФ или 9Х5ВФ по ГОСТ 5950-73. Твердость 57...61 HRC₂.

Изготовитель – Томский завод режущих инструментов (ТЗРИ).

Фрезы дисковые пазовые с напаянными пластинами по ГОСТ 11291-81 имеют такую же конструкцию, как и цельнометаллические. Каждый тип фрез выпускают в двух исполнениях: 1 – с пластинами из твердого сплава, 2 – с пластинами из быстрорежущей стали.

9.5. Фрезы для обработки прямых ящичных шипов



Фрезы предназначены для обработки прямоугольных ящичных шипов на шипорезных станках типа ШПА.

Типы, конструкция и размеры регламентированы ГОСТ 21923-76 (рис. 28 и табл. 28).

Рис. 28. Фреза типа 1 для обработки ящичных шипов

Фрезы выпускают трех типов: 1 – цельные из инструментальной стали; 2 – оснащенные закаленными пластинами из быстрорежущей стали; 3 – оснащенные твердосплавными пластинами.

Таблица 28

Размеры фрез для обработки прямых ящичных шипов

Обозначение фрез			Размеры, мм		
Тип 1	Тип 2	Тип 3	<i>D</i>	<i>d</i>	<i>B</i>
3202-0001	3202-0051	3202-0301	200	60	6
-0002	-0052	-0302			8
-0003	-0053	-0303			10
-0004	-0054	-0304			12
-0006	-0056	-0306			14
3202-0005	3202-0055	3202-0305			18

9.6. Фрезы для обработки зубчатых шипов

Фрезы предназначены для обработки зубчатых шипов по ГОСТ 19414-79, применяемых при склеивании пиломатериалов по длине. Фрезы выполняются с острозаточенными зубьями (с прямолинейными задними гранями) или затылованными.

Фрезы по ТУ 2-035-629-78. Фрезы обеспечивают обработку шипов длиной 5, 10 и 20 мм по ГОСТ 19414-79 (рис. 29 и табл. 29).

Таблица 29

Размеры фрез для обработки зубчатых шипов с профилем по ГОСТ 19414-79

Обозначение фрез	Размеры и параметры фрез, мм					Размеры профиля обработки, мм		
	<i>D</i>	<i>d</i>	<i>B</i>	Число зубьев, <i>z</i>	Угол смещения шпонки, град	<i>L</i>	<i>t</i>	<i>b</i>
3202-4707	200	50	8	2	0	32	8	1
3205-4007	250	60	12	4	45	50	12	2
3205-4008								
3205-4008								

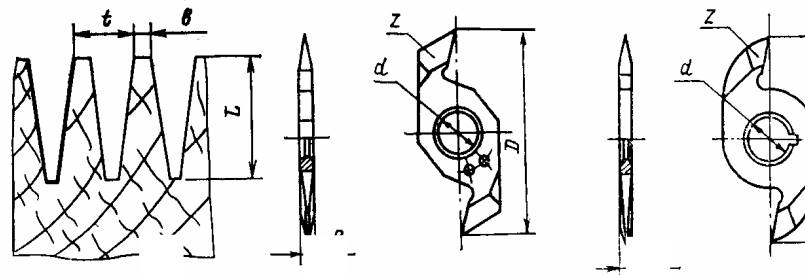


Рис. 29. Фрезы для обработки зубчатых шипов:
a – профиль обработки; *б* – фреза с остроконечными зубьями 3202-4707; *в* – фреза с затылованными зубьями 3202-4004...3202-4008

10. Фрезы концевые

10.1. Назначение и классификация

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

10.2. Фрезы концевые цилиндрические из инструментальных сталей

Фрезы выпускаются по ГОСТ 8994-80 двух типов: тип 1 – однозубые, тип 2 – двузубые.

Конструкция и размеры однозубых фрез приведены на рис. 30 и в табл. 30.

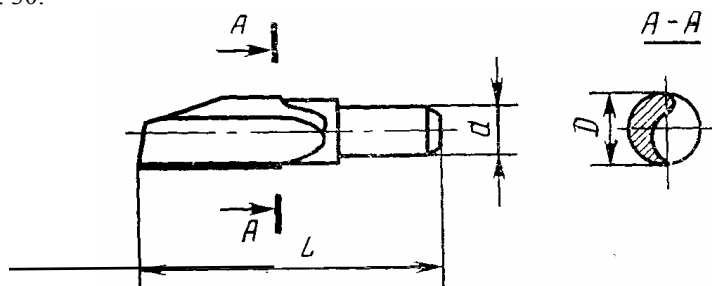


Рис. 30. Фреза концевая цилиндрическая однозубая

Таблица 30

Размеры фрез концевых цилиндрических однозубых, мм

Обозначение инструмента	Диаметр D	Диаметр хвостовика d	Длина L
3260-0051	4	4	50
-0052	5	5	
-0055	6	6	60
-0056	7	10	
-0057	8		
-0059	9		
-0061	10		
-0064	12		
-0065	14		
-0068	16		
-0069	18		90
3260-0073	20	95	

Конструкция и размеры концевых цилиндрических двузубых фрез правого и левого вращения с прямой канавкой приведены на рис. 31 и в табл. 31.

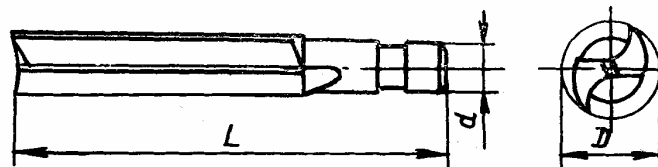


Рис. 31. Фреза концевая цилиндрическая двузубая

Таблица 31

Размеры двузубых цилиндрических фрез, мм

Обозначение инструмента	Диаметр D	Диаметр хвостовика d	Длина L
3260-0053	5	5	80
-0054	6	6	80
-0058	8	10	95
-0062	10	10	100
-0063	12	12	110
-0066	14		120
-0067	16		140
-0071	18		
-0072	20		
3260-0074	25		160

Материал концевых фрез – сталь марки Х6ВФ по ГОСТ 5950-73. Твердость рабочей части 58...61 HRC, хвостовика – 30...40 HRC. Изготовитель – ТЗРИ.

11. Сверла

11.1. 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;
 - к станкам СВСА-2 и СВСА-3 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.

11.2. 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. 32 и в табл. 32. Сверла длинной серии имеют диаметр 5...20 мм, длину 130...210 мм и длину режущей части 60...140 мм.

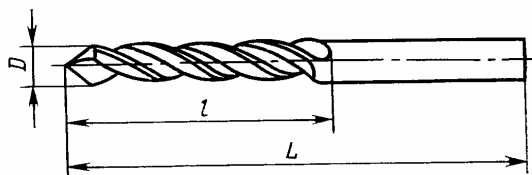


Рис. 32. Сверло спиральное с конической заточкой

Таблица 32

Размеры сверл спиральных с конической заточкой короткой серии, мм

Обозначение инструмента	Диаметр D	Диаметр хвостовика d	Длина L	Длина режущей части l
-------------------------	-------------	------------------------	-----------	-------------------------

3300-0051	2,0	2,0	49	24
-0052	2,5	2,5	57	30
-0053	3,0	3,0	61	33
-0054	3,5	3,5	70	39
-0055	4,0	4,0	75	43
-0056	4,5	4,5	80	47
-0057	5,0	5,0	86	52
-0058	6,0	6,0	93	57
-0059	7,0	7,0	109	69
-0061	8,0	8,0	117	75
-0062	8,5	8,5		
-0063	9,0	9,0	125	81
-0064	10,0	10,0	133	87
-0065	11,0	11,0	142	94
3300-0066	12,0	12,0	151	101

Материал сверл – сталь марки Х6ВФ. Твердость режущей части 56...58 HRC₃. Изготовитель – ТЗРИ.

11.3. Сверла спиральные с центром и подрезателями

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

Сверла выпускаются по ГОСТ 22053-76 двух типов: 1 – с широкой ленточкой, 2 – с узкой ленточкой.

Конструкция и размеры сверл приведены на рис. 33 и в табл. 33.

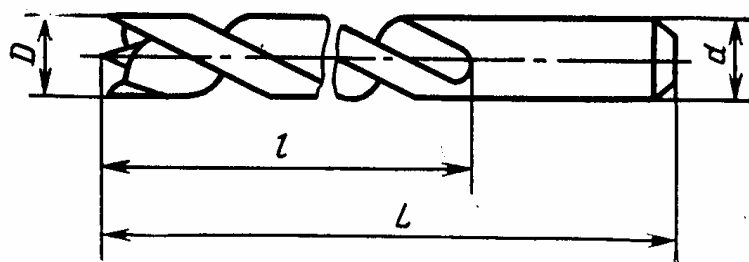


Рис. 33. Сверло с широкой ленточкой

Таблица 33

Размеры сверл спиральных с центром и подрезателями типа 1, мм

Обозначение инструмента	Диаметр D	Диаметр хвостовика d	Длина L	Длина режущей части l
3301-0001	4	4	75	43
-0002	5	5	86	52
-0003	6	6	93	57
-0004	7	7	109	69
-0005	8	8	117	75
-0006	9	9	125	81
-0007	10	10	133	87
-0031	10,5	10,5		
-0008	11	11	142	94
3301-0009	12	12	151	101

Сверла типа 2 имеют диаметр 4...32 мм, длину 80...200 мм и длину режущей части 48...125 мм.

Материал сверл – сталь марки Х6ВФ или Р6М5. Твердость режущей части 53...57 HRC₃.

12. Цепочки фрезерные и долбяки

12.1. Цепочки фрезерные

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

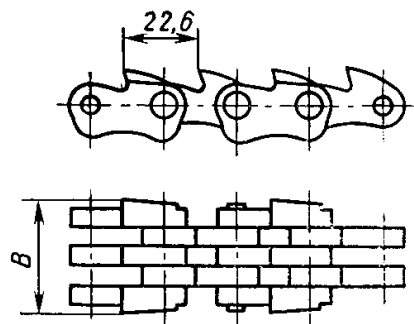


Рис. 34. Цепочки фрезерные

Цепочки изготавливают по ГОСТ 22459-77 двух типов: 1 – цепочки трехрядные, 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.

Конструкция и размеры приведены на рис. 34 и в табл. 34.

Цепочки фрезерные

Обозначение инструмента	Тип	Исполнение	Основные параметры и размеры	
			Ширина B , мм	Число наружных звеньев
3366-0001	1	1	8	64
-0002			10	70
-0003		2	12	74
-0004			16	
-0005				76
3366-0001	2	–	20	74

12.2. Долбьяки

Долбьяки предназначены для получения пазов и гнезд в древесине под петли, задвижки. Долбьяки устанавливают на агрегатные долбежные головки, которые встраиваются в долбежные станки.

Конструктивно долбьяк 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 долбьяка.

Длина образуемого долбьяком паза $L_n = l + A$, где A – амплитуда колебаний долбьяка (23...25 мм).

Долбьяки – нестандартный инструмент.

13. Токарные резцы

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

Различают токарные резцы ручные и ножевых головок [17].

Ручные резцы выполняют в форме стамесок с удлиненной рукояткой. Конструкция их разнообразна. Форма и характеристики некоторых из них приведены на рис. 35 и в табл. 35.

Таблица 35

Характеристики ручных токарных резцов

Резцы	Ширина,	Угол заострения,	Угол скоса лезвия,	Радиус закругления,
-------	---------	------------------	--------------------	---------------------

	мм	град	град	мм
Обдирочный желобчатый: для черновых работ	20...25	20...35	–	15...25
для выточек	3; 5; 10; 15			
Отделочный с косым лезвием: для черновых работ	25...50	20...30	70...80	–
для отделочных работ	5...20	20...30	70...80	–
Плоский прямоугольный для выточек узких углублений	3; 5; 10	25...35	–	–
Крючок	8...15	10...15	–	10...50
Гребенка для нарезания резьбы	–	30...35	–	–

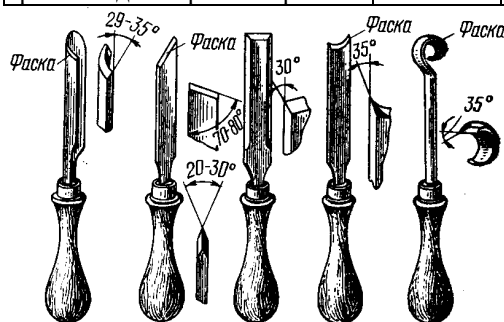


Рис. 35. Резцы ручные

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.

Суппортные токарные резцы внешне сходны с металлорежущими (рис. 36, 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. 36, б).

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

Резцы ножевых головок круглопалочных станков имеют различные конструкции. Часто применяются цельные ножи (рис. 36, 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° .

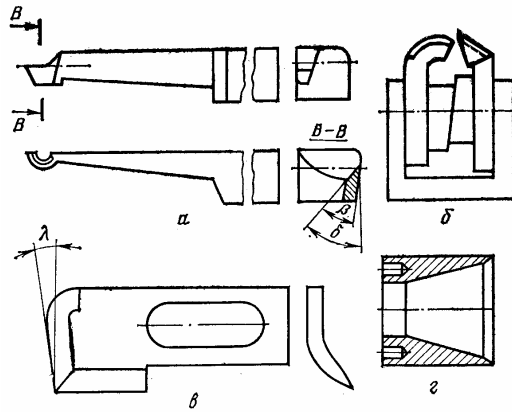


Рис. 36. Резцы токарные:
а, б – суппортные; *в, г* – ножевых головок

Ножевые головки снабжаются кольцевыми резцами (рис. 36, *г*) с углом заострения 30° . На опорной поверхности выполнено шесть отверстий для штифта резцедержателя. По мере затупления резец можно повернуть и зафиксировать штифтом на следующем отверстии.

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

Контрольные вопросы

1. Назовите виды дереворежущих инструментов.
2. Перечислите конструктивные элементы рамных пил.
3. Какие ленточные пилы выпускает отечественная промышленность?
4. Чем отличаются круглые пилы для продольного и поперечного пиления.
5. Как выбирается диаметр круглых пил?
6. В каких случаях применяются пилы круглые плоские, конические и строгальные?
7. Перечислите типы дереворежущих ножей.
8. Как классифицируются фрезы?
9. Какие элементы фрез предназначены для крепления их на валу станка?
10. Назовите заводы, изготавливающие дереворежущий инструмент.

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. Определения понятий даны в ГОСТ 21445-84.

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, кремень, гранат, корунд. Эти материалы включают примеси, которые снижают режущие свойства абразивного инструмента.

Искусственные абразивные материалы – электрокорунд, карбид кремния, технический карбид бора, технический алмаз, технический кубический нитрид бора и стекло. Их 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 синтетические поликристаллический; *L* – эльбор.

Электрокорунд нормальный содержит 87...98 % окиси алюминия Al_2O_3 . Имеет цвета синий, коричневый и 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, дробленый марки ЛД), кубонит (К), гексанит (Г).

Технические характеристики некоторых абразивных материалов [18] приведены в табл. 36.

Микротвердость абразивных зерен H_a должна быть в 2...2,5 раза выше микротвердости обрабатываемого материала H_m . Значения соотношений H_a/H_m для некоторых инструментальных материалов приведены в табл. 37.

Таблица 36

Техническая характеристика абразивных материалов

Материал	Плотность, г/м ³	Микротвер- дость, ×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 37

Величина соотношений микротвердости H_a/H_m для некоторых материалов

Составляющие инструмен- тальных материалов	Электроко- рунд	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, мкм, на котором задерживаются зерна основной фракции.

Стандартом (ГОСТ 3647-80) 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 диапазонами 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.

Вулканитовая связка (В) – это связка из каучука и серы. Шлифовальные круги на этой связке обладают еще большей упругостью, эластичностью. Они не теряют твердости и прочности под действием водных эмульсий, но не стойки к керосину и имеют низкую теплостойкость (160...200°С).

Связки на основе клеев применяются в производстве шлифовальных шкур. Для этого используют мездровый клей (М), синтетические смолы (С), комбинированная связка (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 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 сопротивляемость 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
Среднемягкий	CM1, CM2
Средний	C1, C2
Среднетвердый	CT1, CT2, CT3
Твердый	T1, T2
Весьма твердый	BT1, BT2
Чрезвычайно твердый	CT1, CT2

14.6. Структура абразивного инструмента

Под структурой абразивного инструмента понимается его строение, характеризующее 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 зёрнами. 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 (табл. 38).

Таблица 38

Концентрация и содержание алмазов (эльбора) в единице объема режущего слоя

Концентрация, %	Содержание алмазов (эльбора) в 1 см ³ объема режущего слоя, карат	Объем алмазов (эльбора) в режущем слое, %
25	1,1	6,2
50	2,2	12,4
75	3,3	18,6
100	4,4	24,9
150	6,6	37,7

200	8,8	49,7
-----	-----	------

14.8. Шкурки

Шкурка шлифовальная тканевая по ГОСТ 5009-82. 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 зернистости 40...М40 – 50 м. Выпускается 2 типа шкурки:

- 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, карбиды кремния черный и зеленый, кремень.

В качестве основы применяют хлопчатобумажные ткани по ГОСТ 3357-72. В основном это саржа. Применяется легкая саржа с номерами 0, 1, 2 марок Л0, Л1, Л2; саржа средняя с номерами 1 и 2 марок С1, С2; саржа утяжеленная с номерами №1 и №2 марок У1, У2. Если саржа гладкокрашенная, то в аббревиатуре марки добавляют символ Г, например Л0Г, Л2Г, С1Г, С2Г, У1Г, У2Г.

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

По внешнему виду рабочих поверхностей шкурки изготовляют 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. 39.

Таблица 39

Размеры шлифовальной шкурки в рулоне по ГОСТ 6456-82

Зернистость	Ширина, мм	Длина, м
50	1250	20
50	720, 750, 800, 850, 900, 1000	30

40...16	1250	30
40...32	1000	30
40...16	720, 750, 800, 850, 900	50
25...10	1000	50
12	900	50
12...M40	1250	50
12...M40	720, 750, 800, 850, 900	100
8...M40	1000	100

Рабочий слой шкурки может быть **сплошной С** и **рельефный Р**. Рельефный рабочий слой может иметь четыре исполнения (рис. 37). Размеры рельефа приведены в табл. 40. Уклон рельефа $\alpha = 5 \dots 85^\circ$.

Таблица 40

Размеры рельефного слоя шкурки по ГОСТ 64556-82

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...M40	0,5...5,0	1,0...20,0

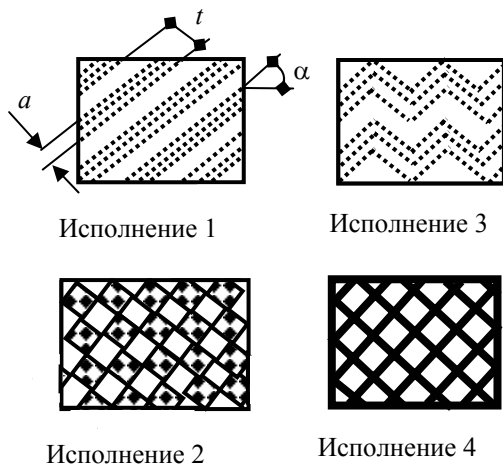


Рис. 37. Рельефный рабочий слой шкурки

Для основы используют бумагу по ГОСТ 18227-72 марок 0-140 с условным обозначением П1, 0-200 с обозначением П2, 0-210 (П3), 0-235 (П4), 0-240 (П5), БШ-140 (П6), БШ-200 (П7), БШ-240 (П8), БВ-225 (П9), БВК-225 (П10), 0В-200(П11).

По внешнему виду различают три класса шкур: 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.

Шкурка шлифовальная бумажная водостойкая по ГОСТ 10054-84. Шкурка изготавливается из электрокорунда нормального, карбида кремния черного или зеленого; зернистость 16...М14. Выпускается в рулонах и листах.

Пример условного обозначения водостойкой шкурки в рулоне шириной 750 мм, длиной 50 м, на влагопрочной шлифовальной бумаге, из зеленого карбида кремния марки 64 С, зернистость 16-П, класса А:

750×50 М 64С 64-П А ГОСТ 10054-82.

То же, шлифовального листа шириной 230 мм, длиной 280 мм, на влагопрочной бумаге с полимерным латексным покрытием, из черного карбида кремния марки 53 С, зернистость 16-П, класса Б:

Л 230×280 Л1 53С 16-П Б ГОСТ 10054-82.

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 силами предприятий (рис. 38) [19].

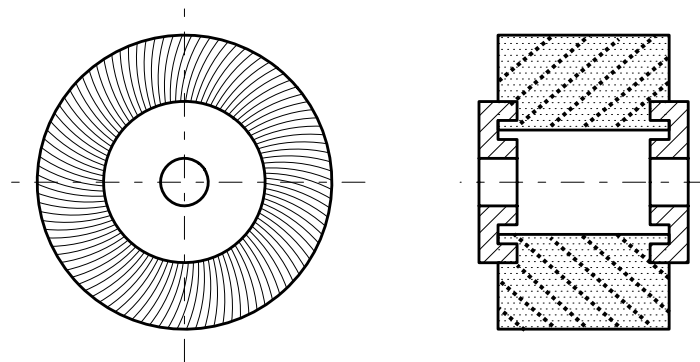


Рис. 38. Лепестковый шлифовальный круг

Лепестки соединены между собой и с фланцами клеем. Длина лепестков $l_n = 0,5R$, 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.

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 [20].

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 1255 и 305 мм.

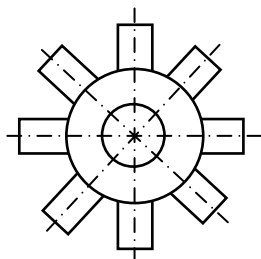
Шлифовальный эластичный круг "Эласт". Круг выпускается Челябинским опытным заводом УралВНИИМАШ. Наружный диаметр круга 150 мм, толщина 12...16 мм, диаметр посадочного отверстия 32 мм.

В качестве абразивного материала используется нормальный электрокорунд марки 14А16Н (в кругах типа А) и карбид кремния черный марки 51С16Н (в кругах типа С).

Связка – каучук. Рабочая скорость главного движения 12 м/с.

Испытания, проведенные кафедрой МОД УГЛТА, показали, что круги могут быть рекомендованы для шлифования профильных поверхностей твердых лиственных пород древесины.

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



Головка включает корпус (рис. 39), на котором закреплено 8 съемных подпружиненных резиновых лепестков прямоугольной формы с наклеенными на их рабочие поверхности полосками шлифовальной шкурки.

Рис. 39. Шлифовальная головка

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

После обработки 250...300 погонных метров 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. 41, 42 и на рис. 40 [21-22].

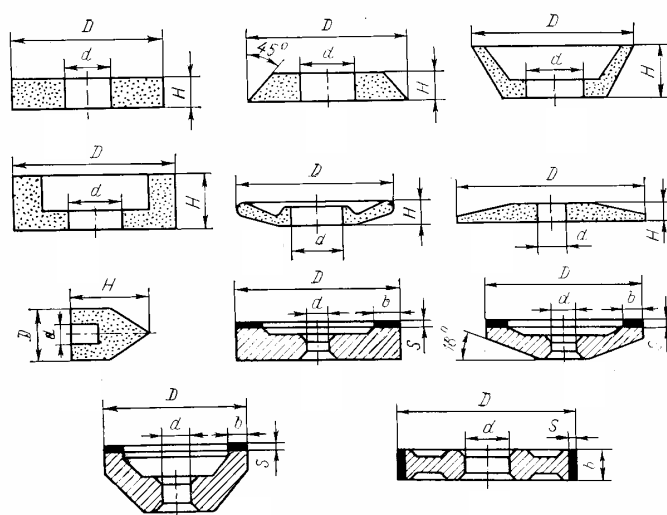


Рис. 40. Шлифовальные круги для заточки и доводки дереворежущего инструмента

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, предельным 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 неуравновешенности масс разделяются на четыре класса. Круги класса точности АА должны соответствовать 1-му классу неуравновешенности, круги класса точности А – 1-му или 2-му, а круги класса точности Б – 1-му, 2-му или 3-му классу неуравновешенности. Класс неуравновешенности кругов из эльбора на керамических связках должен быть 1 или 2.

Таблица 41

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

Тип (форма)	Наименование и назначение	Позиция на рис. 40	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
4П	Плоские конического про- филя с малым углом для за- точки сверл, концевых фрез и мелкого инструмента	6	300	6...13	76; 127
			100 125	6...16 8	20; 51 32
D	Диски для заточки ленточ- ных пил, фрез, цепочек и резки металла	1	150	2	32
			200	2; 5	32
ЧЦ	Чашки цилиндрические для заточки ножей, фрез по зад- ней 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
4К	Чашки конические для за- точки ножей и фрез по пе- редней грани	3	100	25	20
			175	63	32
ГК-60	Головка для заточки полых долот	7	10	25	3
			30	50	6

Таблица 42

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

Тип	Наименование (ГОСТ)	Позиция на рис. 40	Основные размеры, мм				Назначение
			<i>D</i>	<i>B</i>	<i>S</i>	<i>d</i>	
АПП	Плоские прямого профиля (ГОСТ 16167-80)	8	100 125	6...32 6...32	3; 5 3; 5	32 32	Круглое наружное шлифование фрез, фрезерных головок, поднутрение круглых пил, шлифование
АПВ	Плоские с выточкой (ГОСТ 16170-81Е)	11	100 150	3...10 5...20	1; 3; 5 3; 5	32 32	Заточка и доводка фасок, ножей, боковых поверхностей зубьев
АЧК	Чашки конические (ГОСТ 16172-80Е)	10	100 125	3; 5 3; 5	3 3	20 32	То же, фасок, ножей, фрезерных головок, сверл
АТ	Тарелки (ГОСТ 16175-81Е)	9	100	3; 5	3	32	То же, сверл, передних поверхностей
Примечание. В обозначении кругов из эльбора буква А заменяется буквой Л							

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

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 принимается за 100 %-ную концентрацию алмазного (эльборового) шлифовального круга?
9. Что такое структура абразивного инструмента?
10. Какие шлифовальные шкурки выпускает промышленность для деревообрабатывающей промышленности?
11. Как условно обозначается шлифовальная шкурка?
12. Приведите схему лепесткового шлифовального круга.
13. Назовите достоинства лепесткового шлифовального круга.
14. Какие шлифовальные круги применяют для обработки древесных материалов?
15. Назовите типы кругов для заточки режущего инструмента?

ЧАСТЬ III

Расчет и проектирование режущего инструмента

15. Допуски и посадки

15.1. Общие сведения

Дереворежущий инструмент изготавливают по чертежам, на которых указаны форма поверхности детали, размеры, шероховатость и требования к точности изготовления. Размеры, поставленные на чертеже, называются **номинальными**.

Обработать деталь точно по номинальному размеру практически невозможно. Фактические размеры обработанной детали всегда отличаются от номинальных. Поэтому каждый номинальный размер ограничивают двумя **предельными размерами**: наибольшим и наименьшим. На чертеже вместо предельных размеров рядом с номинальным указывают два предельных отклонения, например, $75^{+0,021}_{+0,02}$ мм, $175^{+0,40}$ мм, $75_{-0,040}$ мм, $175 \pm 0,02$ мм. Отклонения, равные нулю не указывают [23].

Действительным отклонением называется алгебраическая разность между действительным и номинальным размерами. **Предельное отклонение** – алгебраическая разность между предельным и номинальным размерами. Одно предельное отклонение из двух называется верхним, а другое – нижним. Графически отклонения откладывают относительно горизонтальной нулевой линии. **Нулевая линия** – линия, соответствующая номинальному размеру. Одно из двух отклонений (верхнее или нижнее), ближайшее от нулевой линии, называют **основным отклонением**. Для валов и отверстий установлено (ГОСТ 25346-82) по 28 основных отклонений. Условно они обозначаются буквами латинского алфавита: для валов – строчными буквами, для отверстий – прописными.

Зону (поле), ограниченную верхним и нижним отклонением, называют **полем допуска**. Оно характеризуется величиной допуска и его положением относительно номинального размера. Допуск характеризует точ-

ность изготовления детали, а положение поля допуска определяет тип посадки при сборке деталей.

Допуски и посадки нормализованы государственными стандартами, входящими в две системы: ЕСДП – "Единая система допусков и посадок" (ГОСТ 25346-82, 85347-82, 25348-82) и ОНВ – "Основные нормы взаимозаменяемости" (ГОСТ 25670-83). ЕСДП распространяется на допуски размеров гладких элементов деталей и на посадки, образуемые при соединении этих деталей. ОНВ регламентирует допуски и посадки шпоночных, шлицевых, резьбовых и конических изделий.

Классы (уровни, степени) точности в ЕСДП названы квалитетами. **Квалитет** (степень точности) – ступень градации значений допусков системы. С увеличением номера квалитета допуск для всех номинальных размеров также растет.

В ЕСДП установлено 19 квалитетов, обозначаемых порядковым номером: 01; 0; 1; 2; 3;...16; 17. Точность размера убывает от квалитета 01 к квалитету 17.

Для нужд деревообрабатывающей промышленности разработан дополнительно квалитет с номером 18 и допуском IT18. ГОСТ 6449.1-82 "Изделия из древесины и древесных материалов. Допуски и посадки" устанавливает девять квалитетов с 10 по 18.

Поле допуска вала или отверстия указывают после номинального размера буквой основного отклонения и номером квалитета. Например, 45h7 означает вал диаметром 45 мм 7-го квалитета.

Характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров или натягов, называется **посадкой**. Различают посадки с зазором, с натягом и переходные. Пример обозначения – H7/h6.

15.2. Расчет допуска квалитета

Допуск квалитета условно обозначают буквами *IT* с номером квалитета, например, *IT6* – допуск 6-го квалитета.

Допуски в квалитетах 5...17 определяют по формуле

$$ITq = ai, \quad (23)$$

где *q* – номер квалитета;

a – число единиц допуска;

i – значение единицы допуска, мкм, зависимое от номинального размера.

Количество единиц допуска *a* для квалитетов с 5 по 17 приведено ниже:

Квалитет	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<i>a</i>	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600

Значение единицы допуска для размеров 1...500 мм находят по табл. 43 или по формуле, мкм:

$$i = 0,45\sqrt[3]{D_c}, \quad (24)$$

где D_c – среднее геометрическое граничных значений интервала номинальных размеров, мм.

Все номинальные размеры в ЕСДП разбиты по интервалам, которые читаются в границах "свыше...до". Основные интервалы размеров, мм, приведены ниже:

10...3; 3...6; 6...10; 10...18; 18...30; 30...50; 50...80; 80...120; 120...180; 180...250; 250...315; 315...400; 400...500; 500...630; 630...800; 800...1000; 1000...1250; 1250...1600; 1600...2000; 2000...2500; 2500...3150; 3150...4000; 4000...5000; 5000...6300; 6300...8000; 8000...10000.

Величина

$$D_c = \sqrt{D_{\min} D_{\max}}, \quad (25)$$

где D_{\min} , D_{\max} – соответственно наименьшее и наибольшее граничное значение интервала номинальных размеров, мм.

Таблица 43

Значения единицы допуска i , мкм, для интервалов номинальных размеров от 1 до 500 мм

Интервалы		i	Интервалы		i
свыше	до		свыше	до	
-	3	0,6	80	120	2,2
3	6	0,75	120	180	2,5
6	10	0,9	180	250	2,9
10	18	1,1	250	315	3,2
18	30	1,3	315	400	3,6
30	50	1,6	400	500	4,0
50	80	1,9			

Пример. Вычислить допуск вала 7-го качества, если его номинальный размер равен 45 мм.

Решение. Размер 45 мм находится в интервале 30...45 мм. $D_{\min} = 30$ мм, $D_{\max} = 45$ мм.

Среднее геометрическое граничных значений интервала

$$D_c = \sqrt{30 \cdot 50} = 38,7 \text{ мм.}$$

Значение единицы допуска по формуле (24)

$$i = 0,45\sqrt[3]{38,7} + 0,001 \cdot 38,7 = 1,56 \text{ мкм.}$$

Для качества 7 $a = 16$.

Допуск вала по формуле (23)

$$IT17 = ai = 16 \cdot 1,56 = 24,9 = 25 \text{ мкм.}$$

Рассчитанные таким образом допуски качеств для номинальных размеров от 1 до 500 мм сведены в табл. 44.

Таблица 44

**Допуски качеств ЕСПД для основных валов
и отверстий, мкм**

Интервалы номинальных размеров	Квалитет по ЕСПД									
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
До 3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250
Св. 3 до 6	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300
Св. 6 до 10	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360
Св. 10 до 18	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430
Св. 18 до 30	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520
Св. 30 до 50	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620
Св. 50 до 80	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740
Св. 80 до 120	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870
Св. 120 до 180	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000
Св. 180 до 250	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150
Св. 250 до 315	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300
Св. 315 до 400	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400
Св. 400 до 500	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550

15.3. Размерные цепи

Размерной цепью называется совокупность размеров, непосредственно участвующих в решении поставленной задачи и образующих замкнутый контур. С помощью размерных цепей решают конструкторские, технические, измерительные и другие задачи [23].

Размеры, входящие в размерную цепь, называют звеньями. Звенья обозначают прописными буквами с порядковыми цифровыми индексами. Например, для размерной цепи A звенья обозначают $A_1, A_2, \dots, A_\Delta$; для цепи $B - B_1, B_2, \dots, B_\Delta$.

Каждое звено цепи выполняет свою функциональную роль. Различают следующие звенья.

Замыкающее звено (A_Δ, B_Δ) – звено размерной цепи, являющееся исходным при постановке задачи или получающееся последним в результате решения поставленной задачи.

Замыкающим звеном либо задаются, тогда оно считается исходным, либо его определяют при решении задачи.

Составляющее звено – звено размерной цепи, функционально связанное с замыкающим звеном.

Увеличивающее звено – составляющее звено размерной цепи, с увеличением которого замыкающее звено увеличивается. Например, звено \bar{B}_1 размерной цепи B .

Уменьшающее звено – составляющее звено размерной цепи, с увеличением которого замыкающее звено уменьшается. Например, звено \bar{A}_1 размерной цепи A .

Компенсирующее звено – составляющее звено размерной цепи, изменением которого достигается требуемая точность замыкающего звена.

Построение схемы размерной цепи начинают с изображения замыкающего звена в виде размерной линии со стрелками. По часовой стрелке от замыкающего звена располагают остальные звенья цепи. Если все звенья цепи образовали замкнутый контур, то схема цепи построена правильно.

Пример. Построить схему размерной цепи фрезерного блока, состоящего из набора фрез колец и прокладок и предназначенного для обработки прямых ящичных шипов (рис. 41).

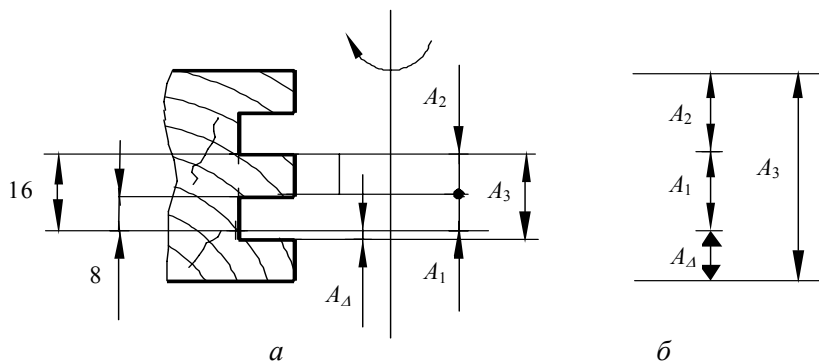


Рис. 41. Расчетная схема:

a – параметры фрезерного блока и профиля изделия;
 b – размерная цепь

Зубья фрезы всегда имеют торцовое биение. Величина торцового биения принимается за замыкающий размер. Так как шиповое соединение не должно иметь зазоров, то $A_{\Delta} = 0$.

По определению звенья A_1 и A_2 являются уменьшающими, а звено A_3 – увеличивающее.

Номинальный размер A_{Δ} замыкающего звена равен разности сумм номинальных размеров увеличивающих звеньев и номинальных размеров уменьшающих звеньев:

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^n \bar{A}_i - \sum_{n+1}^{m-1} \bar{A}_i, \quad (26)$$

где m – число звеньев размерной цепи;

$m - 1$ – число составляющих звеньев;

n – число уменьшающих звеньев.

$$A_{\Delta} = A_3 - (A_1 + A_2) = 16 - (8 + 8) = 0.$$

Цепь (см. рис. 41, b) замкнута и схема изображена правильно.

Типы задач. С помощью теории размерных цепей решают два типа задач: прямую и обратную.

Задачу называют **прямой**, если по номинальному размеру и допуску (предельным отклонениям) замыкающего звена требуется определить номинальные размеры, допуски и предельные отклонения всех остальных звеньев размерной цепи. Прямая задача решается главным образом при конструировании изделия.

Задача называется **обратной**, если по установленным номинальным размерам, допускам и предельным отклонениям составляющих звеньев требуется определить номинальный размер, допуск и предельные отклонения замыкающего звена. Обратная задача решается преимущественно при разработке технологических процессов изготовления и сборки изделия, ее называют задачей технолога.

Методы решения задач. Для решения прямых и обратных задач по достижению точности замыкающего звена применяют следующие методы:

- прямой взаимозаменяемости;
- неполной взаимозаменяемости;
- групповой взаимозаменяемости;
- метод регулирования;
- метод пригонки.

В случаях, когда допускается возможный выход за пределы допуска замыкающего звена, расчет выполняют вероятностным методом. Расчет

размерных цепей, у которых должна быть обеспечена полная взаимозаменяемость, называют расчетом по методу максимума – минимума.

Решение обратной задачи методом полной взаимозаменяемости.

Верхнее и нижнее отклонения звена A_i размерной цепи принято обозначать $E_s(A_i)$ и $E_i(A_i)$ соответственно.

По аналогии с формулой (26) можно записать

$$E_s(A_\Delta) = \sum_{i=1}^n E_s(\bar{A}_i) - \sum_{n+1}^{m-1} E_i(\bar{A}_i), \quad (27)$$

$$E_i(A_\Delta) = \sum_{i=1}^n E_i(\bar{A}_i) - \sum_{n+1}^{m-1} E_s(\bar{A}_i), \quad (28)$$

Верхнее отклонение $E_s(A_\Delta)$ замыкающего звена равно разности суммы верхних отклонений увеличивающих звеньев и суммы нижних отклонений уменьшающих звеньев.

Нижнее отклонение $E_i(A_\Delta)$ замыкающего звена равно разности суммы нижних отклонений увеличивающих звеньев и суммы верхних отклонений уменьшающих звеньев.

Допуск замыкающего звена TA_Δ равен сумме допусков всех составляющих звеньев:

$$TA_\Delta = \sum_{n+1}^{m-1} TA_i. \quad (29)$$

Допуск TA_Δ можно уменьшить путем сокращения количества составляющих звеньев и допусков на их изготовление.

Пример. Провести расчет размерной цепи методом полной взаимозаменяемости по расчетной схеме, приведенной на рис. 41, и убедиться, что заданный зазор $A_1 = 0$ будет обеспечен.

Решение. 1. Для номинальных размеров назначаем предельные отклонения. В случае сопрягаемых поверхностей отклонения назначают по таблицам в соответствии с посадками и квалитетами. Для свободных размеров: для вала (минус) – $(IT12, IT13, \dots, IT17)$; для отверстия (плюс) + $(IT12, IT13, \dots, IT17)$; остальных $\pm IT14/2$.

В соответствии с ГОСТ 6449-76 в шиповых соединениях рекомендуется посадка $H13/k13$. Тогда размер проушин равен $8^{+0,22}$ мм, толщина шипа – $8^{+0,22}$ мм, шаг шипового соединения (как отверстия) – $16^{+0,27}$ мм.

С учетом торцевого биения фрезы размеры фрезерного блока назначим более точно: ширина фрезы (допуск принимаем по табл. 44 как для вала по 10 квалитету) – $8_{-0,058}$ мм, толщина кольца (отверстие по 8 квалитету) – $8^{+0,22}$ мм, шаг фрезы (отверстие по 10 квалитету) – $16^{+0,07}$ мм.

2. Верхнее предельное отклонение для замыкающего звена по формуле (27):

$$E_s(A_\Delta) = 0,07 - (-0,058 + 0) = 0,128 \text{ мм.}$$

3. Нижнее предельное отклонение по формуле (28):

$$E_i(A_\Delta) = 0 - (0 + 0,022) = -0,022 \text{ мм.}$$

4. Допуск замыкающего звена по формуле (29):

$$TA_\Delta = 0,058 + 0,022 + 0,070 = 0,150 \text{ мм.}$$

Вывод. При назначенных размерах фрезерного блока торцевое биение фрезы возможно в пределах 0,150 мм, что вполне реально.

Решение прямой задачи методом полной взаимозаменяемости.

При решении прямой задачи замыкающее звено называют исходным. Его размером и отклонениями предварительно задаются.

Прямую задачу часто решают способом допусков одного качества. Это означает, что все составляющие звенья изготавливают по одному качеству точности.

Число единиц допуска замыкающего A_Δ может быть найдено по формуле

$$a = \frac{TA_\Delta}{\sum_{j=1}^{m-1} i}, \quad (30)$$

где i – значение единицы допуска, мкм, находится по уравнению (24) и табл. 43.

Допуски на составляющие звенья подбирают так, чтобы уравнение (30) выполнялось. Если это условие не выполняется, то изменяют допуск одного или двух звеньев, добиваясь удовлетворения уравнения (30).

Предельные отклонения для увеличивающих звеньев назначают как для отверстий, а для уменьшающих звеньев – как для основных валов.

Пример. Для фрезерного блока (см. рис. 41) предусмотрен зазор замыкающего звена A_Δ на торцевое биение зубьев фрезы. Допустимое биение находится в пределах 0...0,15 мм.

Требуется назначить допуску и предельные отклонения на составляющие звенья: ширины фрезы $\vec{A}_1 = 8$ мм, толщины кольца $\vec{A}_2 = 8$ мм и шага $\vec{A}_3 = 16$ мм.

Решение. 1. Находим номинальный размер A_Δ по формуле (26):

$$A_\Delta = 16 - (8 + 8) = 0 \text{ мм.}$$

2. Верхнее $E_s(A_\Delta)$ и нижнее $E_i(A_\Delta)$ отклонения замыкающего звена:

$$E_s(A_\Delta) = A_{\Delta \max} - A_\Delta = 0,15 - 0 = 0,150 \text{ мм;}$$

$$E_i(A_\Delta) = A_{\Delta \min} - A_\Delta = 0 - 0 = 0 \text{ мм.}$$

3. Допуск замыкающего звена

$$TA_\Delta = E_s(A_\Delta) - E_i(A_\Delta) = 0,15 - 0 = 0,150 \text{ мм} = 150 \text{ мкм.}$$

4. Значения единиц допуска i составляющих звеньев (см. табл. 43): 0,9; 0,9 и 1,1 мкм.

5. Среднее число единиц допуска по формуле (30):

$$a = \frac{150}{0,9 + 0,9 + 1,1} = \frac{150}{2,9} = 51,7.$$

Полученному значению ближе подходит квалитет 9 ($a = 40$) или 10 ($a = 64$). Все звенья размерной цепи не могут быть выполнены по одному квалитету.

Назначим предельные отклонения для увеличивающего звена $\bar{A}_3 = 16$ мм как для основного отверстия ($H10$): $E_s(A_3) = +0,070$ мм, $E_i(A_3) = 0$; а для уменьшающих звеньев $h10$ и $h8$ – как для основных валов : $A_2 = 8_{-0,058}$ мм и $A_1 = 8_{-0,022}$ мм.

6. Пересчет верхнего и нижнего отклонений замыкающего звена (27), (28):

$$E_s(A_A) = 0,070 - (-0,058 - 0,022) = 0,150 \text{ мм};$$

$$E_i(A_A) = 0 - (0 + 0) = 0 \text{ мм}.$$

7. Допуск замыкающего звена $T(A_A) = 0,15$ мм.

Контрольные вопросы

1. Какие размеры называют номинальными, фактическими, предельными?
2. Что такое предельное отклонение и поле допуска?
3. Что такое квалитет, сколько их установлено в ЕСДП?
4. Как определяется допуск квалитета?
5. Что такое размерная цепь? Какие различают звенья в размерной цепи?
6. Как решается прямая и обратная задача с помощью теории размерных цепей?

16. Прочность инструмента

16.1. Прочность пайки пластин

Пластины, припаянные на зубья вращающегося режущего инструмента, отрываются главным образом под действием центробежных сил. На рис. 42 показана такая пластина.

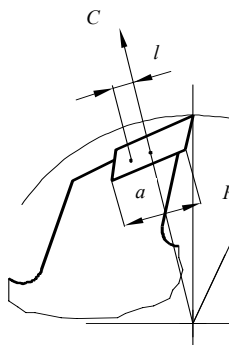


Рис. 42. Схема к расчету паяного соединения

К центру тяжести пластины приложена центробежная сила C , которая проходит на расстоянии l от центра поверхности пайки. Принимается, что нагрузку от действия центробежной силы воспринимает только нижняя поверхность пайки размером $a \times b$, где b – ширина пластины.

Центробежную силу C , Н, определяют по формуле

$$C = \frac{mV^2}{R}, \quad (31)$$

где m – масса пластин, кг;

V – окружная скорость центра масс пластины, м/с;

R – радиус центра масс пластины, м.

В паяном шве возникают напряжения растяжения и изгиба. Результирующее напряжение σ_{Σ} , МПа, равно

$$\sigma_{\Sigma} = \frac{C}{F} + \frac{M_u}{W} = \frac{C}{ab(1 + \frac{6l}{a})}, \quad (32)$$

где F – расчетная нагрузка паяного соединения, Н;

M_u – момент изгиба от действия центробежной силы, Н·мм;

W – момент сопротивления паяного шва, мм³;

a, b, l – размеры соединения, мм.

При пределе прочности припоев на растяжение $\sigma_{\sigma} = 260 \dots 300$ МПа допускаемое напряжение паяного шва принимают $[\sigma] = 200$ МПа.

Пример. Дано: размеры пластины $a \times b = 12 \times 40$ мм²; масса $m = 0,1$ кг; радиус центра масс $R = 80$ мм; расстояние от линии действия центробежной силы до центра нижней поверхности пайки $l = 1$ мм; частота вращения фрезы $n = 6000$ мин⁻¹.

Определить запас прочности паяного соединения.

Решение. 1. Находим окружную скорость вращения центра масс пластины:

$$V = \frac{2\pi Rn}{60 \cdot 1000} = \frac{2\pi \cdot 80 \cdot 6000}{60 \cdot 1000} = 50,2 \text{ м/с.}$$

2. Центробежная сила по формуле (31):

$$C = \frac{0,1 \cdot 50,2^2}{0,08} = 3152,65 \text{ Н.}$$

3. Напряжение в паяном шве по формуле (32):

$$\sigma_{\Sigma} = \frac{3152,6 \cdot 50,2^2}{12 \cdot 40 \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 1}{12}\right)} = 4,4 \text{ МПа.}$$

4. Запас прочности паяного шва:

$$K = \frac{[\sigma]}{\sigma_{\Sigma}} = \frac{200}{4,4} = 45,5.$$

Запас прочности зависит от свойств материала и режима работы инструмента. Обычно принимают $K = 1,5 \dots 3,0$ для пластичных материалов и $K = 4 \dots 8$ для хрупких материалов.

Вывод. Паяный шов обеспечивает высокую степень безопасности работы режущего инструмента.

16.2. Расчет круглых пил на прочность

При вращении круглой пилы в ее корпусе под действием центробежных сил возникают радиальные σ_r и тангенциальные σ_{τ} напряжения (рис. 43, а). Радиальные напряжения достигают максимального значения $\sigma_{r \max}$ на середине радиуса пилы, а тангенциальные $\sigma_{\tau \max}$ – около посадочного отверстия (рис. 43, б). Для пил с плоским диском значения максимальных напряжений $\sigma_{r \max}$ и $\sigma_{\tau \max}$ находят по следующим формулам [21, 24], МПа:

$$\sigma_{r \max} = \frac{\gamma W^2}{100g} \left(\frac{3 + \mu}{8} \right) (1 - \alpha)^2; \quad (33)$$

$$\sigma_{\tau \max} = \frac{\gamma W^2}{100g} \left(\frac{3 + \mu}{4} \right) \left(1 + \frac{1 - \mu}{3 + \mu} \alpha^2 \right); \quad (34)$$

где γ – плотность стали (7,36 г/см³);

W – окружная скорость вращения диска, м/с;

g – ускорение свободного падения ($9,81 \text{ м/с}^2$);
 μ – коэффициент Пуассона (0,3);
 $\alpha = r/R$ – отношение радиуса посадочного отверстия к наружному радиусу пилы.

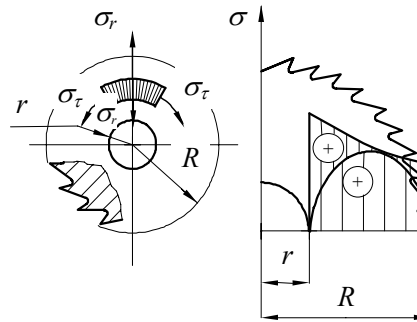


Рис. 43. Напряжения в круглых пилах при вращении:

a – виды напряжений;
 b – распределение напряжений по радиусу диска

Расчетные значения максимальных напряжений растяжения для некоторых пил с плоским диском приведены ниже:

Наружный диаметр пил D , мм	800	700	600	500
Частота вращения пилы n , мин ⁻¹	1200...1600	1400...1800	1600...2100	2100...2500
Окружная скорость пилы V , м/с	50...67	52...66	50...66	56...65
$\sigma_{r \max}$, МПа	7,6...13,6	7,3...12,1	6,4...10,9	6,0...8,3
$\sigma_{\tau \max}$, МПа	20,2...36,0	21,2...34,7	20,3...34,6	34,0...39,8

Для круглых пил из стали марок 85ХФ, 9ХФ предел прочности на разрыв равен $\sigma_b = 1300...1500$ МПа. Предел усталости стали круглой пилы $\sigma_{-1} = 0,9\sigma_b - 0,003\sigma_b^2$. В среднем $\sigma_{-1} = 670$ МПа. Запас прочности принимают $k = 4$. Тогда допускаемое напряжение для пилы будет равно $[\sigma] = \sigma_{-1}/k = 670/4 = 168$ МПа.

Пример. Дано. Диаметр пилы с плоским диском $D = 1250$ мм, диаметр посадочного отверстия $d = 50$ мм.

Решение. 1. Исследования по резанию древесины круглыми пилами показывают, что наименьшее энергопотребление наблюдается при скорости главного движения $V = 70$ м/с. Принимаем $V = 70$ м/с.

2. При работе пильного диска наибольшего значения достигают касательные напряжения. По формуле (34)

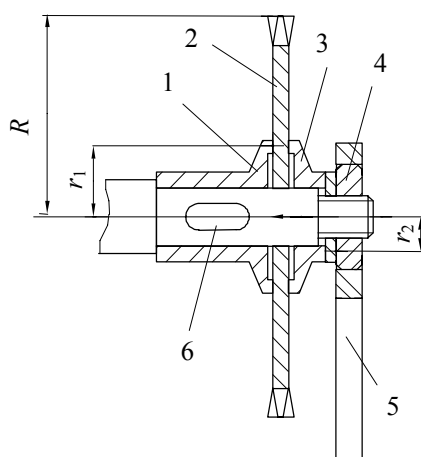
$$\sigma_{\tau} = \frac{7,36 \cdot 70^2}{100 \cdot 9,81} \left(\frac{3+0,3}{4} \right) \left(1 + \frac{1-0,3}{3+0,3} \cdot \left(\frac{50}{1250} \right)^2 \right) = 30,34 \text{ МПа} < [\sigma].$$

3. Частота вращения пилы

$$n = \frac{60000V}{\pi D} = \frac{60000 \cdot 70}{\pi \cdot 1250} = 1070 \text{ мин}^{-1}.$$

Вывод. При нормальном режиме работы пила по прочности имеет значительный резерв. Однако тепловые явления, колебания пилы, силы резания и результаты проковки (вальцевания) могут изменить режим работы и привести к исчерпанию резерва.

16.3. Расчет крепления инструмента на валу



Режущие инструменты на валу часто крепятся с помощью зажимных фланцев колец и накладных гаек. На рис. 44 показана схема крепления на валу круглой пилы.

Рис. 44. Схема крепления круглой пилы на валу

Пила 2 зажата на валу между коренным фланцем 1, установленным на шпонке 6 и зажимным 3. Последний прижат к пиле гайкой 4, заворачи-

ваемой с помощью гаечного ключа 5.

При креплении пилы должно быть выполнено условие [21].

$$M_{mp} = \alpha M_p,$$

где M_{mp} – момент силы трения на опорных поверхностях фланцев, Н·м;

M_p – момент касательной силы резания относительно оси вращения, Н·м;

α – коэффициент запаса ($\alpha \geq 4$).

Условие можно записать в виде

$$\alpha F_x R = 2Nf r_1, \quad (35)$$

где F_x – касательная сила резания, Н; R – наружный радиус пилы, м;
 f – коэффициент трения скольжения между пилой и фланцами
 ($f = 0,12 \dots 0,18$);

r_1 – средний радиус окружности кольцевой опорной поверхности фланцев, м.

Отсюда

$$N = \frac{\alpha F_x R}{2f r_1}. \quad (36)$$

Касательная сила резания

$$F_x = \frac{1000P\eta_n}{V}, \quad (37)$$

где P – мощность электродвигателя механизма главного движения (привода пилы), кВт; η_n – КПД привода; V – скорость главного движения пилы, м/с.

Работа силы, приложенной к гаечному ключу при закручивании гайки на один оборот, расходуется на преодоление работы силы нормального давления на пути шага резьбы и работы сил трения на опорной поверхности гайки:

$$2\pi l T = \frac{N_s}{\eta} + 2\pi N f_{mp} r_2, \quad (38)$$

где l – плечо гаечного ключа ($l = 0,25 \dots 0,4$ м);

T – усилие на ключе, Н;

S – шаг резьбы, м;

η – КПД резьбы;

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg}(\beta + \rho)},$$

где β – угол подъема резьбы, рад

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{S}{\pi d_{cp}},$$

где d_{cp} – средний диаметр резьбы, м;

ρ – угол трения резьбы (для метрической резьбы $\rho = 6^\circ 40'$);

f_{mp} – коэффициент трения гайки по фланцу или шайбе ($f_{mp} = 0,12 \dots 0,18$);

r_2 – средний радиус опорной поверхности гайки, м.

Усилие на ключ, Н, равно

$$T = \frac{N}{l} \left(\frac{S}{2\pi\eta} + f_{mp} r_2 \right). \quad (39)$$

Для предотвращения самоотвинчивания гайки при работе пилы резьба должна иметь направление, обратное направлению вращения пилы. Для выполнения условия самоторможения необходимо, чтобы $\beta \leq \rho$. Резьбовой конец вала работает на растяжение. Проверку его производят по формуле

$$d_1 = \sqrt{\frac{5,2N}{\pi[\sigma_p]}}, \quad (40)$$

где d_1 – внутренний диаметр резьбы вала, м;

$[\sigma_p]$ – допускаемое напряжение на растяжение вала, Па.

Пример. Дано: на круглопильном станке установлена пила $D = 400$ мм, наружный диаметр зажимных фланцев $d = 125$ мм, средний радиус кольцевой опорной поверхности $r_1 = 57$ мм. Скорость главного движения $V = 50$ м/с, мощность электродвигателя привода пилы 11 кВт, КПД привода 0,95. Параметры резьбы на конце вала – М36×2; средний радиус опорной поверхности гайки $r_2 = 28$ мм. Длина гаечного ключа $l = 300$ мм.

Определить усилие на ключе.

Решение. 1. Находим максимальную окружную касательную силу резания

$$F_x = \frac{1000 \cdot 11 \cdot 0,95}{50} = 209 \text{ Н.}$$

2. Сила нормального давления гайки на зажимные фланцы (36):

$$N = \frac{4 \cdot 209 \cdot 0,2}{2 \cdot 0,12 \cdot 0,057} = 12222 \text{ Н.}$$

3. Угол подъема резьбы:

$$\beta = \arctg\left(\frac{S}{\pi d_{cp}}\right) = \arctg\left(\frac{2}{\pi \cdot 33,7}\right) = \arctg 0,0189 = 1^\circ.$$

4. КПД резьбы:

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg}(\beta + \rho)} = \frac{0,0189}{\operatorname{tg}(1^\circ + 6^\circ 40')} = \frac{0,0189}{0,1334} = 0,14.$$

5. Усилие на ключе при затягивании гайки (39):

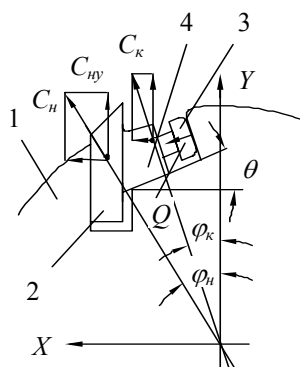
$$T = \frac{12222}{300} \left(\frac{2}{2\pi \cdot 0,14} + 0,12 \cdot 28 \right) = 229,6 \text{ Н.}$$

16.4. Расчет клинового крепления ножей

Клиновое крепление ножей широко применяется в сборных фрезах и ножевых валах. Возникающие при вращении фрезы центробежные силы стремятся вырвать нож из паза. Этому препятствуют силы трения. Причем чем больше центробежные силы, тем больше силы трения.

Узел крепления включает корпус фрезы 1 (рис. 45) с пазом, в котором размещены нож 2, клин 4 и несколько винтов 3, ввернутых в клин.

Рис. 45. Схема к расчету клинового крепления ножа



При вывертывании винтов они отталкивают клин в сторону ножа с силой Q . При вращении фрезы на клин и нож действуют центробежные силы C_k и C_n .

Под действием проекции силы на ось Y C_{ny} нож стремится вылететь из паза корпуса. Этому препятствуют силы трения ножа по стенке паза и по поверхности клина. При этом проекции сил на ось X Q_x и C_{kx} создают силы трения по обеим поверхностям, а C_{nx} только по стенке паза.

С учетом сказанного условие равновесия ножа можно записать так:

$$C_{ny} \leq f(2Q_x + 2C_{kx} + C_{nx}), \quad (41)$$

где f – коэффициент трения, $f = 0,12 \dots 0,18$.

Выразив проекции сил через углы наклона φ_k , φ_n и угол клина θ , получим

$$C_n \cos \varphi_n \leq f(2Q \cos \theta + 2C_k \sin \varphi_k + C_n \sin \varphi_n). \quad (42)$$

Усилие от затяжки одного винта, Н:

$$Q_1 = \frac{2Tl}{d_{cp} \operatorname{tg}(\beta + \rho)}, \quad (43)$$

где T – усилие на ключе, Н;

l – длина ключа, мм;

d_{cp} – средний диаметр резьбы, мм;

β – угол подъема резьбы, град;

ρ – угол трения, град.

Пример. Дано: диаметр сборной фрезы $D = 180$ мм, ширина – 170 мм. Частота вращения $n = 6000 \text{ мин}^{-1}$. Масса ножа $m_n = 0,16$ кг, масса клина $m_k = 0,5$ кг; угол клина $\theta = 20^\circ$. Углы действия центробежной силы и радиу-

сы центра масс клина и ножа соответственно $\varphi_k = 29^\circ$, $r_k = 73$ мм; $\varphi_n = 38^\circ$, $r_n = 74$ мм. Крепежный винт – М10×1; усилие на ключе $T = 50$ Н, $l = 70$ мм, $\beta = 2^\circ 30'$, $\rho = 8^\circ 30'$.

Определить количество винтов, необходимых для крепления.

Решение. 1. Окружная скорость центра масс клина и ножа:

$$V_k = \frac{2 \cdot \pi \cdot 73 \cdot 6000}{60000} = 46 \text{ м/с};$$

$$V_n = \frac{2 \cdot \pi \cdot 74 \cdot 6000}{60000} = 46,5 \text{ м/с}.$$

2. Центробежные силы системы клин – винты и ножа по формуле (31):

$$C_k = \frac{0,5 \cdot 46^2}{0,073} = 14493 \text{ Н};$$

$$C_n = \frac{0,16 \cdot 46,5^2}{0,74} = 4675 \text{ Н}.$$

3. Усилие затяжки одним винтом по формуле (43):

$$Q_1 = \frac{2 \cdot 50 \cdot 70}{9,35 \cdot \text{tg}(2^\circ 30' + 8^\circ 30')} = 3800 \text{ Н}.$$

4. Необходимое усилие затяжки всеми винтами из уравнения (42):

$$Q = \frac{C_n \cos \varphi_n - f(2C_k \sin \varphi_k + C_n \sin \varphi_n)}{2f \cos \theta},$$

$$Q = \frac{4675 \cdot 0,788 - 0,15(2 \cdot 14493 \cdot 0,48 + 4675 \cdot 0,62)}{2 \cdot 0,15 \cdot 0,94} = 4123 \text{ Н}.$$

5. Количество необходимых для крепления винтов:

$$n = \frac{4123}{3800} = 1,085 \text{ шт.}$$

Принимаем $n = 2$ шт.

Контрольные вопросы

1. Как рассчитывают прочность пайки пластин на зубья вращающегося инструмента?
2. Изобразите эпюры радиальных и тангенциальных напряжений в дисках пил от действия центробежных сил?
3. Как определить усилие на ключе при креплении диска пилы во фланцах?
4. Изобразите схему сил, действующих при работе на элементы клинового крепления ножа.
5. Как рассчитывают прочность клинового крепления ножа?

17. Проектирование затылованных фрез

17.1. Общие сведения

Цельная насадная фасонная фреза – наиболее распространенный фрезерный инструмент. Она предназначена для обработки поверхностей деталей сложного профиля. Главные требования, предъявляемые к фрезе, относятся к безопасности работы и удобству заточки зубьев. Кроме того, независимо от числа переточек зубьев в процессе эксплуатации их угловые и линейные параметры должны оставаться неизменными. Это достигается тем, что задние поверхности зубьев (их затылки) выполняют по спирали Архимеда с полярным уравнением $R = a\varphi$, где R – радиус спирали, мм; a – коэффициент пропорциональности, мм/град; φ – текущий полярный угол, град.

Здесь $a = k/\varphi$, где k – величина падения кривой затылка зуба.

Затыловку зубьев по архимедовой спирали делают на токарно-затыловочных станках. Корпус фрезы на станке вращается непрерывно, а затыловочный резец совершает возвратно-поступательное радиальное движение на участке каждого зуба.

Фреза, затылованная по спирали Архимеда, дает погрешность по заднему углу резания на величину $1...2^\circ$.

На рис. 46 показаны основные элементы и параметры фрезы.

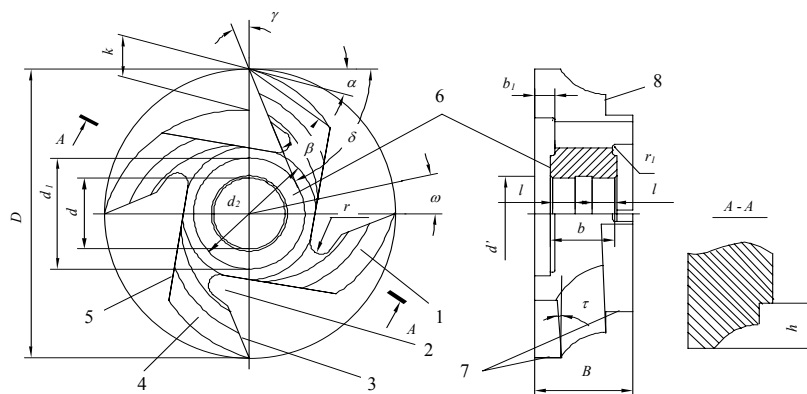


Рис. 46. Фреза фасонная цельная насадная

Элементы фрезы. Фреза включает зубья 1 с передними гранями 3 и затылками 4. Между зубьями расположены впадины 2 с задними гранями 5.

Для крепления на станке корпус фрезы имеет ступицу с опорными торцовыми поверхностями 6. Зубья снабжены главными 7 и боковыми 8 режущими кромками.

Параметры фрезы. Каждая фреза характеризуется совокупностью числовых значений основных и вспомогательных параметров.

Основными параметрами фрезы служат наружный диаметр D , диаметр посадочного отверстия d , углы резания: передний γ , заострения β , задний α и угол резания δ ; угол косой обточке затылка зуба τ , угол выхода затыловочного резца ω , величина падения кривой затылка зуба k , ширина зуба фрезы B .

Вспомогательные параметры фрезы: диаметр ступицы d_1 , диаметр торцовой выточки d_2 , диаметр выточки посадочного отверстия d' , радиус закругления впадин r , радиус закругления торцовой выточки r_1 , ширина ступицы b , глубина торцовой выточки b_1 , расстояние от опорной торцовой поверхности до выточки посадочного отверстия l , высота профиля зуба в нормальном (радиальном) сечении h .

17.2. Анализ профиля детали

Профиль детали, подлежащий обработке проектируемой фрезой, должен быть подвергнут анализу. Результатом анализа могут быть следующие выводы:

- профиль пригоден для обработки цельной фрезой;
- профиль должен быть упрощен, изменен для обработки цельной фрезой;
- профиль детали может быть обработан составной фрезой [1, 5, 14].

Наиболее трудными для профильного фрезерования являются поверхности детали перпендикулярные оси вращения фрезы. Эти поверхности формируются боковыми режущими кромками фрезы. Если задний угол боковой режущей кромки будет равен нулю, то профиль детали при последующих переточках фрезы будет сохраняться, но при работе эти кромки будут сильно нагреваться, изнашиваться, затупляться. Во избежание этого на боковых кромках приходится делать поднутрение с углом $\lambda = 1...1,5^\circ$ (рис. 47 а) или проектировать составные фрезы с задним углом при боковой кромке, что делает инструмент сложным и дорогим.

У профиля детали в точке C (рис. 47 б) поверхность точек перпендикулярна оси вращения фрезы и для нее присущи вышеуказанные трудности. Для устранения этого недостатка считают возможным изменить профиль детали в этой точке так, чтобы кривая поверхность в точке C была бы наклонна к оси вращения под углом 80° . За счет этого размер профиля BC увеличивается на $0,08...0,4$ мм, а боковой зазор становится равным $1,5^\circ$.

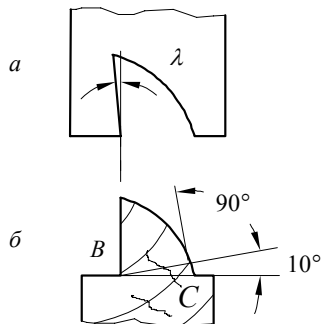


Рис. 47. Проектирование зуба фрезы:
a – поднутрение боковой кромки со стороны передней грани;
б – изменение профиля детали в точке *C*

На рис. 48 показаны другие примеры видоизменения профиля детали.

Рис. 48. Изменение профиля детали:
a – было; *б* – стало

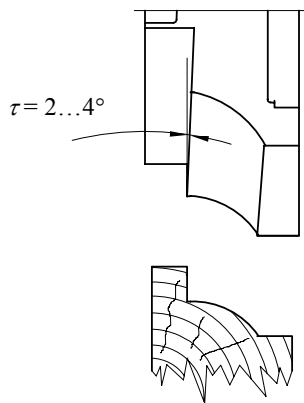
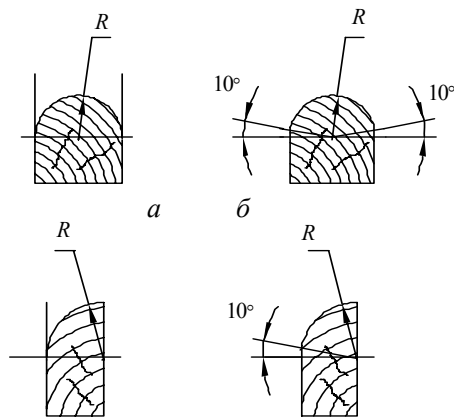


Рис. 49. Проектирование затылка фрезы с косой обточкой под углом τ

Если профиль детали односторонний, несимметричный с прямолинейными участками, перпендикулярными оси вращения фрезы (рис. 49), то цельную фрезу проектировать можно. В этом случае линии затылка зуба фрезы делаются не перпендикулярными оси вращения, а с косой обточкой $\tau = 2...4^\circ$, что обеспечивает такой же задний угол для боковых режущих кромок. При последующих переточках профиль зуба смещается вправо, но сохраняется.

Случаи проектирования цельной фрезы. На основании

проведенного анализа профилей детали можно сделать вывод, что цельную фасонную насадную фрезу допускается проектировать в следующих случаях:

- для профилей, ограниченных криволинейными поверхностями и прямыми, параллельными оси вращения фрезы или наклонными к ней под углом до 80° ;
- для профилей односторонних, несимметричных с прямолинейными участками перпендикулярными к оси вращения фрезы. Для таких профилей зубья затачивают с поднутрением или с косой боковой обточкой кромок затылка.

17.3. Выбор основных параметров фрезы

Численные значения параметров фрезы зависят от многих факторов: скорости главного движения, шероховатости обработанных поверхностей детали, условий труда (ручная, механизированная подача), сложившихся традиций и практического опыта. Скорость главного движения при фрезеровании имеет значения в пределах 20...40 м/с при частоте вращения фрезы 3000...12000 мин⁻¹. Исходя из этого, наружный диаметр D принимается из следующего ряда чисел:

Тип фрезерного станка	Легкий	Средний	Тяжелый
D , мм	60; 80; 100	100; 120; 140	140; 160

Диаметр посадочного отверстия d связан с наружным диаметром фрезы D соотношением

$$d \approx (0.25 \dots 0.33)D. \quad (44)$$

Полученное значение посадочного отверстия d округляют до нормализованного из ряда (ГОСТ 6636-74), мм:

22; 27; (30); 32; (35); 40; 50; 60; 70.

Число зубьев фрезы Z = 2; 4; 6. Меньшее значение Z принимают при работе на станке с ручной подачей. Для станков с механической подачей Z = 4; 6.

Выбор угловых параметров. Угловые параметры фрез приведены в табл. 45.

Численные значения угловых параметров фрез

Назначение фрезы	Угол, град			
	передний γ	задний α	обточки боковой поверхности τ	поднут- рения λ
Фрезерование вдоль волокон: мягких лиственных и хвойных пород;	30	15	4	4
твердых лиственных пород	25	15	4	2...4
Фрезерование поперек волокон твердых пород	30	15	2	2
Фрезерование в торец	30	10...15	4	4

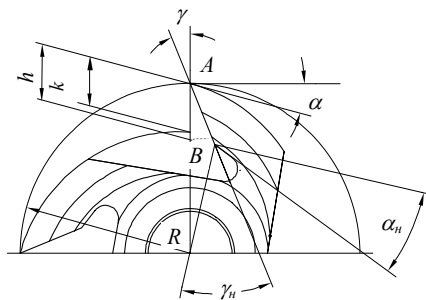


Рис. 50. Схема угловых параметров зуба фрезы

У фасонной фрезы режущие кромки на передней грани AB (рис. 50), формирующие высоту обрабатываемого профиля h , имеют различные радиусы вращения. Так, для наружных точек A радиус вращения равен R , а для нижних точек B радиус вращения равен $R - h$. В связи с этим при переходе от точки A к точке B углы задний α и передний γ увеличиваются до

α_n и γ_n . Они математически связаны следующими формулами [1]:

$$\begin{aligned} \sin \gamma_n &= \frac{R}{R-h} \sin \gamma, \\ \operatorname{tg} \alpha_n &= \frac{R}{R-h} \operatorname{tg} \alpha. \end{aligned} \quad (45)$$

При проектировании фасонной фрезы надо стремиться к тому, чтобы значения γ и γ_n , α и α_n были близки к табличным. Для этого значения γ и α , принятые по табл. 45, надо несколько уменьшить.

Величина падения кривой затылка зуба k , мм:

$$k = \frac{\pi D \operatorname{tg} \alpha}{Z}. \quad (46)$$

Угол выхода затыловочного резца. Затыловочным резцом обрабатывают затылки зубьев фрезы на токарно-затыловочном станке. Угол

выхода ω необходим для того, чтобы затыловочный резец, обработав затылок предыдущего зуба, успел выйти в исходное положение для обработки затылка последующего зуба.

Значение $\omega = 0,3\omega_0$ для цилиндрических фрез и $\omega = (0,11...0,17)\omega_0$ при обработке очень глубоких профилей. Здесь $\omega_0 = 360^\circ/Z$. Минимально возможный угол $\omega = 10...12^\circ$.

Материал для изготовления фрез. Фрезы изготавливают из высоколегированных сталей марок Х12Ф, Х12М, 9Х5ВФ, Х6ВФ.

17.4. Последовательность проектирования фасонной фрезы

Дано. Наружный диаметр фрезы D , диаметр посадочного отверстия d , число зубьев фрезы Z , уточненные значения углов переднего γ и заднего α , чертеж профиля обрабатываемой детали показан на рис. 51.

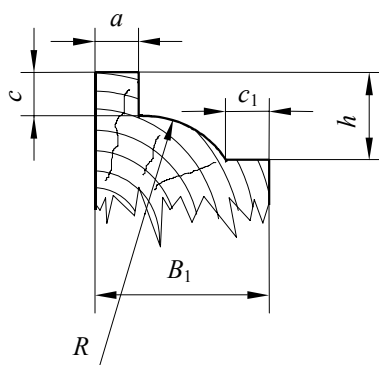


Рис. 51. Заданный профиль детали

Требуется. Выполнить чертеж фасонной фрезы.

На основании выбранных исходных данных чертят фрезу в следующем порядке [5].

1. Проводят геометрические оси с пересечением в точке O (рис. 52). Из центра O проводят окружность диаметром D .

2. Полученную окружность делят на равные части по числу зубьев, и вершины зубьев обозначают порядковыми номерами 1, 2, 3, 4.

3. Проводят линии передних граней зубьев, расположенных под углом γ . Для этого сначала проводят вспомогательную окружность радиусом r_1 , мм:

$$r_1 = \frac{D}{2} \sin \gamma. \quad (47)$$

Линии передних граней пройдут касательно к этой окружности.

4. Переходим к построению линии затылков зубьев. Для упрощения построений линии архимедовой спирали заменим дугами окружностей.

Центры их расположены на вспомогательной окружности с радиусом r_2 , мм:

$$r_2 = \frac{D}{2} \sin \alpha. \quad (48)$$

Из центра O проводят эту окружность, и из вершин зубьев 1, 2, 3, 4 в сторону вращения фрезы проводят касательные прямые линии. Полученные точки касания O_1, O_2, O_3, O_4 есть четыре линии затылков зубьев. Из этих центров, радиусами O_11, O_12, O_13, O_14 проводят дуги окружностей внешних затыловочных кривых.

5. Из центра фрезы проводят вспомогательную окружность радиусом r , мм:

$$r = \frac{D}{2} - h, \quad (49)$$

где h – высота профиля детали, т. е. расстояние между верхней и нижней точками профиля.

На передних гранях зубьев получают точки 1', 2', 3', 4', соответствующие началу нижних затыловочных кривых. Из центров O_1, O_2, O_3, O_4 проводят дуги нижних затыловочных кривых. Аналогично проводят и другие затыловочные линии, расположенные между внешними и нижними затыловочными линиями.

6. Для вычерчивания межзубовой впадины из центра O проводят вспомогательную окружность радиусом r_3 , мм:

$$r_3 = \frac{D}{2} - h - y - r_4, \quad (50)$$

где y – величина запаса, $y = 5 \dots 10$ мм;

r_4 – радиус впадин, мм.

Радиус впадины r_4 зависит от диаметра фрезы D .

Диаметр фрезы D , мм	60...80	80...100	120...140	160...180
Радиус впадин r_4 , мм	3...4	4...5	5...6	6...8

На окружности радиусом r_3 расположены центры окружностей впадин.

При оформлении впадин можно использовать два приема.

Во-первых, центры окружностей впадин могут быть расположены в точках пересечения передних граней с окружностью радиуса r_3 . Этот прием рекомендуют для случаев, когда угол $\gamma \leq 23^\circ$; когда $D > 140$ мм, $Z > 4$ при любых значениях γ .

Во-вторых, окружности радиуса r_4 проводятся касательно к линиям передних граней из центров, расположенных на окружности радиуса r_3 . Этот прием используют при $\gamma > 25^\circ$ и небольших диаметрах фрез.

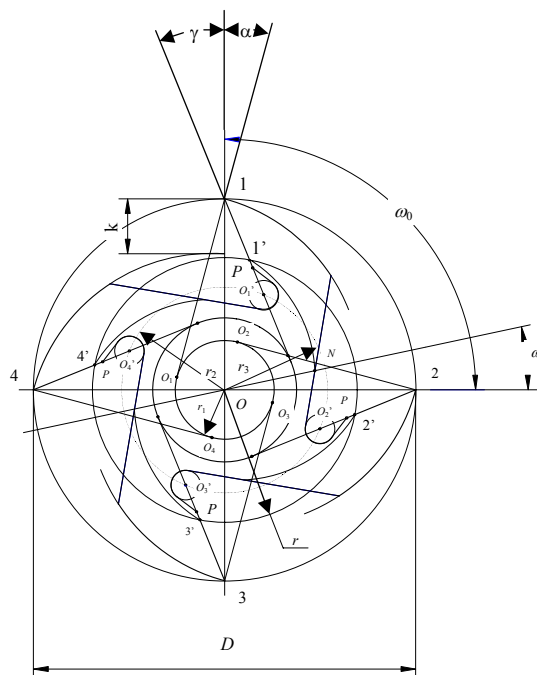


Рис. 52. Проектирование контура фасонной фрезы

7. Для определения положения задней грани впадины строят центральный угол ω – угол выхода затыловочного резца. Один из лучей угла ω пересекается с нижней затыловочной линией в точке N . Задняя грань впадин проходит через эту точку касательно к окружности радиуса r_4 .

8. На передних гранях к центру от нижней затыловочной линии откладывают отрезок 2...5 мм и получают точку P . Из этой точки проводят вторую касательную линию к окружности радиуса r_4 . Межзубовая впадина готова.

9. Одну из внешних затыловочных кривых проводят до пересечения с радиусом фрезы, проходящим через вершину зуба. Получаем вершину падения затылка зуба k .

10. Контур фрезы обводят, вспомогательные линии построения удлиняют.

11. На полученном контуре фрезы (рис. 53) проводят окружность посадочного отверстия диаметром d и линию фаски диаметром $d_0 = d + 2a$, где a – размер фаски, $a = 0,5 \dots 1,0$ мм.

12. Проводят окружность опорной ступицы диаметром d_1 , мм:

$$d_1 = d + 2\Delta, \quad (51)$$

где Δ – ширина опорной ступицы, мм. Ее значение принимают в пределах 5...15 мм в зависимости от диаметра фрезы D .

Диаметр фрезы D , мм	60	80	100	120	140	160	180
Значение Δ , мм	5	6	6,5	7,5	10	12,5	15

13. Для вычерчивания второй проекции фрезы ниже справа от полученного контура в масштабе изображают профиль обрабатываемой детали (см. рис. 53). Профиль должен быть расположен так, чтобы деталь при подаче ее справа налево лежала бы на столе широкой стороной. На профиль наносят все размеры.

14. Строят прямоугольник со сторонами D и B . Ширина фрезы B , мм:

$$B = B_1 + (3 \dots 5), \quad (52)$$

где B_1 – ширина заготовки, мм.

За счет косой обточки вертикальных кромок затылка профиль зубьев фрезы при переточках смещается вправо. Поэтому размер B следует больше сместить вправо относительно профиля детали.

15. Вычерчивают профиль зубьев фрезы на второй проекции, используя первую проекцию и профиль детали. При этом показывают разрез 1/4 фрезы.

16. Изображают контуры ступицы. Ширину ступицы b принимают в зависимости от ширины фрезы B :

Ширина фрезы									
B , мм	до 20	25	30	35	40	45	50	60	70
Ширина ступицы b , мм	$b = B$	20...25	25...30	25...30	30...36	36...40	40...48	45...50	

17. Для облегчения шлифования посадочного отверстия в нем делают выточку. Ширину опорных поясков l берут в зависимости от ширины ступицы b :

Ширина ступицы b , мм	20	25	30	36	40	45	50
Ширина опорных поясков l , мм	–	8	10	12	12	15	15

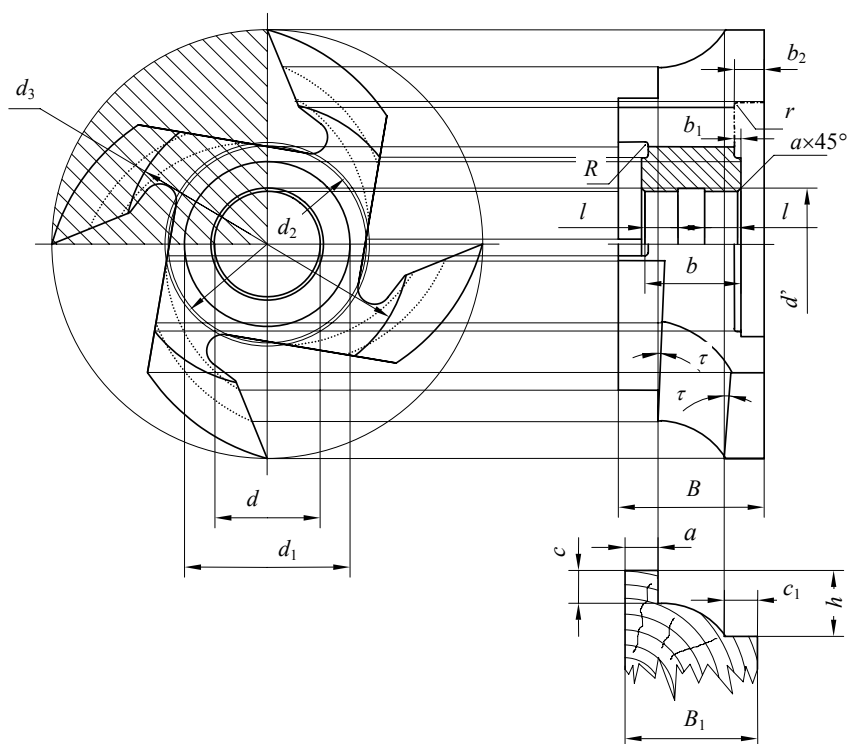


Рис. 53. Построение второй проекции фрезы

Диаметр выточки d' , мм:

$$d' = d + 2. \quad (53)$$

18. Для уменьшения массы фрезы с обеих ее сторон делают кольцевые выточки. Выточки делают на токарном станке.

Диаметры кольцевых выточек d_2 и d_3 принимают конструктивно, но так, чтобы выточка не подходила бы к нижней профильной поверхности затылка зуба ближе чем на 2...3 мм.

Глубина выточки b_2 при симметричном расположении ступицы, мм:

$$b_2 = \frac{B-b}{2} + b_1, \quad (54)$$

где b_1 – величина превышения опорной поверхности ступицы над дном выточки; $b_1 = 1,5...3,0$ мм.

Глубина выточки b'_2 и b''_2 при несимметричном расположении ступицы, мм:

$$\begin{aligned} b'_2 &= (B-b)x + b_1, \\ b''_2 &= (B-b)(1-x) + b_1, \end{aligned} \quad (55)$$

где x – коэффициент несимметричности.

При $x = 0...0,49$ ступица смещена вправо, при $x = 0,51...1,0$ ступица смещена влево, при $x = 0,5$ ступица расположена симметрично.

Углы выточки скругляют галтелью радиусом $r = 1,5...2,0$ мм.

19. Вертикальные линии зубьев выполняют с поднутрением или боковой обточкой затылка (см. анализ профиля детали).

20. При окончательном оформлении чертежа линии построения убирают, а видимые линии обводят.

17.5. Профилирование затылков зубьев

Профилирование затылка зуба есть процесс определения размеров профиля затылка в радиальном сечении по заданному профилю обрабатываемой детали.

Различают два метода профилирования: графический и аналитический. Первый метод обладает хорошей наглядностью, но невысокой точностью, второй метод обеспечивает высокую точность, но не дает наглядности. Профилирование затылка зуба фрезы возможно кривыми спиралями Архимеда или дугами окружности.

Профилирование с затыловкой зубьев по спирали Архимеда. Процесс профилирования задней поверхности зуба выполняют в следующем порядке.

1. Внизу слева на поле чертежа вычерчивают в масштабе профиль обрабатываемой детали (рис. 54).

2. Кривую поверхность профиля произвольно делят на несколько (например 7) участков с граничными точками 1...8. Эти точки сносят вправо горизонтальными прямыми линиями на вертикальную ось фрезы и получают соответственно точки $1_0...8_0$.

3. Радиусом фрезы из центра O , лежащего на вертикальной оси $1_0...8_0$, через точку 1_0 проводят внешнюю окружность фрезы. В точке пересечения этой окружности с горизонтальной линией $8...8_0$ размещают вершину зуба a . Под передним уточненным углом γ проводят переднюю грань зуба.

4. Строят затыловочную грань зуба по спирали Архимеда. Для этого центральный угол зуба $360^\circ/Z$ делят на произвольное число n (например 7) равных углов $360^\circ/(Z n)$ и откладывают их на внешней окружности фрезы, получая точки $a, б, в, г$ и т. д.

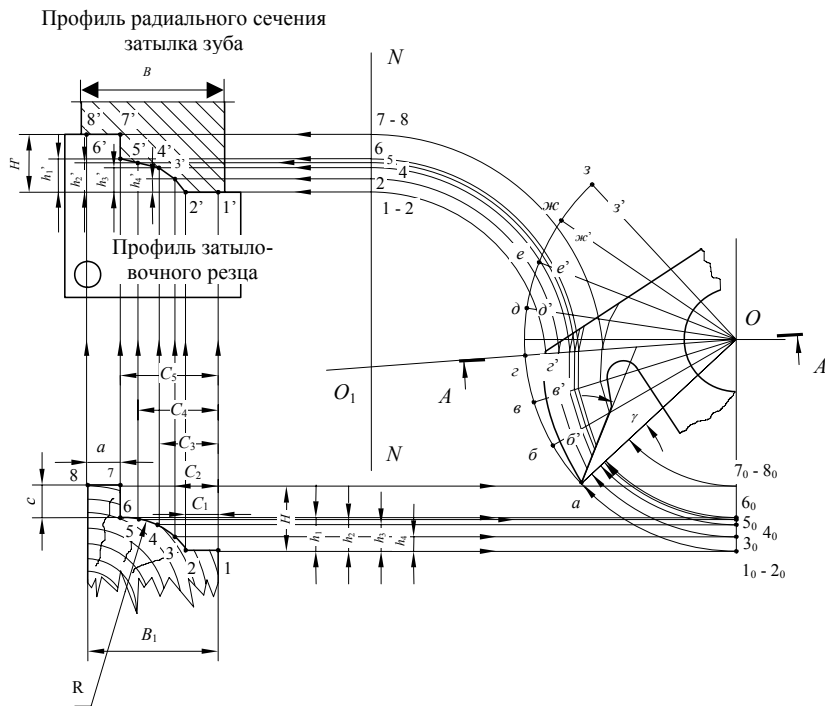


Рис. 54. Графическое профилирование зуба фрезы, затылованного по архимедовой спирали

Величину падения кривой затылка k находят по формуле $k = \pi D \operatorname{tg} \alpha / Z$ и тоже делят на число n и получают величину падения кривой затылка на длине одного участка $k_n = k/n$. Затем в конце первого участка от точки $б$ по радиусу фрезы откладывают значение $1 k_n = бб'$, в конце второго участка от точки $в$ откладывают значение $2 k_n = вв'$, в конце третьего –

1 $k_n = z z'$ и т. д. Полученные точки a', b', v', z' и другие соединяют спиралью Архимеда, которая образует внешнюю затыловочную кривую.

5. На секущей плоскости $A - A$ отмечают положение проецируемых точек 1...8.

Находят точку пересечения секущей плоскости $A - A$ с линией $N - N$, параллельной вертикальной оси фрезы. Из центра O_1 точки 1...8 переносят из секущей плоскости на линию $N - N$. Из полученных точек линии $N - N$ проводят горизонтальные линии. Точки пересечения указанных линий с вертикальными линиями, проведенными из соответствующих точек профиля, лежат на искомой кривой линии радиального сечения затылка зуба. Контрпрофиль радиального сечения затылка зуба является профилем затыловочного резца, с помощью которого формируются затылки зубьев.

Профилирование с затыловкой зубьев по дуге окружности. Порядок профилирования во многом схож с тем, что описано выше. Первые три пункта сходятся полностью.

Для построения затыловочных кривых надо найти центр O_1

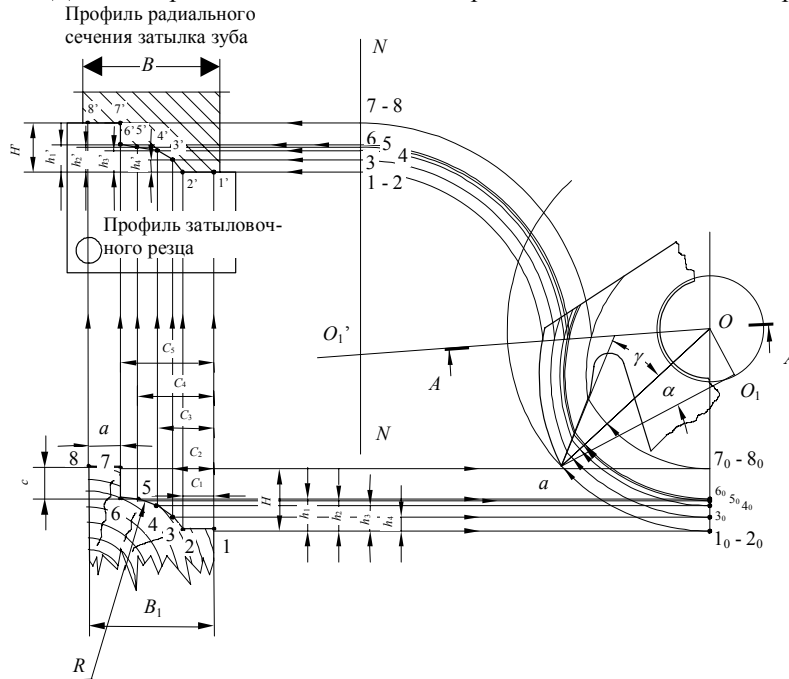


Рис. 55. Графическое профилирование зуба фрезы, затылованного по дуге окружности

(рис. 55), который лежит в точке касания радиуса затылка к окружности с радиусом $r_2 = D \sin \alpha / 2$. Из центра O_1 проводят затыловочные дуги. Через центр O_1 проходит радиальная секущая плоскость $A - A$. Остальные построения совпадают полностью с вышеописанными.

Аналитический метод профилирования. При аналитическом методе профилирования ординаты радиального сечения затылка зуба $h_{зат}$ находятся по ординатам характерных точек профиля обрабатываемой детали $h_{проф}$ по формулам:

при затыловке по спирали Архимеда

$$h_{зат} = h_{проф} - \psi D \operatorname{tg} \alpha, \quad (56)$$

при затыловке по дуге окружности

$$h_{зат} = h_{проф} - \frac{D}{2} \cos \alpha \left(1 - \sqrt{1 - 2 \cos \alpha \sin \alpha \sin(\omega + \alpha)} \right), \quad (57)$$

где ψ – центральный угол между радиусами фрезы, один из которых проходит через вершину зуба, а другой через точку пересечения передней грани с нижней затыловочной кривой, град; $\psi = \gamma_n - \gamma$.

Рекомендуемый перечень технических требований

1. $HRC_3 = 57 \dots 61$.
2. Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий $H14$, валов $h14$, остальных $\pm IT14/2$.
3. Радиальное биение зубьев не более 0,05 мм.
4. Торцевое биение боковых режущих кромок не более 0,04 мм.
5. Допустимый дисбаланс не более 5 г·см (принимают 1 г·см на каждый килограмм массы фрезы, если ее масса не превосходит 10 кг).
6. Все нешлифованные поверхности обдуть песком.
7. Фрезу испытать на разрыв при частоте вращения $n = 1,5 n_{раб}$, где $n_{раб}$ – рабочая частота вращения.
8. Покрытие хим. окс. прм.

Контрольные вопросы

1. Чем отличается затылованная фреза от незатылованной?
2. Перечислите элементы затылованной фрезы.
3. Какие выводы могут быть сделаны при анализе профиля детали?
4. Для чего делается поднутрение боковой кромки со стороны передней грани зуба?
5. Как можно изменить профиль детали?

6. В каких случаях линии затылка зуба фрезы делают с косой обточкой?
7. Расскажите последовательность проектирования фасонной фрезы.
8. Какие технические требования указывают на чертеже фрезы?
9. Как проектируют затылки зубьев?

18. Пути улучшения параметров фрезерного инструмента

18.1. Надежность инструмента

Надежность – свойство объекта сохранять во времени и установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования.

Состояние, при котором значения всех параметров соответствуют нормативно-технической и конструкторской документации, называется **работоспособным**. Если хотя бы один из параметров не соответствует требованиям документации, то наступает событие, называемое **отказом**.

На станках с ручной подачей скорость подачи трудно регулировать. При случайном превышении рекомендуемой скорости подачи могут произойти ухудшения шероховатости, точность обрабатываемой поверхности и проявиться неровности разрушения. Заготовка может быть вырвана с созданием опасности травматизма.

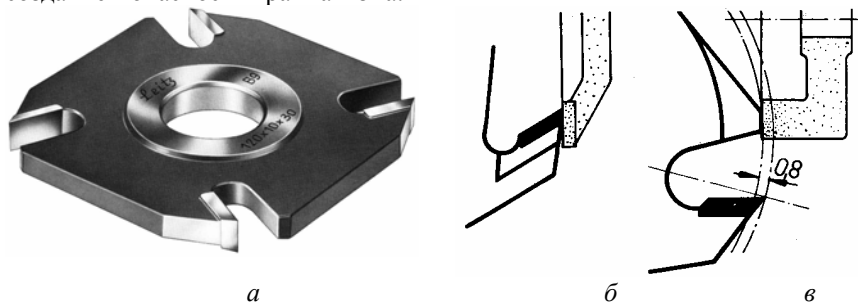


Рис. 56. Фреза для нарезания ящичных шипов:
a – общий вид; *б* – заточка зуба; *в* – заточка контр-упора

Для предотвращения отказов цельные насадные фрезы снабжают контрупорами (рис. 56). Контрупор расположен перед зубом, и его образующая поверхность отступает от окружности режущих кромок зубьев на расстояние 0,8 мм. Контрупор позволяет подавать заготовку с ограничением не более чем 0,8 мм на зуб.

Диаметр фрез 100...200 мм, частота их вращения 8000...16000 мин⁻¹.

В ножевых профильных головках роль контрупоров выполняют контрножи (рис. 57). Такие ножевые головки пригодны для работы с ручной подачей.

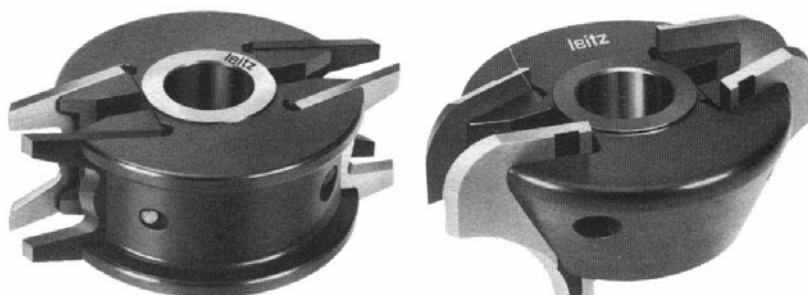


Рис. 57. Универсальные профильные ножевые головки с контрножами

18.2. Ножи для фрезерных головок

Трудоемкие в изготовлении затылованные фрезы могут быть заменены фрезерными головками с профильными ножами. В корпусе фрезерной головки можно закрепить ножи любого профиля (рис. 58). Фрезерная головка становится универсальной.

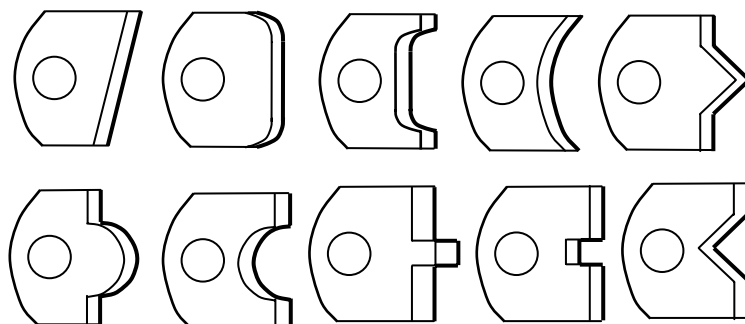


Рис. 58. Профили ножей

Во фрезерных головках широко применяют **поворотные режущие пластины** (рис. 59), которые имеют 2...4 режущие кромки. Изготавливаются они из твердого сплава для разового применения. После затупления режущих кромок пластины не затачиваются, а заменяются новыми.

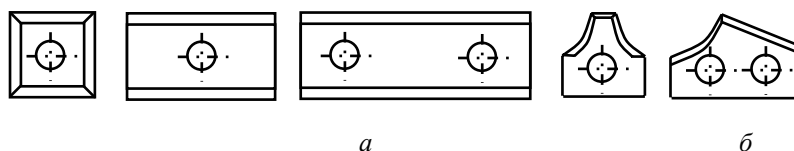


Рис. 59. Режущие пластины: *a* – поворотные; *б* – профильные

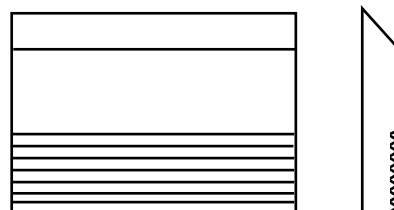
Поворотные пластины квадратной формы применяются как подрезающие резцы и режущие. Подрезающие резцы имеют размеры $14 \times 14 \times (1,2 \dots 2)$ мм, диаметр отверстия 6,3...8,6 мм.

Размеры поворотных режущих пластин $(7,65 \dots 120) \times (12 \dots 13) \times (1,5 \dots 2,2)$ мм.

Профильные пластины могут быть поворотными.

Во фрезерных головках тонкие стальные ножи заменяют толстыми с зубчатой нарезкой на задней опорной поверхности (рис. 60). Ножи изготавливают из легированной инструментальной стали с размерами $(40 \dots 600) \times (50 \dots 70) \times 8$ мм.

Рис. 60. Нож с зубчатой нарезкой



Ножи монтируют в корпусе головки, прифуговывают и затачивают в собранном виде, как зубья цельных фрез.

18.3. Крепление ножей фрезерных головок

Известно много способов крепления ножей в корпусе фрезерной головки. На рис. 61 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. Такое крепление повышает точность установки ножей, улучшает обтекаемость головки, снижает уровень аэродинамического шума.

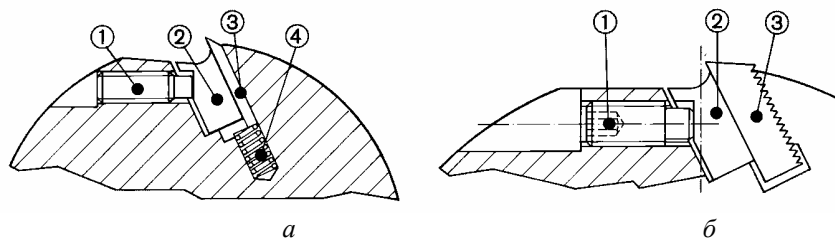
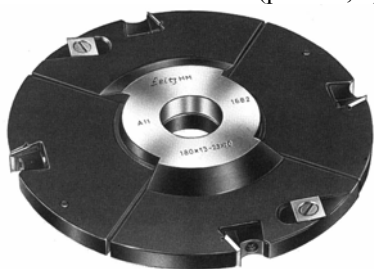
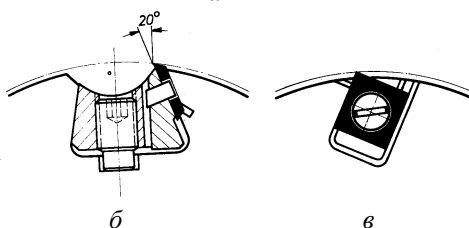


Рис. 61. Узлы крепления ножей:
a – тонких; *б* – толстых

На рис. 62 показана сборная насадная фреза с режущими и поворотными пластинами. Корпус фрезы включает пазы, в которые вставлены режущие поворотные пластины, базирующие клинья со штифтами и зажимные клинья с винтами (рис. 62, *б*).



a



б

в

Рис. 62. Насадная сборная фреза с поворотными пластинами:
a – общий вид;
б – крепление режущей пластины;
в – крепление подрезающей пластины

При сборке поворотную пластину посадочным отверстием надевают на штифт базирующего клина. Противоположный конец штифта вставляют в паз зажимного клина и все эти детали вместе вставляют в паз корпуса с торцевой стороны фрезы. Затем пластину рукой прижимают вниз и винт зажимного клина вворачивают. Винт упирается в дно паза корпуса, поднимает зажимной клин и сжимает его вправо к режущей пластине, прижимая ее к стенке корпуса. Так обеспечивается монтажное крепление пластины. При работе фрезы центробежные силы усилят крепежные пластины.

Такое крепление пластин обеспечивает высокую точность выставки режущих кромок.

Подрезающие поворотные пластины закреплены в пазах на торцовой поверхности корпуса (рис. 62, в).

Узел крепления поворотных пластин можно смонтировать на поворотной оси и тогда получится универсальная сборная фреза (рис. 63), позволяющая обрабатывать поверхности, параллельные оси вращения или наклонные к ней под углом 45° .

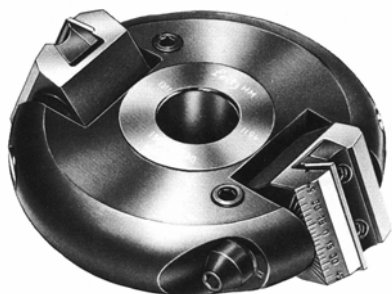


Рис. 63. Сборная фреза с наклонными ножами

Контрольные вопросы

1. Что понимают под надежностью, работоспособностью, отказом инструмента?
2. Как можно улучшить безопасность режущего инструмента?
3. Расскажите о конструкции поворотных режущих пластин.
4. Какие ножи используют во фрезерных головках?
5. Как крепят во фрезерных головках ножи и поворотные пластины?

ЧАСТЬ IV

Подготовка и эксплуатация режущего инструмента

19. Подготовка зубьев пил к работе

19.1. Насечка зубьев пил

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

Современный пилоштамп модели ПШ-6 предназначен для обрезки и насечки зубьев пил рамных, ленточных и круглых [25]. 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.

Техническая характеристика станка модели ПШ6

Максимальная толщина пил, мм	6
Ширина рамных и ленточных пил, мм	60 ... 350
Диаметр круглых пил	400 ... 1600
Число двойных ходов пуансона и ножа в мин	50
Наибольшее усилие на пуансоне, кН	300
Установленная мощность, кВт	3,0
Габариты, мм	2000 x 1200 x 1300
Масса, кг	1100
Разработчик и изготовитель – АП Кировский станкозавод.	

19.2. 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 режущих кромок зубьев, а при разводе зубья поочередно отгибают в разные стороны на величину уширения (рис. 64).

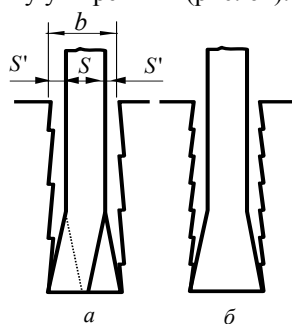


Рис. 64. Способы уширения пропила:
a – развод зубьев;
б – плющение зубьев

Ширина пропила

$$b = S + 2S', \quad (58)$$

где b – ширина пропила, мм;

S – толщина полотна пилы, мм;

S' – уширение зубьев на каждую сторону, мм.

Значения уширений зубьев S' рамных пил рекомендуется выбирать в зависимости от породы и состояния древесины (талой или мерзлой):

	S' , мм, для древесины	
	талой	мерзлой
Мягкие лиственные, береза,		
сосна, ель, пихта, кедр	0,70 ... 0,85	0,65 ... 0,75
.	0,85 ... 1,00	0,70 ... 0,85
Лиственница	0,65 ... 0,75	0,65 ... 0,75
Твердые лиственные		

Значения уширений зубьев S' ленточных и круглых пил приведены в табл. 46 и 47.

Таблица 46

**Величина уширения зубьев ленточных пил на сторону S' , мм,
при распиловке древесины**

Ленточные пилы	Высота пропила, мм	Хвойные породы
По ГОСТ 6532-77 (тип 2 и 3)	До 250	(0,45...0,55)/(0,40...0,45)
	250...500	(0,50...0,60)/(0,40...0,50)
	Свыше 500	(0,55...0,70)/(0,45...0,60)
По ГОСТ 10670-77	До 250	(0,55...0,70)/(0,45...0,65)
	250...500	(0,65...0,75)/(0,45...0,65)
	Свыше 500	(0,75...0,95)/(0,65...0,80)
Ленточные пилы	Твердые лиственные породы	Лиственница
По ГОСТ 6532-77 (тип 2 и 3)	(0,40...0,45)/(0,30...0,40)	0,45...0,55
	(0,40...0,50)/(0,35...0,45)	0,55...0,75
	(0,45...0,60)/(0,40...0,55)	0,70...0,90
По ГОСТ 10670-77	(0,55...0,65)/(0,50...0,60)	0,50...0,60
	(0,60...0,70)/(0,55...0,65)	0,60...0,80
	(0,65...0,80)/(0,60...0,70)	0,80...1,00
Примечания: 1. В числителе данные для свежесрубленной древесины влажностью свыше 30%, в знаменателе – для сухой и мерзлой.		
2. Величина уширения зубьев для распиловки лиственницы дана для случая охлаждения пилы водовоздушной смесью. При отсутствии охлаждения уширение увеличивается на 0,1...0,15 мм.		
3. Допуск уширения зубьев на одну сторону для пилы $\pm 0,05$ мм.		

Таблица 47

Уширение зубьев круглых пил на сторону S'

Диаметр пил, мм	S' , мм, при продольном и поперечном пилении древесины		
	хвойных пород влажностью W		твердых лиственных пород
	$W \leq 30\%$ или дре- весина мерзлая	$W > 30\%$	
125...315	0,40(0,20)	0,45 (0,30)	0,30 (0,20)
360...500	0,60 (0,30)	0,70 (0,40)	0,50 (0,30)
560...630	0,70 (0,40)	0,80 (0,50)	0,60 (0,40)

710...900	0,80 (0,50)	0,90 (0,60)	0,70 (0,50)
1000...1250	1,00 (0,70)	1,10 (0,80)	0,90 (0,60)

Окончание табл. 47

Диаметр пил, мм	S^* , мм, при продольном и поперечном пилении древесины		
	хвойных пород влажностью W		твердых лиственных пород
	$W \leq 30\%$ или дре- весина мерзлая	$W > 30\%$	
1500	1,20 (0,80)	1,30 (0,90)	1,10 (0,70)

Примечания: 1. Значения без скобок соответствуют продольной, в скобках – поперечной распиловке.

2. При продольной распиловке бревен и брусьев без охлаждения пил допускается увеличить уширение на 0,1...0,15 мм.

3. Пилы диаметром 1250...1500 мм шпалорезных станков, слесерных установок, раскряжевочных линий допускается подготавливать с уширением зубьев 1,5...2,0 мм.

19.3. Развод зубьев

Развод – поочередный отгиб вершинных 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 пропиле. 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.

19.4. Площение зубьев

Площение – это процесс раздавливания вершинки 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. 65, а). При повороте плющильного валика он внедряется в материал зуба и выдавливает металл.

После плющения зуб формируют (рис. 65, б, в). Обжимая плашками 4, зубу придают правильную симметричную форму (рис. 65, з). После формирования зубья затачивают.

Площение 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.

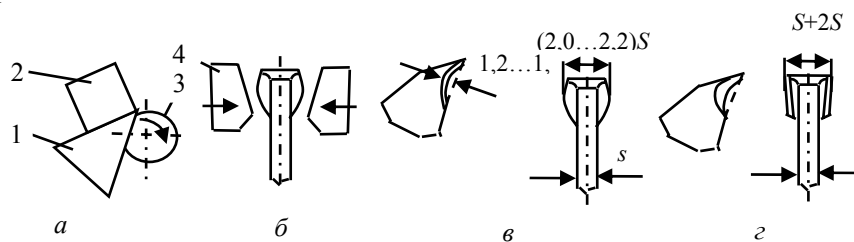


Рис. 65. Изменение формы зуба при плющении, формировании и заточке:
 а – схема плющения; б – схема формирования;
 в – зуб после плющения; з – зуб после формирования

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).

19.5. Фуговка зубьев пил

В процессе выполнения технологических операций с зубьями (насечка, развод, плющение, формование, 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.

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 формовании.
5. Для чего и как выполняется фуговка зубьев?

20. Заточка инструмента

20.1. Нагрев инструмента при заточке

Заточка – технологическая операция, предназначенная для восстановления режущих способностей лезвий, а также обеспечения их 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 °С /с.

Если при заточке лезвие нагреется до некоторой критической температуры, например 950 ... 1000 °С для резцов из стали Р18, то произойдет его вторичная закалка. Продукт закалки имеет чрезвычайно высокую твердость, но хрупкий, 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 результат 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). Известно много составов СОЖ. Составы некоторых СОЖ:

вода 98,97...99,5 %, сода кальцинированная 0,8...1,0 %, нитрат натрия 0,15...0,25 %;

вода 97...98 %, сода кальцинированная 2...3 % (для кругов на бакелитовой связке содержание соды следует снижать до 0,5 %).

20.2. 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:

$$h = l \sin \beta + \rho, \quad (59)$$

где β - угол заострения зуба.

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

Пилы:		Ножи фрезерные –	0,2...0,3;
рамные –	0,5...0,7;	Фрезы цельные –	0,15...0,3;
круглые стальные –	0,6...0,8;	Фрезы концевые –	0,1...0,15;
ленточные узкие –	0,3...0,4;	Сверла –	0,2...0,3;
ленточные широкие –	0,5...0,7;	Фрезерные цепочки –	0,15...0,20

20.3. Удельная производительность шлифовального круга

Критерием оценки шлифовальных кругов, применяемых для заточки дереворежущего инструмента, служит их удельная производительность.

Удельная производительность q шлифовального круга количественно выражается отношением массы срезаемого металла, г, к износу круга по объему, см^3 , и имеет размерность $\text{г}/\text{см}^3$.

С увеличением продольной и особенно поперечной подачи удельная производительность круга убывает. Особенно резко убывает значение q при заточке с охлаждением [15].

Для обеспечения качественной заточки необходимо добиться соответствия характеристики шлифовального круга режиму шлифования. Так при заточке фрезерных ножей принимают $q = 180 \text{ г}/\text{см}^3$. При $q < 180 \text{ г}/\text{см}^3$ шлифующая способность зерен круга будет недоиспользована, а при $q > 180 \text{ г}/\text{см}^3$ происходит засаливание круга, и возможно ухудшение качества заточки, появление поджогов и существенных структурных изменений в металле.

Удельная производительность шлифовальных кругов при всех режимах заточки зубьев пил значительно ниже и равна $35...60 \text{ г}/\text{см}^3$.

20.4. Параметры режима заточки

Поперечная подача. 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 мгновенных высоких

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 зависимости от марки стали инструмента, угла заточки, удельной производительности круга, величин поперечной и продольной подач. 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.

20.5. 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.

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

Форму круга выбирают в зависимости от конструкции затачиваемого зуба (см. табл. 39).

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

20.6. Режимы заточки

Рекомендуемые режимы заточки дереворежущего инструмента приведены в табл. 48...50 [7].

Таблица 48

Режимы заточки зубьев пил

Тип пилы	Операция	Скорость круга, м/с	Число двойных ходов в мин	Величина врезания по граням, мм		Количество проходов	Тип шлифовального круга
				передней	задней		
Рамные и ленточные широкое	Заточка после насечки	25...35	35	0,09	0,18	1	24А 40СТ Б5 3П 250 x x (6...13)
	Заточка после площени	25...35	$\frac{35}{65}$	$\frac{0,06}{0}$	$\frac{0,09}{0}$	$\frac{3...4}{2...3}$	24А 25СТ Б5 3П 250 x x (6...13)
	Заточка	25...35	35...65	$\frac{0,03}{0}$	$\frac{0,06}{0}$	$\frac{3...4}{2...8}$	24А 25СТ Б5 3П 250 x x (6...13)
Ленточные узкие	Заточка после насечки	22...28	100	0,09	0,07	1	14А 40СТ1 Б1 ПП 150 x 3 x 32
	Заточка	22...38	100	$\frac{0,04}{0}$	$\frac{0,06}{0}$	$\frac{2...4}{1...2}$	14А 40СТ1 Б1 ПП 150 x x 3 x 32
Круглые: плоские	Заточка	20...30	30...75	$\frac{0,02}{0}$	$\frac{0,03}{0}$	$\frac{4...5}{3...4}$	14А 25Н СТ2 Б1 3П 250 x 6 x 76
				$\frac{0,04}{0}$	$\frac{0,03}{0}$	$\frac{4...5}{3...4}$	То же
конические	Заточка	20...30	30...75	$\frac{0,02}{0}$	$\frac{0,06}{0}$	$\frac{2...4}{1...2}$	То же
строгальные	Заточка	28...30	30...75	$\frac{0,02}{0}$	$\frac{0,06}{0}$	$\frac{2...4}{1...2}$	То же

Примечание. В знаменателе – режимы выхаживания.

Таблица 49

Режимы заточки и доводки ножей

Материал ножа	Вид подготовки	Окружная скорость круга, м/с	Подача		Тип шлифовального круга
			продольная, м/мин	поперечная, мм/дв. ход	
Сталь инструментальная	Заточка	18...28	4...7	0,02...0,04	25А 25М3...С1К
	Доводка	18...25	2...4	0,005...0,01	25А16...12М3...С1К
		25...30	1...1,5	0,005...0,01	ЛО5...8Б1 100%

Окончание таблицы 49

Материал ножа	Вид подготовки	Окружная скорость круга, м/с	Подача		Тип шлифовального круга
			продольная, м/мин	поперечная, мм/дв. ход	
Сталь бы-строре-жущая	Заточка много-проходная	25...30	1...1,5	0,01...0,2	ЛО25...12Б1 100%
	Заточка глубинная	25...30	1...1,5	0,1...0,01	ЛО25...12СМ1...СМ2 100%
	Доводка	25...30	0,5...1,0	0,1...0,2	АС250/160 КБ 100%
		30...40	1...2	0,005...0,01	ЛО12...10Б1 50%
Твердый сплав	Заточка много-проходная	20...25	1,5...2,5	0,02...0,03	АС250/160...100/80 МО13 100...150%
	Заточка глубинная	18...20	0,5...0,8	0,25...0,6	АС250/160...100/80 МО13 100...150%
	Доводка	25...30	0,5...1,0	0,005...0,01	АС80/63...63/40 Б1...Б8 50...100%

Таблица 50

Режимы заточки и доводки фрез

Параметры	Заточка фрез из			Доводка фрез из		
	легированной стали	быстроре-жущей стали	твердого сплава	легированной стали	быстро-режущей стали	твердого сплава
Окружная скорость круга, м/с	25...30	25...30	25...30	25...30	25...30	25...30
Подача: поперечная, мм/двойной ход	0,03...0,08	0,02...0,04	0,01...0,02	0,005...0,015	0,005...0,015	0,005...0,010
продольная, м/мин	3...4	3...4	1...2	1...2	1...1,15	0,5...1,5

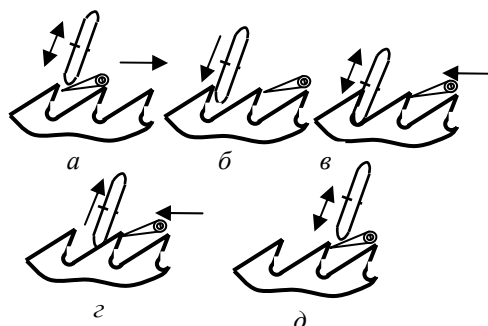
20.7. Заточка зубьев стальных пил

Зубья стальных пил затачивают по передней и задней граням на заточных станках-полуавтоматах.

Различают прямую и косую заточки. При прямой заточке плоскость шлифовального круга перпендикулярна плоскости пилы, а при косой – наклонна.

Шлифовальный круг протачивает переднюю грань зуба от вершины к основанию (рис. 66, а, б). В этот период пила неподвижна, а подающая собачка отходит в правое положение и останавливается. Когда круг дости-

гает дна впадины (рис. 66, в), он начинает движение вверх, а подающая со-



бачка, упираясь в переднюю грань зуба, толкает пилу влево на один шаг. Происходит заточка по задней грани зуба (рис. 66, г). Когда круг переместится в крайнее верхнее положение, а собачка – в крайнее левое, это будет исходное положение для нового цикла заточки.

Рис. 66. Движение шлифовального круга и подающей собачки при заточке зубьев пил:
a, б – шлифование передней грани;
в – шлифование впадины;
г – шлифование задней грани; *д* – начало нового цикла

Основные технические данные заточных станков приведены в табл. 51.

Выхаживание и доводка. После заточки зубьев на станке выполняется операция выхаживания (заточка без подачи на врезание шлифовального круга). 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.

Таблица 51

Основные технические данные станков для заточки стальных пил

Пилы	Модель станка	Наибольший диаметр D (или ширина B) пилы, мм	Число двойных ходов круга в минуту	Мощность, кВт	Масса, т
Круглые, рамные, ленточные	ТчПА-3	$D = 200 \dots 1000$ $B = 50 \dots 75$	35; 54	1,0	0,8
	ТчПА-5	$D = 200 \dots 1000$ $B = 50 \dots 200$	20; 35; 54; 75	1,2	0,8
	ТчПА-6	$D = 200 \dots 1000$ $B = 50 \dots 200$	20; 40; 80	1,5	0,8

Окончание таблицы 51

Пилы	Модель станка	Наибольший диаметр D (или ширина B) пилы, мм	Число двойных ходов круга в минуту	Мощность, кВт	Масса, т
Круглые	ТчПК-4	$D = 400$	35; 54; 75	1,0	0,5
	ТчПК-8	$D = 800$	20; 35; 54; 75	1,2	0,6
	ТчПК16-2	$D = 1600$	30; 55	2,0	0,6
	ТчПК22-2	$D = 2200$	30; 60	3,0	1,0
	ТчПК4-2	$D = 400$	20; 40; 80	1,0	0,5
	ТчПК8-2	$D = 800$	20; 40; 80	1,2	0,6
Рамные	ТчПР-2	$B = 200$	35; 56	0,87	0,6
	ТчПР-3	$B = 50 \dots 200$	17,5; 35; 70	1,5	0,7
Ленточные	ТчЛ6-2	$B = 7 \dots 60$	100	0,5	0,3
	ТчЛ35	$B = 50 \dots 350$	35; 70	1,5	0,8

Примечания. 1. На станке ТчПН-6 можно затачивать плоские ножи длиной до 640 мм.
2. На станке ТчЛ6-2 можно делать развод узких ленточных пил

20.8. 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: 3А64М, 3А64Д, 3Б642.

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. 52 [26].

Таблица 52

Технология и режимы заточки твердосплавных дисковых пил

Наименование операции	Характеристика круга	Параметры режима шлифования		
		V , м/с	S_n , мм/дв. ход	S_{np} , м/мин
1. Шлифование зубьев по окружности пилы с припуском на заточку	АПП100...125 АСР250/200...160/ 125М100...150%	20...25	0,01...0,02	1,0...1,5

Окончание таблицы 52

Наименование операции	Характеристика круга	Параметры режима шлифования		
		V , м/с	S_n , мм/дв. ход	S_{np} , м/мин
2. Обдирка корпуса зуба	3П250...300 64С25...40СМ2К	12...15	0,02...0,06	1,5...2,0
3. Заточка зубьев по задней поверхности пластины	АЧК100...125 АСО160/125...100/80Б1100...150%	15...20	0,02...0,03	1,5...2,0
Доводка зубьев по задней поверхности	АЧК100...125 АСР250/200...160/125М100...150%; АЧК100...125 АСО80/63...50/40 Б1 100%	15...20	0,03...0,05	2...3
4. Заточка зубьев пил по передней поверхности пластины	АТ100 АСО160/125...100/80Б1100...150%; АТ100 АСР250/200...160/125М100...150%	25...30	555 0,005...0,01	0,5...1,5
	АТ100 АСО160/125...100/80Б1100...150%; АТ100 АСР250/200...160/125М100...150%	15...20	0,02...0,03	1,5...2,0
	АТ100 АСР250/200...160/125М100...150%	15...20	0,03...0,05	1,5...3,0

Примечание. V – окружная скорость шлифовального круга;
 S_n – поперечная подача; S_{np} – продольная подача

Таблица 53

Общие характеристики станков для заточки твердосплавных пил

Назначение	Модель	Диаметр d или ширина B заготавливаемой пилы, мм	Число двойных ходов шлифовальной головки в минуту	Установленная мощность, кВт	Масса, т
Заточка круглых пил по передним и задним граням	ТчПТ4	$d \leq 430$	5...30	1,0	0,7
Глубинная заточка круглых пил	ТчПТ6-Гл	$d \leq 630$	5...30	1,6	0,7
Многопроходная и глубинная заточка круглых пил	ТчПТ6-2	$d \leq 630$	5...30	2,4	0,8

Окончание таблицы 53

Назначение	Модель	Диаметр d или ширина B затачиваемой пилы, мм	Число двойных ходов шлифовальной головки в минуту	Установленная мощность, кВт	Масса, т
Заточка боковых поверхностей зубьев круглых пил	ТчПКБ	$d \leq 630$	15	1,6	0,4
Заточка боковых граней зубьев рамных и ленточных пил, наплавленных стеллитом	ТчПБ	$B = 80 \dots 350$	30	1,3	0,6

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 (табл. 53). 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

20.9. Заточка стальных фрез

При заточке должны обеспечиваться неизменность профиля обработки, углов резания и равенство радиусов окружностей резания одноименных зубьев [27].

Насадные фрезы с затылованными зубьями затачивают по передним граням, а зубья незатылованных фрез – по передним и задним граням (рис. 67).

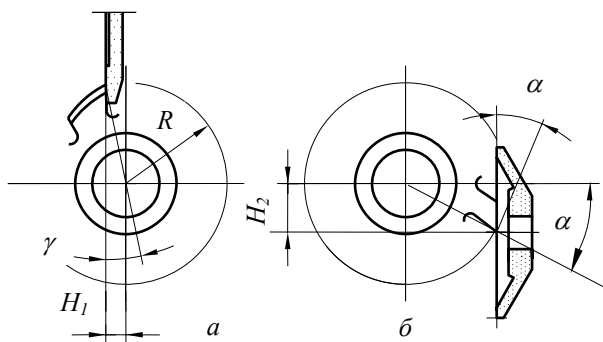


Рис. 67. Схемы установки фрез при заточке:
a – по передней грани; *б* – по задней грани

При заточке зуба по передней грани (рис. 67, *a*) режущая кромка и рабочая поверхность шлифовального круга должны быть расположены от оси фрезы на расстоянии

$$H_1 = R \sin \gamma,$$

где R – радиус фрезы.

При заточке зуба по задней грани (рис. 67, *б*) его режущая кромка должна быть расположена ниже оси вращения фрезы на расстоянии

$$H_2 = R \sin \alpha.$$

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.

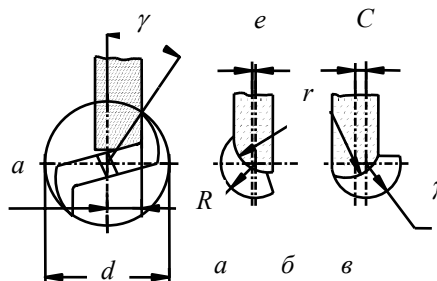
Концевые фрезы затачивают с применением специальных приспособлений, позволяющих устанавливать фрезу под необходимыми углами к шлифовальному кругу. Заточка фрез вручную без приспособлений недопустима.

У фрез затачивают боковые и торцовые режущие кромки. Для заточки боковых режущих кромок (рис. 68) шлифовальный круг направляют по профилю канавки фрезы с $r = 2...6$ мм. При настройке рабочую поверхность шлифовального круга смещают относительно продольной оси заточившей фрезы на величину (рис. 68, *a*)

$$a = \frac{d}{2} \sin \gamma.$$

Рис. 68. Схемы заточки концевых фрез:

a – затылованных;
б – незатылованных с плоской передней поверхностью; *в* – незатылованных с цилиндрической передней поверхностью



Фрезы с плоской передней поверхностью смещают на величину (рис. 68, б):

$$e = \frac{d}{2} \cos \beta,$$

где β – угол заострения зуба.

Незатылованные фрезы с цилиндрической задней поверхностью смещают на величину (рис. 68, в):

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

Заточку торцевых режущих кромок ведут со стороны задних граней (рис. 69).

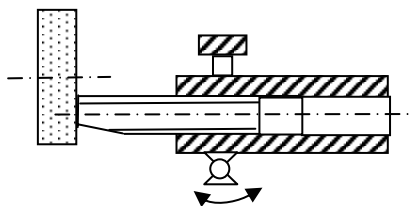


Рис. 69. Заточка торцевых режущих кромок в приспособлении

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 применяют 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).

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 и твердосплавных насадных цельных и сборных фрез; ТчФТ – для твердосплавных насадных фрез; ТчФК – для концевых фрез и фрезерных печечек. Станок полуавтомат ТчФА-3 оснащен системой числового про-

граммного управления на базе ПК “Прокон” (Болгария). Разработчик станков – ВНИИМаш, изготовитель – Читинский станкозавод.

20.10. 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 шлифуют, обнажая твердосплавную пластину. Шлифовку ведут кругами из карбида кремния зеленого под углом на $5...10^\circ$ больше, чем задний или передний угол заточки по твердому сплаву. Технология заточки цилиндрических фрез приведена в табл. 54. Параметр шероховатости R_a заточенной твердосплавной поверхности должен быть равен $0,16...0,08$ мкм.

Таблица 54

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

Операции	Характеристика круга	Параметры режима шлифования		
		V , м/с	S_n , мм/дв. ход	S_{np} , м/мин
1. Обработка задней поверхности зуба по пластинке твердого сплава: заточка доводка	АЧК100...125 АСО160/125...100 /80 Б1 100...150%	10...20	0,02...0,03	1,5...2,0
	АЧК100...125 АСО80/63...50/40 Б1100...150 %	25...30	0,005...0,01	0,5...1,5
2. Заточка зубьев по передней поверхности пластины Доводка зубьев по передней поверхности	АЧК100...125 АСО160/125...100 /80Б1 100...150 %	15...20	0,02...0,03	1,5...2,0
	АЧК100...125 АСР250/200...160/ 125М 100...150 %;	15...20	0,03...0,05	2...3
3. Обдирка корпуса по задней грани	1Т 100...150 64С 25...40 СМ2К	12...15	0,02...0,06	1,5...2,0
Примечание. V – окружная скорость шлифовального круга; S_n – поперечная подача; S_{np} – продольная подача				

20.11. Заточка ножей

Виды заточки. Различают заточку плоскую и эллиптическую шлифовальными кругами ЧЦ (рис. 70, *а, б*), плоскую и дугообразную кругами ПП (рис. 70, *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.

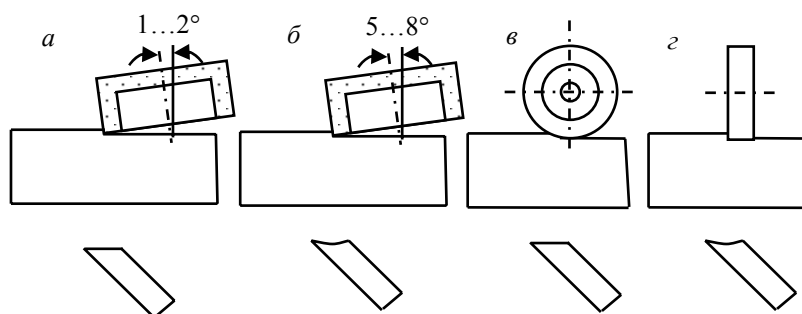


Рис. 70. Виды заточки ножей:

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 неравномерного 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 ножеточильных станках (табл. 55) или на универсально-заточных станках 3А64Д, 3В642, 3Е642, 3М642М и др.

На горизонтальных направляющих ножеточильного 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).

Таблица 55

Основные технические данные ножеточильных станков

Модель	Максимальная длина ножа, мм	Скорость продольной подачи, м/мин	Мощность привода, кВт	Масса, т
ТчН6-4	670	4; 7; 12	3,8	1,2
ТчН13-4	1320	4; 7; 12	3,8	1,4
ТчН21-4	2120	4; 7; 12	3,8	2,0
ТчН31-4	3150	4; 7; 12	3,8	2,5
ТчН6-5	670	2; 4; 6; 8; 12	4,5	1,0
ТчН13-5	1320	2; 4; 6; 8; 12	4,0	1,5
ТчН21-5	2120	2; 4; 6; 8; 12	7,0	2,2
ТчН31-5	3150	2; 4; 6; 8; 12	7,0	2,7
ТчНР	730	0,5; 2; 4	4,0	1,1

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, подвод шлифовального круга, 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 (см. табл. 49) 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 КВ 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°.

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. Что такое удельная производительность шлифовального круга?
5. Назовите основные параметры режима заточки.
6. Назовите принципы выбора шлифовального круга.
7. Изобразите схемы заточки зубьев пил на станках автоматах.
8. Как выполняются выхаживание и доводка зубьев пил?
9. Расскажите технологию заточки твердосплавных пил.
10. Как устанавливают фрезу для заточки зубьев по передней и задней граням?
11. Как затачивают концевые фрезы?
12. Как установить шлифовальный круг при заточке ножей?
13. В каких случаях используют шаблон и линейку при установке ножей для заточки?

21. 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 [28].

21.1. Сварка

При разметке ленты через вершину крайнего зуба по угольнику чертилкой на полотне проводят линию перпендикулярно задней кромке (рис. 71, *a*). От этой линии откладывают отрезок l , мм:

$$l = \frac{t_3 - \delta}{2},$$

где t_3 – шаг зубьев пилы, мм;

δ – припуск на осадку при сварке (табл. 56).

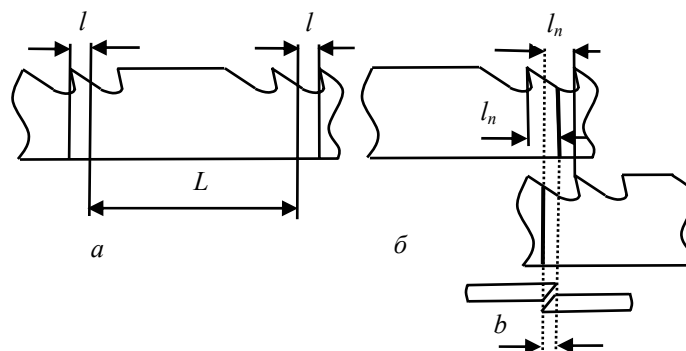


Рис. 71. Разметка пилы для соединения концов:
a – сваркой; *б* – пайкой

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.

Таблица 56

Режимы сварки ленточных пил на агрегате АСЛП-18

Ширина пилы, мм	Усилие осадки по шкале агрегата	Степень ток по шкале агрегата	Ход осадки δ , мм	Расстояние между прижимами, мм	Ширина пилы, мм	Усилие осадки по шкале агрегата	Степень ток 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.

21.2. Пайка

Разметку полотна пилы ведут по схеме, показанной на рис. 71, б. Отрезок $l_n = (t_s + b)/2$. 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. 57): для серебряного припоя – 830...900°С, для медноцинкового и латунного – 950...1000°С.

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 57

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?

22. Правка полотен и дисков пил

22.1. 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 плоскостности (прямолинейности). Поле допуска плоскостности (прямолинейности) – 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 термиче-

ской 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.

22.2. Дефекты полотна рамной пилы

Для контроля плоскостности полотна рамную пилу кладут на поверочную плиту [29]. 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. 72): выпучины В, тугие места Т, слабые места С, искривленные полотна (крыловатость) И.

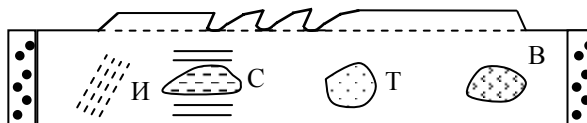


Рис. 72. Дефекты полотна рамной пилы

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.

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.

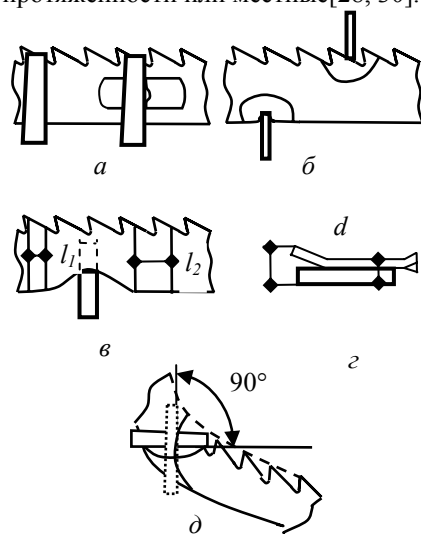
Слабое место – участок полотна пилы, излишне растянутый и испытывающий напряжения сжатия со стороны внешнего контура. Оно проявляется в виде выпуклости при горизонтальном положении пилы. При изгибе пилы участок со слабиной выпучивается наружу. Если пилу перевернуть, то в горизонтальном и изогнутом положениях 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.

22.3. Дефекты полотна ленточной пилы

Различают дефекты большой протяженности, или общие, и малой протяженности или местные[28, 30].



Общие дефекты. К общим дефектам относят поперечную покоробленность, крыловатость, поперечные изгибы, отгиб задней кромки, скручивание полотна общее и местное. Допустимые отклонения от плоскости приведены в табл. 58.

Рис. 73. Методы выявления общих дефектов:

a – поперечной покоробленности;
б – крыловатости; *в* – поперечных изгибов; *г* – отгиба задней кромки;
д – скручивания полотна

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. 73, а). Зазор измеряют щупами.

Таблица 58

**Предельно допустимые отклонения от плоскостности полотна
и прямолинейности кромок ленточных пил**

Общий дефект	Допустимые отклонения, мм, при ширине пилы B , мм			
	до 85	85...100	100...150	свыше 150
Поперечная покоробленность	0,1	0,15	0,15	0,2
Крыловатость на базе 1000 мм	0,1	0,15	0,15	0,2
Поперечный изгиб	0,4	0,4	0,5	0,6
Отгиб задней кромки	0,2	0,2	0,2	0,2
Непрямолинейность кромок на базе 1000 мм	0,4	0,4	0,4	0,4

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. 73, б). Величину приподнятости кромки измеряют щупом. 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. 73, в). 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. 73, 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.

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 перекручивания 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. 73, 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 удлинненным бойком. Удары наносят, начиная от задней кромки.

Местные дефекты. К местным дефектам ленточных пил относят выпучину, тугое место, слабое место. Обнаружение и правка дефектов выполняются так же, как на рамных пилах.

22.4. Дефекты дисковых пил

Контроли 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 [31, 32, 33]. По диаметрам, радиусам и хордам диска пилы прикладывают пилотправные линейки. 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 установлены в зависимости 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
Предельное отклонение от прямолинейности, 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
Предельное отклонение от прямолинейности, 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. 74). 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.

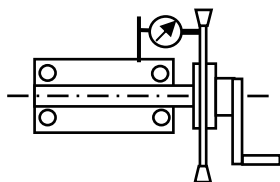


Рис. 74. Схема контроля торцового биения диска

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
Предельная величина торцового биения, 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
Предельная величина торцового биения, 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. 75).

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 у диска нажать рукой центральную зону, то пила может прогнуться на другую сторону. При переводе тарельчатости с одной стороны на другую возможен хлопок.

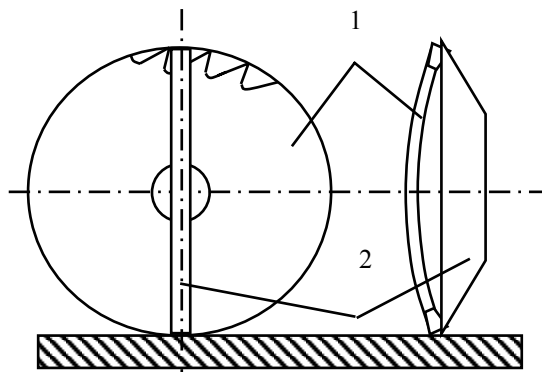


Рис. 75. Схема обнаружения тарельчатости диска пилы

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 распреде-

ляются 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 обеих сторон. 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.

Тугое место – участок диска недостаточно растянутый. Для его обнаружения диск кладут на три точечные опоры в горизонтальное положение (рис. 76). 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.

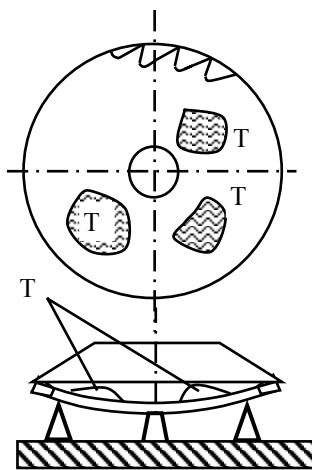


Рис. 76. Выявление тугого места

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. 77). 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.

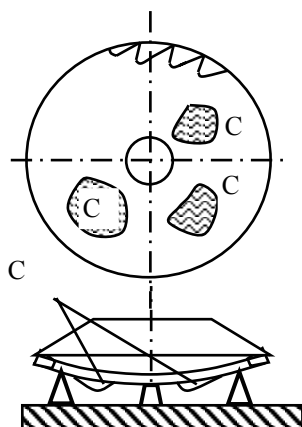


Рис. 77. Выявление слабого места

Исправляют слабое место проковкой прилегающей к нему зоны так же, как прямиют 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).

Рекомендуется под пилу на наковальню положить прокладку (картон, ремень).

22.5. Оборудование и инструмент

Перечень оборудования, приспособлений и инструмента, необходимый для выполнения технологических операций при правке пил, приведен в табл. 59.

Таблица 59

Оборудование, приспособления, инструмент для правки пил

Операции	Наименование	Тип	Стандарт, технические условия
1. Контроль плоскостности полотен и дисков пил			
1.1. Контроль прямолинейности профиля	Верстак, рабочее место Линейки поверочные Набор щупов	– ПИ-44; ПИ-45; ПИ-46; ПИ-47 № 4	– ТУ Кировского станкостроительного завода (КСЗ) ГОСТ 882-64

Окончание табл. 59

Операции	Наименование	Тип	Стандарт, технические условия
1.2. Контроль величины торцового биения дисков	Прибор для оценки торцового биения	ПНТ	ТУ КСЗ
2. Контроль прямолинейности линии вершин зубьев и задней кромки полотна	Поверочная линейка	ШД, кл. 1, длина 1000 мм	ГОСТ 8026-64
3. Правка дефектов формы	Наковальня пило-правная	ПИ-37	Чертежи ЦНИИМОД, 100-175-00 ТУ КСЗ
	Молотки проковочные с бойком круглой формы с массой головки 0,95 и 1,6 кг	ПИ-40; ПИ-41	
	Молоток правильный с перекрестным расположением рабочих поверхностей бойка (0,9 кг)	ПИ-42	ТУ КСЗ
	Молоток правильный с косым расположением рабочих поверхностей бойка (1,3 кг)	ПИ-43	ТУ КСЗ

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?

23. Повышение устойчивости пил

23.1. Общие сведения

Правильная распиловка древесины неразрывно связана с устойчивостью пилы. Такие дефекты пиления, как кривой и волнообразный пропил происходят в результате малой жесткости пилы.

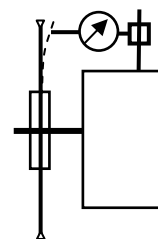
Поперечной жесткостью называют способность пилы оказывать сопротивление деформирующему действию внешних сил резания в зоне зубьев. Различают жесткость статическую и динамическую.

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. 78), Н/мм:

$$C_{cm} = \frac{F_{cm}}{y_{cm}}.$$

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.

Рис. 78. Схема измерения статической жесткости



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

$$C_{дин} = \frac{F_{дин}}{y_{дин}}.$$

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.

23.2. Вальцевание рамных пил

В процессе работы рамная пила нагревается. Режущая 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, расположение и порядок нанесения следов вальцевания показано на рис. 79 и в табл. 60. Давление роликов принимается постоянным для всех следов вальцевания (табл. 61).

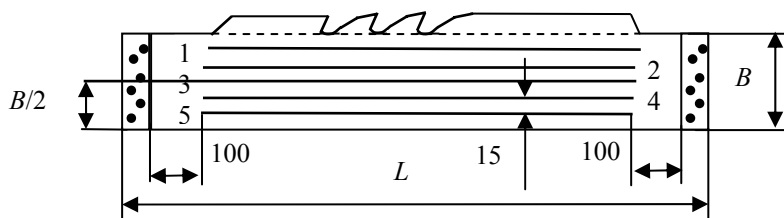


Рис. 79. Расположение и порядок нанесения следов вальцевания

Таблица 60

Количество, расположение и порядок нанесения следов вальцевания

Ширина пилы, мм	Количество следов вальцевания	Номера следов в порядке их нанесения	Ширина пилы, мм	Количество следов вальцевания	Номера следов в порядке их нанесения
180	3	2-3-4	130	3	2-3-4
	(4)	1-2-3-4	120	(4)	1-2-3-4
160	(5)	1-2-3-4-5		3	3
	3	2-3-4	(4)	1-2-3-4	
	(4)	1-2-3-4	110	3	2-3-4
150	(5)	1-2-3-4-5	100	3	2-3-4
	3	2-3-4	90	1	3
	(4)	1-2-3-4	80	(2)	2-3
140	3	2-3-4	70	1	3
	(4)	1-2-3-4		(2)	2-3

Примечание. Значения без скобок – для новых пил; значения в скобках – для пил бывших в эксплуатации и для повторного вальцевания

Таблица 61

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. 80), 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. Растянутая (провальцованная) средняя зона полотна при продольном изгибе выпучится вниз. Стрелу прогиба f измеряют щупами или индикатором линейки 2.

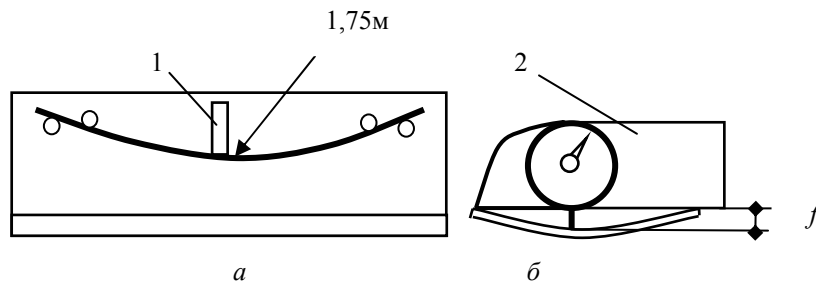


Рис. 80. Контроль степени вальцевания:

а – установка пилы в приспособлении; *б* – измерение стрелы прогиба

Напряженное состояние полотна характеризуется величиной стрелы прогиба f . Оптимальное значение стрелы прогиба приведено в табл. 62. 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 %.

Таблица 62

Оптимальные значения стрелы прогиба при вальцевании рамных пил

Длина пилы, мм	Толщина пилы, мм	Значения стрелы прогиба f , мм, при ширине полотна 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

23.3. Создание напряженного состояния ленточной пилы

Контроль напряженного состояния полотна пилы. В ленточной пиле шириною более 60 мм 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. 63).

Стрелу прогиба в поперечном сечении определяют с помощью приспособления (рис. 81), позволяющего продольно прогнуть полотно по окружности радиуса $R = 1,5$ м. При этом растянутая средняя зона полотна выпучится наружу.

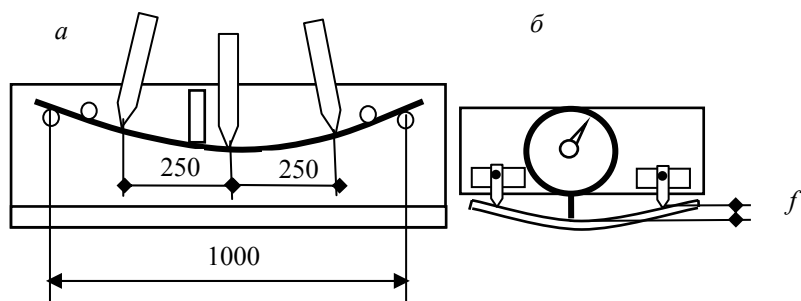


Рис. 81. Схема измерения стрелы прогиба поперечного сечения:
a – приспособление продольного изгиба;
б – измерение индикаторной линейкой

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 неплоскости полотна стрелу прогиба в одних и тех же сечениях измеряют поочередно с внутренней и наружной сторон ленты.

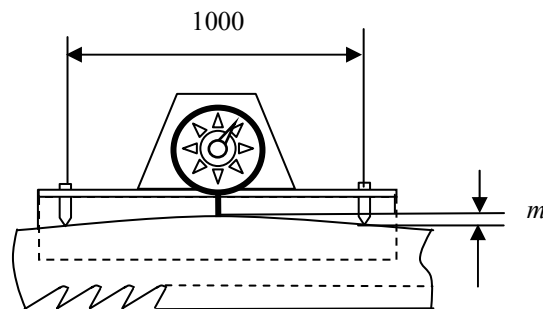
Таблица 63

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	–	–	–	–

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 m , мм	Смещение следа e , мм	Стрела выпуклости m , мм	Смещение следа e , мм
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



Стрелу выпуклости задней кромки измеряют индикаторной линейкой по схеме, приведенной на рис. 82.

Рис. 82. Схема измерения стрелы выпуклости задней кромки

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. 83. 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 приведены в табл. 63.

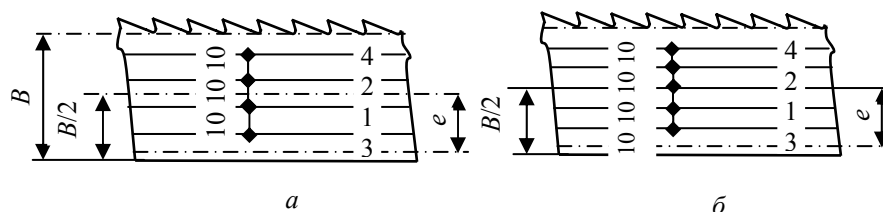


Рис. 83. Расположение и порядок нанесения следов вальцевания:
 а – при четном количестве симметричных следов;
 б – при нечетном количестве симметричных следов

Пилу вальцуют за два приема. Сначала пилу вальцуют с внутренней стороны. Для этого пилу надевают на верхние ролики 1 верстака (рис. 84) и с помощью вальцовочного станка 2 наносят все симметричные следы. Нижняя ветвь пилы при этом скользит по наковальне 3 и поверочной плите

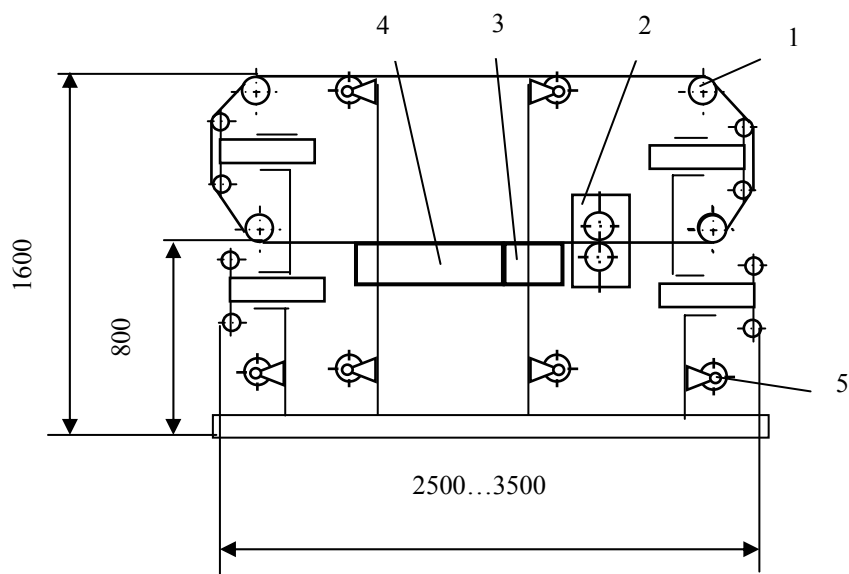


Рис. 84. Верстак для подготовки ленточных пил

4. Затем пилу надевают на нижние ролики 5 и снова наносят следы вальцевания по заданной схеме. Надо стремиться, чтобы следы попадали след в след.

После вальцевания проводят заключительный контроль напряженного состояния. Если стрела прогиба f менее 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.

23.4. 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 [34].

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. 85). Прогиб пилы под действием поперечной силы приводит к появлению восстанавливающего гироскопического момента M_z , который уменьшает или совсем уничтожает прогиб и увеличивает сопротивляемость пилы действию поперечной силы [35]. Жесткость вращающейся пилы за счет гироскопического эффекта становится больше, чем невращающейся. Остаточный прогиб диска от совместного действия поперечной силы F_{cm} и гироскопического момента M_z

$$y_o = y_{cm} - y_m. \quad (60)$$

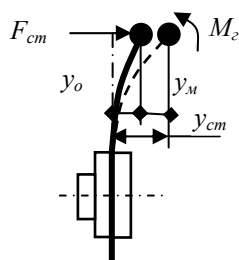


Рис. 85. Прогиб круглой пилы и гироскопический момент при ее вращении

Исследования показывают, что динамическая жесткость в 10 раз и более превышает статическую жесткость.

В диске вращающейся пилы действуют радиальные σ_r и тангентальные σ_t напряжения (см. п. 16.2, рис. 25). Во всех точках оба нормальные напряжения растягивающие (обозначены знаком +).

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 тепловыми потоками неравномерно его нагревает. Периферийная горячая зона диска удлиняется. Эпюры плоского напряженного состояния диска, созданного его неравномерным нагревом при пилении древесины показаны на рис. 86. Тангентальные напряжения σ_t в периферийной зоне пилы на участке $(0,6...1,0)R$ стали сжимающими (помечены знаком “минус”).

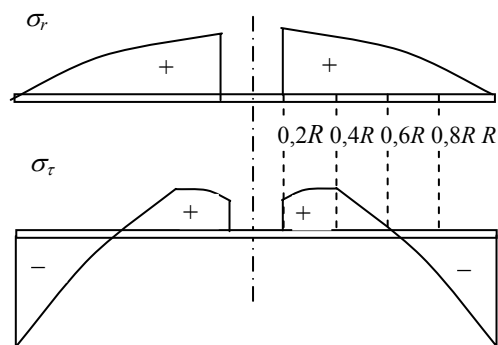


Рис. 86. Плоское напряженное состояние диска пилы, созданное его неравномерным нагреванием при пилении

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. 87 показаны эпюры нормальных напряжений радиальных σ_r и тангентальных σ_t , предварительно созданных путем проковки или вальцевания средней зоны диска на участке $(0,4...0,8)R$.

Под действием деформаций ε вся периферийная зона диска в виде кольца с радиусом $(0,4 \dots 0,8)R$ оказалась растянутой. Край диска натянут.

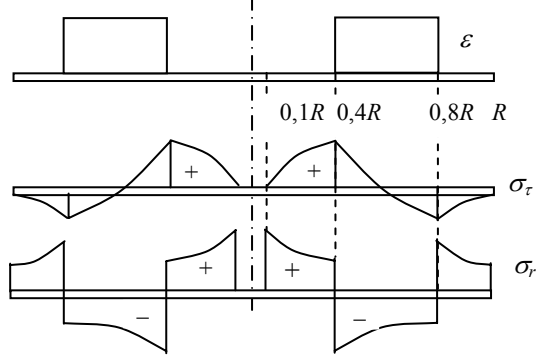


Рис. 87. Плоское напряженное состояние диска, созданное проковкой или вальцеванием его средней зоны

Эффект проковки оказался противоположным эффектом неравномерного нагрева и компенсирует его вредное влияние.

23.5. 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. 88). Прогиб пилы f измеряют индикатором часового типа или поверочной линейкой и щупом в трех точках a, b, c на окружности радиуса 50 мм.

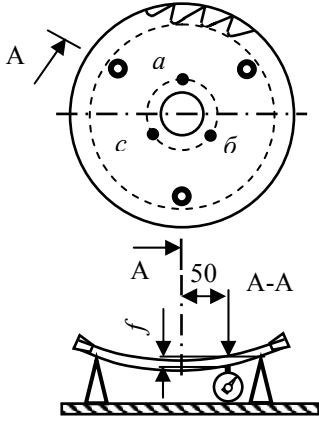


Рис. 88. Схема контроля напряженного состояния диска пилы

Для исключения влияния неплоскостности измерения прогиба проводят с обеих сторон пилы и находят среднюю арифметическую величину прогиба. Эта величина должна соответствовать нормативной (табл. 64).

Предельные отклонения величины прогиба f , мм, плоских пил зависят 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 64

Нормативные значения величины прогиба и степени проковки стальных пил с плоским диском по ОСТ 980-80

Диаметр пил, мм	Толщина пил, мм	Прогиб f , мм	Степень проковки	Диаметр пил, мм	Толщина пил, мм	Прогиб f , мм	Степень проковки
250	1,0	0,30	4,0	710	2,2	1,20	1,1
	1,2	0,25			2,5	1,00	
	1,4	0,20			2,8	0,80	
	1,6	0,15			3,0	0,70	
	1,8	0,10			3,2	0,60	
360	2,0	0,35	3,0	800	3,0	1,10	1,1
	2,2	0,30			3,2	1,00	
	2,5	0,20			3,6	0,80	
400	2,0	0,35	2,5	900	3,2	1,50	1,1
	2,2	0,30			3,6	1,25	
	2,5	0,20			4,0	1,10	
450	2,2	0,40	2,0	1000	3,6	1,80	1,1
	2,5	0,30			4,0	1,50	
	2,8	0,20			4,5	1,20	
500	2,2	0,50	1,7	1250	4,5	3,35	1,1
	2,5	0,40			5,0	2,75	
	2,8	0,30			5,5	2,00	
560	2,2	0,55	1,4	1500	4,5	5,00	1,1
	2,5	0,45			5,0	4,30	
	2,8	0,35			5,5	3,80	
630	2,5	0,70	1,2	1600	4,5	6,00	1,1
	2,8	0,55			5,0	5,50	
	3,0	0,50			5,5	4,75	

Проковка. Для проковки пилу размечают (рис. 89). 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.

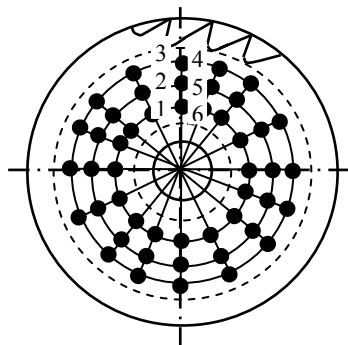


Рис. 89. Схема разметки диска пилы для проковки

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. 65. Для пил бывших в эксплуатации величина давления корректируется в зависимости от исходного напряженного состояния диска [36].

После вальцевания измеряют стрелу прогиба диска (см. рис. 88) и сравнивают ее величину с нормативными значениями по табл. 64.

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.

**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	630	2,5	17000	6,0
	2,0	17700	6,0		2,8	19800	7,0
	2,2	18400	6,5		3,0	22600	8,0
400	2,0	15500	5,5	710	2,8	18400	6,5
	2,2	17000	6,0		3,0	21200	7,5
	2,5	19800	7,0		3,2	24000	8,5
500	2,2	15500	5,5	800	3,0	19800	7,0
	2,5	18400	6,5		3,2	22600	8,0
	2,8	21200	7,5		3,6	25400	9,0

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?

24. Частота вращения дисковых пил

24.1. Формы колебаний круглых 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.

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. (рис. 90).

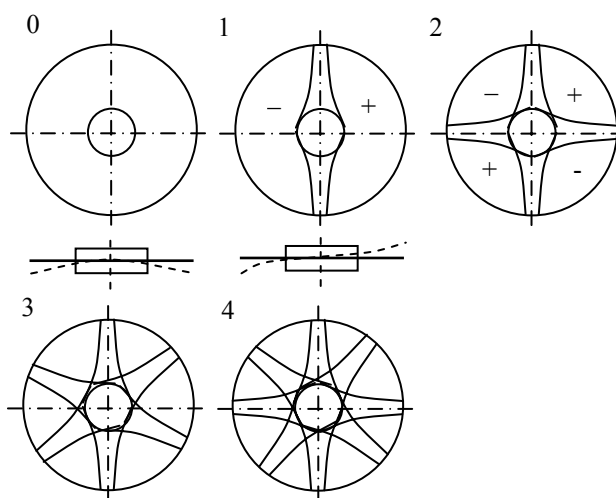


Рис. 90. Формы колебаний круглых пил:
0, 1, 2, 3, 4 – число узловых диаметров

24.2. Критическая частота вращения круглой 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:

$$v_{cm} = \frac{x^2 S}{4\pi R^2} \sqrt{\frac{gE}{30\gamma(1-\mu^2)}}, \quad (61)$$

где x – параметр, зависящий от числа узловых диаметров m и отношения радиуса зажимной шайбы R_u к радиусу пилы R ;

S – толщина пилы, см;

R – радиус пилы, см;

g – ускорение свободного падения (981 см/с^2);

E – модуль упругости, Н/см²;
 γ – плотность стали, кг/см³;
 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

$$v_{дин} = \sqrt{v_{cm}^2 + Bn_c^2}, \quad (62)$$

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

$$v_{рез} = v_{дин} + mn_{рез}; \quad (63)$$

для обратно бегущих волн

$$v_{рез} = v_{дин} - mn_{рез}, \quad (64)$$

где m – число узловых диаметров;

$n_{рез}$ – рабочее резонансное число оборотов пильного диска, с⁻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 (64) при $v_{рез} = 0$ следует

$$v_{дин} = mn_{кр}. \quad (65)$$

Решая совместно (62) и (65) получим критическую частоту вращения пилы $n_{кр}$, с⁻¹:

$$n_{кр} = \frac{v_{cm}}{\sqrt{m^2 - B}}. \quad (66)$$

24.3. Критическая частота неравномерно нагретой пилы

Критическая частота вращения пилы с учетом неравномерности нагрева диска определяется по формуле, мин⁻¹ [16]

$$n_{\lambda_{кр}} = 60 \sqrt{\frac{K_n v_\lambda^2 - c_\lambda \Delta T}{m^2 - B}}, \quad (67)$$

где K_n – коэффициент напряженного состояния (проковки, вальцевания) диска пилы (табл. 66; 67);

v_λ – частота собственных колебаний не вращающейся пилы с нулевыми напряжениями, с⁻¹;

c_λ – температурный коэффициент, 1/(с²ΔT);

ΔT – разность температур по радиусу диска пилы (на окружности впадин зубьев и в зоне зажимных фланцев), °C;

m – число узловых диаметров, характеризующее форму колебаний ($m \geq 2$);

B – динамический коэффициент.

Таблица 66

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

**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.

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 $C = d_\phi/D_p = 0,20 \dots 0,32$ коэффициент B имеет следующие значения:

M	2	3	4
B	2,25	3,80	5,60

Входящие в формулу (67) величины определяются следующим образом:

$$v_\lambda = 2,5 \cdot 10^5 \frac{S}{R_p^2} \sqrt{f^I(c, m)}, \quad (68)$$

$$c_\lambda = 82,2 \cdot 10^5 \frac{f^{II}(c, m)}{R_p^2}, \quad (69)$$

$$\Delta T_{\infty} = 12,3 \cdot 10^6 \frac{K_T P_{рез}}{D^{1,3} n^{0,4} S^{0,5}} = AP_{рез}, \quad (70)$$

$$\Delta T_{66} = 5,85 \cdot 10^4 \frac{K_T P_{рез}}{D^{0,8} n^{0,15} S^{0,5} Q_{жс}^{0,17}} = \frac{BP_{рез}}{Q_{жс}^{0,17}}, \quad (71)$$

$$\Delta T_{60} = 1,85 \cdot 10^4 \frac{K_T P_{рез}}{D^{0,65} n^{0,075} S^{0,5} Q_{жс}^{0,24}} = \frac{BP_{рез}}{Q_{жс}^{0,24}}, \quad (72)$$

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. 68; 69);

c – отношение радиуса зажимных фланцев к расчетному радиусу пилы;

$\Delta T_{од}$, ΔT_{66} , ΔT_{60} – значения ΔT при работе пилы соответственно без охлаждения, с охлаждением водо-воздушной смесью и водой, °С;

K_m – коэффициент, учитывающий долю мощности резания, расходуемой на нагрев диска пилы без зубьев;

A , B , V – коэффициенты (табл. 70...72); $Q_{ж}$ – расход жидкости на один диск ($Q_{ж} = 3...90$ кг/ч).

Таблица 68

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 $K_m = 0,03$, при охлаждении водо-воздушной смесью или водой $K_m = 0,01$. Для диаметров 630 мм и более расчеты являются ориентировочными. При поперечном пилении, когда время пиления в рабочем цикле составляет менее 10 %, $K_m = 0$.

Таблица 69

Значения безразмерной функции $f^{II}(c, m)$

m	$f^{II}(c, m)$ 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 70

Значения коэффициента A при $K_m = 0,03$

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 71

Значения коэффициента B при $K_m = 0,01$

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						

Значения коэффициента B при $K_m = 0,01$

Диаметр пилы, мм	Толщина пилы, мм	$B, \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{кг}/\text{кВт}\cdot\text{ч}$, при скорости резания, м/с				Диаметр пилы, мм	Толщина пилы, мм	$B, \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{кг}/\text{кВт}\cdot\text{ч}$, 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						

24.4. Допустимая рабочая частота вращения пилы

Максимально допустимая рабочая частота вращения пилы, мин^{-1}

$$n_{\partial}^{\max} = 0,85n_{кр}^{\min}, \quad (73)$$

где $n_{кр}^{\min}$ – минимальная критическая частота вращения пилы, мин^{-1} . Определяется по формуле (67) при $m = 2, 3, \dots$. Минимальное из полученных значений принимают за $n_{кр}^{\min}$. Это значение можно получить при параметрах пилы, принятых по табл. 67.

Расчетные значения максимально допустимой частоты вращения круглых пил с плоским диском, работающих без охлаждения, приведены в табл. 73. 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 $\Delta T \approx 0 \text{ }^\circ\text{C}$.

Таблица 73

**Максимально допустимые частоты вращения
круглых пил с плоским диском**

Диаметр пилы, мм	Толщина пилы, мм	Максимально допустимая частота вращения, мин ⁻¹ , при перепаде температуры ΔT, °C							A, °C/кВт
		0	5	10	15	20	30	50	
160	(2,0)	14000	–	–	–	–	–	12000	-
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
	2,2	8150	8000	7850	7700	7550	7200	6500	5,7
320	(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	–
	(3,2)	6400	–	–	–	–	–	5100	–
450	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	–
500	2,2	3050	2900	2700	2250	2350	1900	–	3,8
	2,5	3450	3300	3200	3000	2850	2500	1600	3,5

Окончание табл. 73

Диаметр пилы, мм	Толщина пилы, мм	Максимально допустимая частота вращения, мин ⁻¹ , при перепаде температуры ΔT , °C							A, °C/кВт
		0	5	10	15	20	30	50	
500	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
630	2,8	3,150	3050	2950	2800	2700	2400	1700	3,0
	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
	2,8	1800	1700	1550	1400	1200	700	–	2,4
800	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
	3,6	1650	1500	1400	1250	1050	600	–	1,9
900	3,2	1200	1100	950	750	550	–	–	1,8
	3,6	1350	1250	1150	1000	800	300	–	1,7
	4,0	1500	1400	1300	1200	1050	700	–	1,6
1000	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

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?

25. Балансировка вращающихся инструментов

25.1. Общие сведения

Дереворежущие инструменты вращаются с частотой до 24000 мин^{-1} , поэтому необходимо их тщательно уравнивать (балансируют). 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 уравнивающего груза m , г, смещенного относительно оси вращения, и радиуса смещения r , см [37].

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_u : $e_{cm} = D/m_u$.

Дисбаланс и удельный дисбаланс не учитывают частоту вращения инструмента. Одно и то же значение D или e_{cm} может оказаться допустимым при малой частоте вращения и недопустимым при большой. Поэтому универсальной мерой неуравновешенности, принятой по ГОСТ 22061-76, считается произведение удельного дисбаланса e_{cm} на наибольшую эксплуатационную угловую скорость ω_{\max} вращения шпинделя. Универсальный дисбаланс, $\text{мм}\cdot\text{с}^{-1}$: $D_y = e_{cm}\omega_{\max}$.

ГОСТ предусматривает 12 классов, характеристика их приведена в табл. 74.

Статическая неуравновешенность. Характерна для деталей типа дисков: пил, плоских шлифовальных кругов, насадных узких фрез.

На рис. 91 представлен диск, центр тяжести которого смещен относительно оси вращения на величину $e_{cm} = OC$ вследствие наличия неуравновешенных масс m_1 и m_2 .

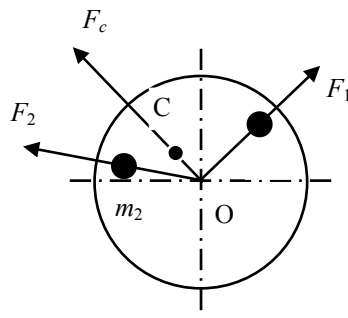


Рис. 91. Схема статической неуравновешенности

Центробежная сила, Н:

$$F_c = \sum F_i = \omega^2 \sum m_i r_i = \omega^2 \sum D_i = \omega^2 D = \omega^2 m_p e_{cm}, \quad (74)$$

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;

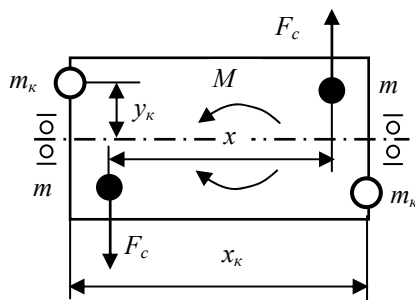
e_{cm} – эксцентриситет центра массы диска.

Таблица 74

Классы точности балансировки по ГОСТ 22061-76

Класс точности балансировки	$D_v = e_{cm} \omega_{max}$, 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

Моментная неуравновешенность. Определяется главным моментом дисбалансов ротора или двумя равными по значению антипараллельными векторами дисбалансов, лежащими в двух произвольных плоскостях, перпендикулярных оси ротора (рис. 92). 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. 92. Моментная неуравновешенность ножевого вала

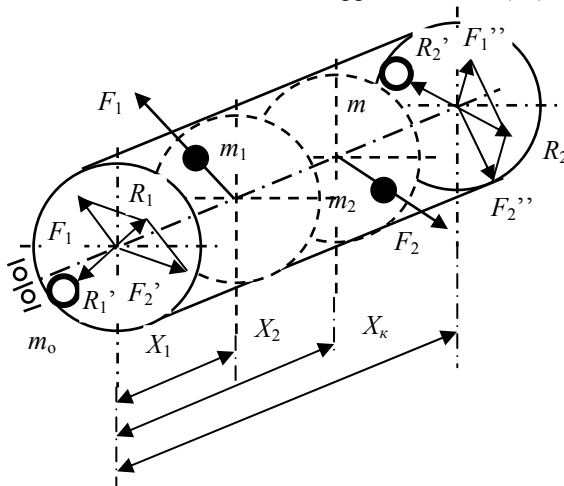
Центробежные силы создают момент

$$M = F_c x = m \omega^2 y x. \quad (75)$$

Для уравновешивания необходимо создать противодействующий момент $M_k = M$. При этом

$$M_k = m_k \omega^2 y_k x_k, \quad (76)$$

где m_k – корректирующие массы. Плоскости, в которых они лежат, называют плоскостями коррекции. Из (75) и (76) следует, что $m y x = m_k y_k x_k$.



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. 93).

Рис. 93. Динамическая неуравновешенность вала

Неуравновешенные массы m_1, m_2 и центробежные силы F_1, F_2 расположены в разных осевых плоскостях.

Для уравнивания в плоскостях коррекции проводят векторы сил F_1', F_1'' и F_2', F_2'' . При этом

$$\begin{aligned} F_1' &= F_1(x_k - x_1)/x_k, & F_1'' &= F_1 x_1/x_k = F_1 - F_1'; \\ F_2' &= F_2(x_k - x_2)/x_k, & F_2'' &= F_2 x_2/x_k = F_2 - F_2'. \end{aligned} \quad (77)$$

Складывая геометрически силы в плоскостях коррекции, получим равнодействующие силы R_1 и R_2 . Для уравнивания этих сил массами m_0, m создают противоположно направленные центробежные силы R_1' и R_2' .

25.2. 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. 94), выставленные строго горизонтально. На них устанавливается цапфа 2 оправки с балансируемым инструментом 3.

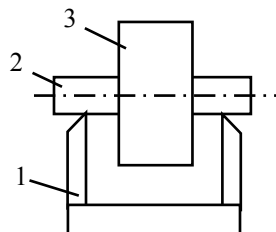


Рис. 94. Балансировочное устройство

Инструмент крепят на оправке с посадкой точностью $H7/h7$. Диаметр цапфы оправки должен быть не более 15 мм. Цапфы и призмы (ножи) закаливают.

При балансировке после нескольких качаний инструмент останавливается на призмах 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:

$$M_{ост} = Km_g = D_{ост}, \quad (78)$$

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

Для дереворежущих фрез, работающих при частоте вращения до 6000 мин⁻¹, масса которых не превышает 5 кг, допустимый остаточный дисбаланс $D_{ост} = 5 \cdot 10 = 50$ кг·мкм = 50 г·мм = 5 г·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 (78) 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 $[D_{ост}] = 70$ г·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 $D_{ост} = 60$ г·мм. Определить класс точности балансировки, если рабочая частота вращения фрезы равна 6000 мин⁻¹.

Решение. 1. Находим значение удельного дисбаланса

$$e_{cm} = D_{ост}/m_u = 60/(1000 \cdot 6) = 0,01 \text{ мм}.$$

2. Угловая частота вращения фрезы

$$\omega_{max} = \pi n/30 = 3,14 \cdot 6000/30 = 628 \text{ с}^{-1}.$$

3. Значение универсального дисбаланса

$$D_y = e_{cm} \omega_{max} = 0,01 \cdot 628 = 6,28 \text{ мм} \cdot \text{с}.$$

4. Из табл. 74 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 отбалансируется на призмах с остаточным дисбалансом

$D_{осм} = 50$ г·см. Рабочая частота вращения пилы $n = 3000$ мин⁻¹. Определить класс точности балансировки.

Решение. 1. Удельный дисбаланс

$$e_{см} = D_{осм}/m_u = 500/(1000 \cdot 2,5) = 0,2 \text{ мм.}$$

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. 95) с регулируемыми опорами, втулку 2 с дисками, патрон 3 с фрезой 4 и несколькими балансировочными винтами 5.

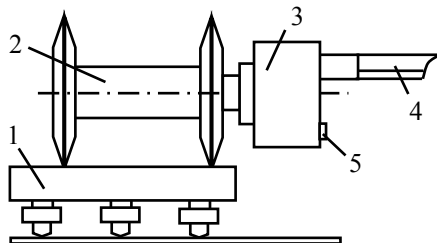


Рис. 95. Приспособление для балансировки концевых фрез

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.

25.4. Балансировка фрезерных ножей

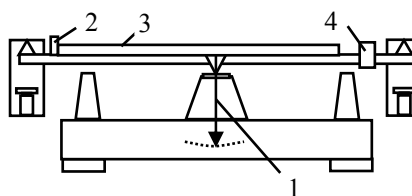
Комплекты ножей, клиньев, винтов сборных насадных фрез и ножевых валов должны иметь одинаковую массу. Особенно это относится к комплектам, расположенным в диаметральных плоскостях. Разность в массе комплектов не должна превышать 0,1 % от массы комплекта.

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 3 кладут на коромысло весов (рис. 96) так, чтобы он одним своим концом упирался в упор 2. Передвигая грузик 4, 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 нарушилось, то с тяжелой части ножа срезают металл. Допустимая неуравновешенность равна 0,4 % массы ножа.

Рис. 96. Схема балансировочных весов



Контрольные вопросы

1. Приведите определения понятий дисбаланса, удельного и универсального дисбалансов.
2. Для каких режущих инструментов характерны статическая, моментная и динамическая неуравновешенности?
3. Как выполнить статическую балансировку дисковых пил и фрез?
4. Как балансируют концевые фрезы?
5. Как балансируют ножи?

26. Технические требования, предъявляемые к инструментам

26.1. Пилы

Пилы рамные, подготовленные для установки в станок, должны отвечать следующим требованиям.

1. Все зубья после заточки должны иметь одинаковый профиль, соответствующий ГОСТу на пилу.
2. Вершины всех зубьев должны быть расположены на одной прямой или окружности.

3. Дно впадины между зубьями должно иметь плавное закругление без острых углов.
4. Зубья пил не должны иметь заворотов, засинений кончиков и других дефектов.

Пилы ленточные. Требования к их подготовке приведены в табл. 75.

Таблица 75

Требования к качеству подготовки зубьев ленточных пил

Параметр	Допускаемое отклонение		
	узких пил, тип 1	широких пил, тип 1	пил для бревен и брусьев
Размер зубьев, мм:			
шаг	± 0,3	± 0,5	± 0,5
высота	± 0,3	± 0,3	± 0,5
Прямолинейность линии вершин зубьев, мм/1000 мм длины (вогнутость)	0,3	0,4	0,4
Уширение вершин зубьев на сторону, мм	± 0,05	± 0,05	± 0,1
Угловые параметры, град	± 1	± 1	± 1
Шероховатость по параметру R_z , мкм, не более	20	20	20

Пилы круглые стальные. 1. Следы ударов молотком на плоскостях допускаются глубиной не более 0,06 мм при $D \leq 900$ мм и 0,08 мм при $D > 900$ мм.

2. Допускаемые отклонения от прямолинейности торцовых поверхностей приведены ниже в зависимости от диаметра пил:

Диаметр пилы, мм	До 450	450...800	800...1000	1250	1500
Отклонение, мм, не более	0,1	0,2	0,5	0,4	0,5

3. Погрешность шага зубьев допускается следующая:

Шаг зубьев, мм	До 10	10...20	20...40	свыше 40
Погрешность, мм, не более	0,2	0,3	0,5	0,8

4. Отклонение углов – не более $\pm 2^\circ$.

5. Шероховатость – не более $R_z = 20$ мкм.

Пилы дисковые твердосплавные. 1. Отклонение от плоскостности корпуса на каждой стороне – не более 0,1 мм при $D \leq 400$ мм и 0,15 мм при $D > 400$ мм.

2. Отклонение передних и задних углов – не более $\pm 2^\circ$; вспомогательных углов – $+ 30^\circ$.

3. Погрешность в шаге зубьев зависит от его величины:

Шаг зубьев, мм	10...18	18...30	Свыше 30
Погрешность, мм, не более	0,6	0,7	0,8

4. Радиальное биение зубьев – не более 0,15 мм.

5. Торцовое биение зубьев – не более 0,2 мм при $D \leq 400$ мм и 0,25 мм при $D > 400$ мм.

Шероховатость заточенных поверхностей $R_z = 1,6$ мкм (ГОСТ 2789-73).

26.2. Ножи

Ножи для фрезерования, подготовленные к работе, должны отвечать следующим требованиям.

1. Разноширинность ножа по его длине должна быть не более 0,1 мм на 100 мм для ножей длиной до 600 мм; 0,8 мм – 600...800 мм, 1,2 мм – 800...1260 мм; 1,6 – 1610 мм.

2. Непрямолинейность режущей кромки – не более 0,025 мм на 100 мм длины.

3. Допуск угла заострения ножей – $\pm 2^\circ$.

4. Шероховатость задней грани R_a не более 1,25 мкм.

Ножи лущильные. 1. Неравномерность ширины ножа – не более 0,1 мм на 100 мм длины.

2. Отклонение от прямолинейности режущей кромки – не более 0,05 мм на 100 мм длины ножа.

3. Шероховатость задней грани R_a – не более 1,25 мкм.

26.3. Фрезы

Фрезы цельные. Качество заточки контролируют путем осмотра и измерений. Выкрошины, забои и следы прижогов на режущих кромках не допускаются. Острота режущих кромок после доводки должна быть 5...8 мкм.

Шероховатость заточенных поверхностей контролируют с помощью эталонов. Для стальных фрез параметр $R_a = (0,63...0,32)$ мкм.

Диаметры насадных и концевых фрез измеряют с точностью до 0,05 мм. При этом разность в диаметрах фрез, работающих комплектом, не должна превышать 0,2 мм.

Торцевое биение вершин зубьев не должно превышать 0,06 мм для фрез диаметром до 125 мм и 0,08 мм для фрез диаметром свыше 125 мм. Радиальное и торцевое биение концевых фрез не должно превышать 0,05 мм.

Профиль фрезы контролируют шаблоном, который изготавливают по профилю детали с точностью 0,1 мм. Зазор между режущими кромками и поверхностью шаблона не должен быть больше 0,1 мм.

Допуск основных углов должен быть не более $\pm 2^\circ$, вспомогательных – $\pm 30'$. Неуравновешенность – не более 50 г·мм.

Фрезы сборные должны удовлетворять следующим требованиям.

1. Шероховатость задних граней ножей из инструментальных сталей по параметру R_a должна быть не более 0,8 мкм; для ножей с твердым сплавом – не более 0,32 мкм.

2. Радиальное биение режущих кромок ножей при диаметре фрез до 120 мм – не более 0,06 мм; свыше 120 мм – 0,08 мм.

3. Отклонение от прямолинейности режущих кромок ножей – не более 0,02 мм при $D \leq 100$ мм и 0,03 мм при $D > 100$ мм.

4. Отклонение массы ножей, входящих в комплект фрезы, должен быть не более 0,1 г.

Фрезы концевые. 1. Шероховатость заточенных поверхностей по параметру R_z должна быть не более 3,2 мкм.

2. Допуск углов резания должен быть не более $\pm 2^\circ$.

3. Радиальное и торцевое биение режущих кромок относительно оси хвостовика – не более 0,05 мм.

26.4. Сверла

Сверла должны отвечать следующим требованиям.

1. Шероховатость заточенных поверхностей по параметру R_z должна быть не более 6,3 мкм.

2. Допуск радиального биения относительно хвостовика: для направляющего центра – не более 0,20...0,25 мм; для наружной поверхности режущей части – 0,08...0,12 мм.

3. Допуск осевого биения на середине главных режущих кромок и подрезателей – не более 0,10...0,18 мм.

4. Предельные отклонения углов резания не более $\pm 3^\circ$.

27. Установка инструментов на станок

27.1. Установка рамных пил

Прокладки. Рамные пилы в поставе отделяют друг от друга межпильными прокладками. Толщина прокладок, мм:

$$T = a + 2S' + C,$$

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

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. 97), которая включает нижнюю и верхнюю поперечины 1, стойки 4 со струбцинами 3. В пространстве между стойками и поперечинами размещают нижние и верхние захваты 7. 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 поставы.

Нижние струбцины устанавливают ниже верха подающих нижних вальцов на 50...60 мм. Верхние струбцины фиксируют над нижними на расстоянии l , мм:

$$l = d_k + H + (130...170),$$

где d_k – диаметр распиливаемых бревен в комле, мм;

H – ход пильной рамки, мм.

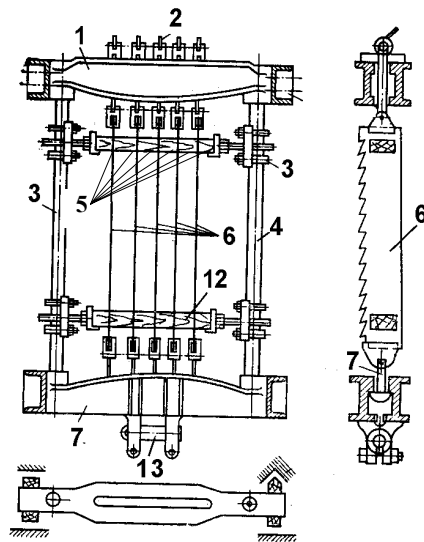
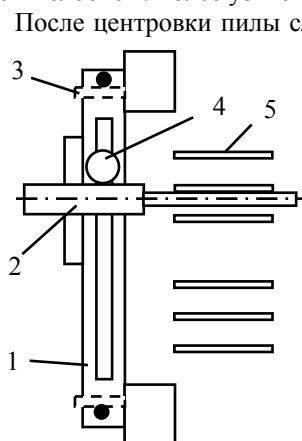


Рис. 97. Крепление пил в пильной рамке

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 5 и слегка обжимают их правыми струбцинами. При этом контролируют центровку 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 уклономером. Затем делают выверку положения пил, обжимают их правыми струбцинами, окончательно натягивают пилы и контролируют их жесткость.

Рис. 98. Схема выверки пил линейкой и угольником

Выверка положения пил. Плоскости пил должны быть параллельны направлению движения бревна и линии

движения пильной рамки. Выверку положения пил осуществляют угольником и линейкой (рис. 98). Линейка 1 выполнена в виде полосы с продольной прорезью, в которую вставлен болт с гайкой барашком 4.

Одна боковая кромка линейки шлифована. Линейка устанавливается на стержнях 3 платиков станины станка. К линейке прикладывают угольник 2.

Выверку начинают при верхнем положении пильной рамки. Стержень угольника должен плотно касаться по всей ширине пилы 5. Если этого не происходит. То с помощью струбцины 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 пил постава стержень угольника прикладывают к средней пиле, и это положение фиксируют передвижным упором-болтом 4. Затем пильную рамку опускают в крайнее положение. Угольник снова кладут на линейку и прижимают к упору. Величина зазора говорит об отклонении пил от вертикального положения. Отклонение устраняют с помощью струбцины. Допускаемое отклонение от вертикали должно быть не более 1...2 мм. Отклонения измеряют щупом.

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.

27.2. Установка ленточных пил

Выбор параметров узких ленточных пил. Длина пильной ленты

$$L = 2(A_{\min} \dots A_{\max}) + \pi D, \quad (79)$$

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

$$B = 10\sqrt{RS'/12}, \quad (80)$$

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 ободья 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:

$$G = \frac{l(2(\sigma_0 bS) + G_{суп})}{9,81L}, \quad (75)$$

где σ_0 – напряжение в пильной ленте, $\sigma_0 = 50...100$ МПа;

b – ширина полотна без зубьев, мм;

S – толщина пилы, мм;

$G_{суп}$ – вес подвижной части суппорта с верхним шкивом, Н;

l – малое плечо рычага, мм.

Параметры l , L , $G_{суп}$ 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 ч верхний шкив опускают, разгружая пильную ленту.

27.3. Установка стальных дисковых пил

Типовые варианты крепления круглых пил на валах приведены на рис. 99. Первый вариант (рис. 99, а) является распространенным. Он

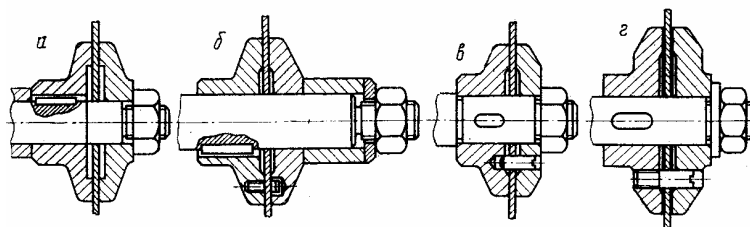


Рис. 99. Варианты крепления круглых пил на валах:

а – шайбами без штифтов;

б, в, г – шайбами со штифтами применяется для крепления на валах пил диаметром до 1000 мм при мощности до 14 кВт [38].

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 обратной направленности вращения пильного вала.

Зажим пилы осуществляется контактным кольцом 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.

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.

27.4. 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.

27.5. 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 неперпендикулярность 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 промежуточных упорных 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 не менее 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.

27.6. 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. 100).



Рис. 100. Крепление сверла в патроне со стопорным винтом

Цилиндрический хвостовик инструмента вставляется в патрон с посадкой $H7/h7$. 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. 101).

Чертежи различных вариантов выполнения патронов со сменной головкой приведены на рис. 102.

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 трехкулачковые 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. 95). Величина эксцентриситета и диаметр фрезы для получения заданного паза принимаются по табл. 75.

При установке фрезы необходимо проверить, чтобы задний угол резания был равен $\alpha = 15 \dots 20^\circ$ для стального и $\alpha = 10 \dots 15^\circ$ для твердосплавного зуба фрезы.



Рис. 101. Патрон со сменной головкой

Рис. 102. Патрон и варианты его крепления на шпинделе
Для этого определяют угол установки

$$\varphi = \arccos \frac{R_p^2 + R^2 - e^2}{2Re}, \quad (82)$$

где R_p – радиус резания, равный половине ширины паза, мм;

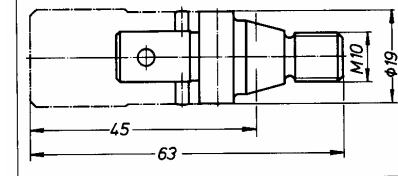
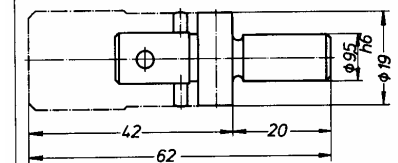
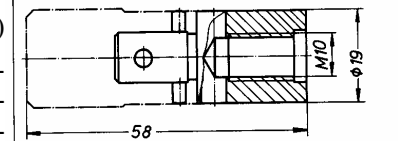
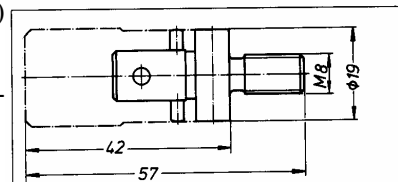
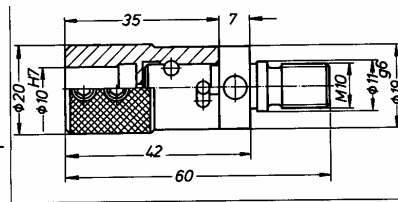
R – радиус фрезы, мм;

e – эксцентриситет, мм.

Задний угол

$$\alpha = \arcsin e \sin \varphi / R_p \quad (83)$$

При установке концевой инструмента должны выполняться следующие требования: отклонение от соосности шпинделя – не более 0,05 мм; радиальное биение – не более 0,03 мм.



**Исходные данные при выборе углов установки
концевых однозубых незатылованных фрез, мм**

Диаметр резания (ширина паза) D_p	Диаметр фрезы D	Эксцентриситет e	Диаметр резания (ширина паза) D_p	Диаметр фрезы D	Эксцентриситет e
4,5...4,9	4	0,50	12,0...12,7	10	1,5
5,0...5,4	4	0,75	12,9...13,8	10	2,0
5,5...5,9	5	0,50	14,0...14,7	12	1,5
6,0...6,3	5	0,75	14,9...15,6	12	2,0
6,5...6,8	5	1,00	15,7...16,5	12	2,5
7,0...7,3	6	0,75	16,9...17,6	14	2,0
7,4...7,8	6	1,00	17,7...18,4	14	2,5
8,0...8,7	6	1,50	18,5...19,4	14	3,0
8,7...8,9	8	0,50	19,6...20,5	16	2,5
9,0...9,3	8	0,75	20,8...21,2	16	3,0
9,4...9,8	8	1,00	21,4...22,4	16	3,5
10,0...10,7	8	1,50	22,5...23,4	18	3,0
10,8...10,9	10	0,50	23,5...24,3	18	3,5
11,0...11,3	10	0,75	24,4...25,3	18	4,0
11,4...11,8	10	1,00	25,8...27,2	20	4,0
			27,5...29,0	20	5,0

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?

28. Ремонт режущего инструмента

28.1. Ремонт рамных пил

При ремонте выполняются операции обрезки полотна по длине и ширине, приклепки 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 ПШП-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 бороздкой 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 все остальные отверстия. Заклепки вставляют поочередно с разных сторон.

Выступающие над планками торцы пилы и заклепки сошлифовывают.

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.

28.2. 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 штуки 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 штук 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 ПШП-2 и ПШ-3М.

28.3. 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.

28.4. 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.

29. Организация инструментального хозяйства

29.1. 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 за его использованием; учет, хранение и выдача инструмента.

Системы организации инструментального хозяйства. Известны 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 за качеством 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.

29.2. 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.

29.3. 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

$$P_o = \frac{fL}{tK_p} \sum_{i=1}^n \frac{\Pi_i F_i}{G_i}, \quad (84)$$

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;

Π_i – средняя продолжительность операции i при подготовке единицы инструмента, мин (табл. 77);

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.:

$$L = \frac{lt}{60T_i} K, \quad (85)$$

где l – количество инструмента одного вида, установленного на станках предприятия, шт;

T_i – период стойкости инструмента, ч (табл. 78);

K – коэффициент случайных потерь инструмента.

Таблица 77

Продолжительность подготовки инструментов [41]

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 формование 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 контуру	—	—	10	0,05
	Напайка пластин твердо- го сплава	—	—	40	0,05
	Отпуск зубьев	—	—	15	0,05
	Черновая заточка по зад- ней грани	—	—	20	0,05
	Черновая заточка по пе- редней 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	
Пилы лен- точные уз- кие	Соединение концов	15	0,03	—	—
	Правка и вальцевание	20	0,20	—	—
	Развод зубьев	10	0,25	—	—
	Заточка зубьев	30	1,0	—	—
	Установка в станок	10	1,0	—	—

Окончание табл. 77

Инструмент	Операция	Инструмент стальной		Инструмент твердосплавный	
		P_i , мин	F_i	P_i , мин	F_i
Ножи руби- тельных машин	Заточка	10	1,0	–	–
	Балансирование	3	1,0	–	–
	Настройка установочной ширины	12	1,0	–	–
Короснима- тели	Заточка	5	1,0	10	1,0
	Правка	5	1,0	5	1,0
Ножи пло- ские для фрезерова- ния древе- сины	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 на- садные	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 кон- цевые	Установка в станок	30	1,0	30	1,0
	Заточка	15	1,0	20	1,0
	Доводка	4	1,0	6	1,0
Ножи луцильные	Балансирование	6	1,0	6	1,0
	Установка в станок	12	1,0	12	1,0
	Заточка	35	1,0	–	–
Линейки прижимные	Доводка	5	1,0	–	–
	Заточка	25	1,0	–	–
	Доводка	5	1,0	–	–

Таблица 78

**Период стойкости инструмента в зависимости
от обрабатываемого материала, ч [41]**

Инструмент	Период стойкости T , ч, при обработке материалов:					Коэф- фици- ент случайных потерь K
	хвой- ные породы	твердо- лист- венные породы	плиты сто- лярные	ДСТП	древеси- на клее- ная слоистая	
Пилы рамные стальные	3,0	–	–	–	–	1,5
То же со стеллитом	7,0	–	–	–	–	1,5

Окончание табл. 78

Инструмент	Период стойкости T , ч, при обработке материалов:					Коэффициент случайных потерь K
	хвойные породы	твердолиственные породы	плиты столлярные	ДСП	древесина клееная слоистая	
Пилы ленточные	3,5	–	–	–	–	1,5
Пилы круглые стальные для продольной распиловки	4,0	2,5	–	0,4	–	1,3
То же для поперечной распиловки	8,0	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 лущильные	–	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

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 часов. Ведомость оборудования приведена в табл. 79.

Таблица 79

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	—	—	—
Четырех сторонний продольно фрезерный С26-2	3	—	—	48	—
Для заделки сучков СвСА	3	—	—	—	3

Решение. По табл. 79 находим период стойкости инструментов T_i и коэффициент случайных потерь K . Заносим их значения в табл. 79. По формуле (4.34) 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 80

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
	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
				$\sum P_o = 3,36$

По табл. 77 находим продолжительность операций по подготовке инструмента и заносим их значения в таблицу. В табл. 81 приведены операции по подготовке дисковых пил.

Таблица 81

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

$$P_o = \frac{1,15 \cdot 2,7}{480 \cdot 0,7} 20,5 = 0,19 \text{ ч/смен.}$$

Аналогично рассчитывают значения численности основных рабочих в одну смену P_o для подготовки остальных видов инструмента и по табл. 80 получают суммарную численность основных рабочих $\sum P_o = 3,36$ человеко-смен.

Численность подсобных рабочих принимают 15...20 % от основных:
 $P_n = 0,15 \cdot 3,36 = 0,5$ ч/смен.

Численность работающих инструментального участка

$$P = P_o + P_n = 3,36 + 0,5 = 3,86 \text{ ч/смен.}$$

Состав инженерно-технических работников (ИТР) принимают 10..12 %, служащих и младшего обслуживающего персонала 1,5...2,0 % от числа рабочих инструментального хозяйства.

29.4. Расчет требуемого количества оборудования

Общее количество оборудования одного вида для подготовки инструмента рассчитывают в одну смену

$$S = \frac{1}{\eta} \sum_{i=1}^S \frac{K_{II} \Pi_i F_i}{60 T_i G_i}, \quad (86)$$

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. 78);

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 (см. табл. 77);

F_i – коэффициент периодичности выполнения операции i (см. табл. 77);

T_i – период стойкости инструмента, ч (см. табл. 78);

G_i – количество инструментов, обрабатываемых на оборудовании одновременно, шт.

Потребное количество оборудования определяют также по укрупненным нормам (табл. 82).

Таблица 82

Укрупненные нормы оборудования для подготовки режущего инструмента [41] лесопильного цеха

Операции	Инструмент	Нормы станков при числе установленных лесопильных рам		
		2	4	8
Вальцевание	Пилы:			
	рамные	1	1	1
	круглые	1	1	1
Уширение зубьев	Пилы			
	рамные	1	2	3
	круглые	–	–	1
Заточка	Пилы:			
	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

29.5. 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.

29.6. Определение потребности в дереворежущем инструменте

Годовую потребность в станочном дереворежущем инструменте одного типоразмера N , шт, определяют по формуле

$$N = \frac{100\tau R_i l}{RT(100 - q)} + \Phi, \quad (87)$$

где τ – время работы инструмента (основного оборудования) в расчетном году, ч;

R_i – уменьшение режущей части инструмента за одну переточку, мм;

l – число инструментов одного типоразмера, одновременно устанавливаемого на станок (линию) производственного цеха, шт;

R – допустимое стачивание за весь срок службы инструмента, мм;

T – период стойкости, ч (см. табл. 78);

q – процент непредвиденного (аварийного) расхода инструмента;

$$q = 100(K - 1)/K;$$

где Φ – оборотный фонд инструмента, шт;

Значения R , R_i , q приведены в табл. 83; 84.

**Нормативы расхода дереворежущего инструмента
для мебельного производства**

Инструмент	Рабочие параметры	Полный ресурс R , мм	Износ за период стойкости R_{iz} , мм	Процент аварийного расхода q
Пилы круглые: стальные по ГОСТ 980-80 для распиловки продольной поперечной	Диаметр 125 ... 630 мм	25	0,4	12
		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
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

Окончание табл. 83

Инструмент	Рабочие параметры	Полный ресурс R , мм	Износ за период стойкости R_i , мм	Процент аварийного расхода q		
Фрезы концевые цилиндрические твердосплавные:	однозубые	3,0...10,0	2,0...15	0,25	15...25	
	двухзубые	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 84

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 рядов	90	0,3	0,33/0,50	1,5/1,3	33/23
Станок многопильный для распиловки брусьев	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
ЛАПБ:					
центральные резцы на первичной головке	35	0,4	2,0	1,2	16

Окончание табл. 84

Оборудование	Полный ресурс R , мм	Износ за период стойкости R_i , мм	Период стойкости T , смен	Коэффициент случайных потерь K	Процент аварийного расхода q
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

Исходные данные и результаты расчета потребности инструмента заносят в таблицу по форме табл. 85.

Таблица 85

Сводная ведомость потребности в дереворежущих инструментах

Станок, его модель	Инструмент	ГОСТ, нормаль	Параметры инструмента			
			D , мм	d , мм	Z , шт	B , мм
1	2	3	4	5	6	7
ЦА-3	Пила	980-80	450	40	48	2,2

Операция	Порода, материал	τ , ч	R_i , мм	l , шт	R , мм	T , ч	q , %	Φ , шт	N , шт
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Пиление	Сосна	2000	0,4	1	25	4	12	5	14,1

Оборотный фонд инструмента является переходящим из года в год и должен пополняться по мере его уменьшения по сравнению с расчетным. Рассчитывают его только для впервые применяемого инструмента.

Для мало расходуемого инструмента $\Phi = 4r$, для массового инструмента $\Phi = 5r$. Здесь r зависит от величины $T_2 = \tau l$, где τ – время работы инструмента в году, ч; l – количество инструментов одного вида, устанавливаемых в поставе станка (линии), шт. Значения r приведены ниже.

$T_2 = \tau l$, ч·шт	r , шт	$T_2 = \tau l$, ч·шт	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

29.7. Годовая потребность в абразивном инструменте

Годовую потребность в абразивном инструменте, необходимом для заточки и доводки режущего инструмента, $Z_{аб}$, шт, определяют по формуле

$$Z_{аб} = q_{аб} \frac{R}{R_i} N, \quad (88)$$

где $q_{аб}$ – норма расхода абразивных инструментов, шт. (см. табл. 86);
 R – допустимое стачивание режущей части, мм (см. табл. 83);
 R_i – величина стачивания режущей части за одну переточку, мм (см. табл. 83);
 N – годовая потребность в режущем инструменте данного типа, шт.

29.8. Расчет запасов

Максимальный запас режущего инструмента подразделяют на следующие основные расчетные части: текущая, страховая, точка заказа, партия заказа.

Текущий запас F_m – 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. 103):

$$F_{т max} = 360p/n, \quad (89)$$

где p – среднесуточный расход данного типоразмера инструмента, шт/день;
 $p = N/360$;

n – число поступлений инструмента в год.

**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	–	–	–

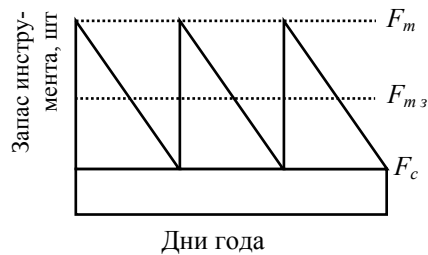


Рис. 103. Структура запасов инструмента на ЦИС

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

$$F_c = 0,25 F_{T \max} \quad (90)$$

Максимальный запас

$$F_{\max} = F_c + F_{T \max} \quad (91)$$

Запас точки заказа $F_{Тз}$ – число инструментов, при достижении которого ЦИС должен выдать заказ на пополнение запаса по данным типоразмерам инструмента. Величина запаса точки заказа

$$F_{Тз} = F_c + F_{Тmax}/2. \quad (91)$$

Контрольные вопросы

1. Назовите три системы организации инструментального хозяйства.
2. Что означают аббревиатуры 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.

30. Контрольно-измерительный инструмент

Для подготовки дереворежущих инструментов к работе могут быть использованы следующие контрольно-измерительные инструменты.

Штангенциркули (ГОСТ 166-80) предназначены для измерения наружных и внутренних размеров. Типы: ШЦ-1 с двусторонним расположением губок и линейкой для измерения глубины; ШЦ-II с двусторонним расположением губок; ШЦ-III с односторонним расположением губок.

Штангенрейсмасы (ГОСТ 166-80) предназначены для измерения размеров и разметки. Типы: ШР-250; ШР-400; ШР-630; ШР-1000 (цифра указывает максимальный измеряемый размер, мм).

Микрометры МК (ГОСТ 6507-78) предназначены для измерения наружных размеров. Цена деления микрометров с различными пределами измерений (0...25 мм; 25...50 мм; 50...75 мм; 75...100 мм) составляет 0,01 мм.

Микрометры рычажные МРИ (ГОСТ 4381-80) предназначены для абсолютных и относительных измерений наружных размеров. Они снабжены рычажно-зубчатым отсчетным устройством. Типы: МРИ-125; МРИ-150; МРИ-200; МРИ-250; МРИ-300; МРИ-400 (цифры указывают на верхний предел измерения, мм).

Скобы индикаторные СИ (ГОСТ 11098-75) предназначены для линейных измерений. Они оснащены индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм. Типы: СИ50; СИ100; СИ200; СИ300; СИ400; СИ500.

Микрометры МВП (ГОСТ 4380-86) предназначены для измерения деталей из мягких материалов. Пределы измерения 0...25 мм; цена деления – 0,01 мм.

Микрометры листовые (ГОСТ 6507-78) предназначены для измерения толщины листов и лент. Типы: МЛ5; МЛ10; МЛ25.

Индикаторы многооборотные МИГ (ГОСТ 9696-75) предназначены для измерения и контроля размеров. Типы: 1МИГ; 2МИГ. Пределы измерения 0...1 мм; 0...2 мм; цена деления – 1 и 2 мм соответственно.

Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм (ГОСТ 577-68) предназначены для измерения размеров абсолютным и относительным методами.

Индикаторы рычажно-зубчатые ИРБ и ИРТ (ГОСТ 5584-75) предназначены для абсолютных и относительных измерений линейных размеров, контроля отклонений от заданной геометрической формы и взаимного расположения поверхностей. Может крепиться на столе, штативе и т.д.

Стойка универсальная 15СТ-М (ТУ2-034-623-80) предназначена для закрепления микрометров, индикаторных скоб с целью использования их в качестве настольных.

Стойка гибкая МС29 (ТУ2-034-668-83) предназначена для закрепления измерительных головок с ценой деления 0,01 мм и массой не более 0,1 кг.

Штативы (ГОСТ 10197-70) предназначены для закрепления измерительных головок с ценой деления 0,01 мм. Типы: Ш-ІІІ-М; ШМ-ІІІ; ШМ-ІІІ.

Угольники поверочные лекальные (ГОСТ 3449-77) предназначены для контроля отклонения от взаимоперпендикулярного расположения поверхностей. Угольники УЛ оснащены теплоизоляционными накладками.

Угольники поверочные лекальные плоские УЛП предназначены для контроля прямых углов.

Угольники слесарные плоские УП (ГОСТ 3749-77) предназначены для контроля прямых углов.

Угольники поверочные 90° слесарные с широким основанием УШ (ГОСТ 3749-77) предназначены для контроля прямых углов.

Призмы поверочные и разметочные (ГОСТ 5641-82) предназначены для установки деталей и изделий цилиндрической формы при контрольных и измерительных операциях.

Плиты поверочные и разметочные (ГОСТ 10905-86) предназначены для контроля плоскостности по методу “пятен на краску” и выполнения точных разметочных работ.

Линейки поверочные с широкой рабочей поверхностью двутаврового сечения ШД (ГОСТ 8026-75) предназначены для контроля плоскостности. Типы: ШД-630; ШД-1000; ШД-1600; ШД-2000.

Линейки поверочные лекальные трехгранные ЛТ (ГОСТ 8026-75) предназначены для проверки прямолинейности методом световой щели “на просвет”. Длина линеек 200 и 320 мм.

Линейки поверочные лекальные с двусторонним скосом ЛД (ГОСТ 8026-75) имеют длину 80; 125; 200 и 300 мм.

Линейки измерительные металлические 188 (ГОСТ 427-75) предназначены для измерения линейных размеров. Пределы измерений: 150; 300; 500; 1000 мм; цена деления 1 мм.

Наборы щупов (ГОСТ 882-75) предназначены для проверки величины зазора между поверхностями. Выпускаются четыре набора пластин-щупов. Набор 1 включает 11 пластин щупов толщиной 0,02...0,1 мм; набор 2 включает 17 пластин-щупов толщиной 0,02...0,5 мм; набор 3 – 10 пластин-щупов толщиной 0,55...1,0 мм; набор 4 – 10 пластин-щупов толщиной 0,1...1,0 мм.

Уровень рамный регулируемый 122 (ГОСТ 9392-75) предназначен для контроля горизонтального и вертикального положения поверхностей. Длина рабочих поверхностей 200 мм.

Угломеры с нониусом, типы 1 и 4 (ГОСТ 5378-76) предназначены для измерения наружных углов изделий. Типы: 2УМ; 4УМ; 5УМ.

Угломер с нониусом 127, тип 2 (ГОСТ 5378-76) предназначен для измерения наружных и внутренних углов.

Прибор для измерения углов многолезвийного режущего инструмента 2УРИ (ТУ2-034-617-84) предназначен для измерения передних и задних углов.

Угломер маятниковый 3УРИ-М (ТУ2-034-666-82) предназначен для измерения углов режущего инструмента.

Линейки синусные (ГОСТ 4046-80) предназначены для измерения углов от 0 до 45°. Типы: ЛС – без опорной плиты с одним наклоном; ЛСО – с опорной плитой с одним наклоном.

Приборы для проверки изделий на биение в центрах (ТУ2-034-543-81) предназначены для контроля радиального и торцового биения тел вращения, установленных в центрах. Типы: ПБ-250; ПБ-500М. Расстояние между центрами соответственно не менее 250 и 500 мм.

Профилограф-профилометр 252 предназначен для измерения в лабораторных условиях шероховатости и волнистости изделий, сечение которых в плоскости измерения представляет прямую линию.

Профилометр 296 предназначен для измерения в цеховых пунктах шероховатости поверхности деталей, сечение которых в плоскости измерения представляет прямую линию.

Наборы радиусных шаблонов (ГОСТ 4126-82) предназначены для проверки выпуклых и вогнутых поверхностей. Набор 1 включает 9 выпуклых и 9 вогнутых шаблонов с радиусами 1...6 мм; набор 2 включает 6 выпуклых и 6 вогнутых шаблонов с радиусами 8...25 мм; набор 3 – 12 выпуклых и 12 вогнутых шаблонов с радиусами 7...25 мм.

Лупа измерительная ЛИ-3 (ГОСТ 8309-73) предназначена для визуального контроля и измерения.

Заключение

Эта книга включает четыре части. В первой части изложены общие сведения о дереворежущем инструменте, включающие основные понятия и определения, такие как: износ и затупление инструмента, инструментальные стали и твердые сплавы, общие сведения о термообработке, способы повышения стойкости. Во второй части рассмотрены конструкции дереворежущих инструментов. В третьей части приведены методы расчета и проектирования инструмента. 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.

Рассмотренные темы изложены более чем в 140 параграфах. Читатель имеет возможность не только получить справку по многочисленным вопросам, но и разобраться в сути вопросов. Это особенно важно для студентов, которые могут использовать книгу при подготовке к зачетам, экзаменам. Именно 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 справочник для студентов. Использовать такой справочник можно при изучении теоретической части дисциплины и при выполнении практических заданий. Справочник будет полезен и производителям.

Библиографический список

1. **Грубе А. Э.** Дереворежущие инструменты. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 344 с.
2. ГОСТ 25751-83. Инструменты режущие. Термины и определения общих понятий. – Введ. 01.07.84. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 24 с.
3. **Глебов И. Т., Новоселов В. Г., Швамм Л. Г.** Справочник по резанию древесины. – Екатеринбург: УГЛТА, 1999. – 190 с.
4. **Морозов В.Г.** Дереворежущий инструмент: Справочник. – М.: Лесн. пром-сть, 1988. – 344 с.
5. **Санев В.И., Юрчишко В.Н., Оборин Л.А.** Деревообрабатывающие станки и инструменты: Методические указания к выполнению расчетно-графической работы для студентов-заочников специальности 0902. – Л.: ЛТА, 1983. – 50 с.
6. **Демьяновский К.И.** Износостойкость инструмента для фрезерования древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1968. – 128 с.
7. **Зотов Г.А., Швырев Ф.А.** Подготовка и эксплуатация дереворежущего инструмента. – М.: Лесн. пром-сть, 1986. – 301 с.
8. **Морозов В.Г., Гиндин М.Н.** Эксплуатация дереворежущего инструмента. – М.: Лесн. пром-сть, 1977. – 80 с.
9. Станочный дереворежущий инструмент: Каталог. – М.: ВНИИинструмент, 1987. – 236 с.
10. **Кнорозов Б.В. и др.** Технология металлов. – М.: Metallургия, 1979. – 904 с.
11. **Анурьев В.И.** Справочник конструктора-машиностроителя: Т. 1. – М.: Машиностроение, 1972. – 816 с.
12. Технологические режимы РИ 16-00. Наплавка зубьев рамных, ленточных и круглых пил износостойкими сплавами. Подготовка и эксплуатация. – Красноярск: СибНИИЛП, 1977. – 27 с.
13. **Демьяновский К.И.** Термическая обработка дереворежущего инструмента. – М.: Лесн. пром-сть, 1972. – 104 с.
14. **Грубе А.Э.** Дереворежущие инструменты. – М.; Л.: Гослесбумиздат, 1958. – 472 с.
15. **Демьяновский К.И., Дунаев В.Д.** Заточка дереворежущего инструмента. – М.: Лесн. пром-сть, 1975. – 176 с.
16. **Стахийев Ю.М. и др.** Руководящие технические материалы по определению режимов резания древесины круглыми пилами. – Архангельск: ЦНИИМОД, 1988. – 74 с.
17. **Глебов И.Т.** Пособие токарю по дереву. – М.: Лесн. пром-сть, 1981. – 112 с.

18. **Алютин А.Ф., Соболев Г.В.** Шлифовальные круги для заточки дереворежущего инструмента, (Обзор). – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1977. – 49 с.
19. **Воронов В.А. и др.** Преимущества лепестковых шлифовальных кругов// Деревообрабатывающая пром-сть. 1985. №1.
20. **Алютин А.Ф., Новиков Е.А., Лашманов Е.В.** Шлифование погонажных декоративных деталей мебели// Деревообрабатывающая пром-сть. 1984. №2.
21. **Амалицкий В.В., Санев В.И.** Оборудование и инструмент деревообрабатывающих предприятий. – М.: Экология, 1992. – 480 с.
22. **Ординарцев И.А. и др.** Справочник инструментальщика. – Л.: Машиностроение, 1987. – 846 с.
23. **Белкин И.М.** Допуски и посадки (Основные нормы взаимозаменяемости). – М.: Машиностроение, 1992. – 528 с.
24. **Феодосьев В.И.** Сопrotивление материалов. – М.: Наука, 1974. – 560 с.
25. **Деревообрабатывающее оборудование: Отраслевой каталог.** – Екатеринбург: Бриз, 1995. – 227 с.
26. **Боровиков Е.М., Потяркин Л.П., Поздеев А.С.** Высокопроизводительный дереворежущий инструмент. – М.: Лесн. пром-сть, 1973. – 88 с.
27. **Амалицкий В.В.** Станки и инструменты лесопильно-деревообрабатывающего производства. – М.: Лесн. пром-сть, 1985 – 288 с.
28. Технологические режимы РИ 04-00 “Подготовка делительных ленточных пил”. – Архангельск: ЦНИИМОД, 1976. – 67 с.
29. Технологические режимы РИ 01-00 “Подготовка рамных пил”. – Архангельск: ЦНИИМОД, 1977. – 40 с.
30. Технологические режимы РИ 03-00 “Подготовка узких ленточных пил”. – М.: ВПКТИМ, 1979. – 49 с.
31. Режим РИ 06-00 “Подготовка круглых плоских пил”. – Архангельск: ЦНИИМОД, 1970. – 37 с.
32. Технологические режимы РИ 09-00 “Подготовка дисков пил с пластинками из твердого сплава”. – Архангельск: ЦНИИМОД, 1975. – 51 с.
33. **Швамм Л.Г.** Альбом технологических инструкций подготовки плоских круглых пил. – Екатеринбург: УГЛТА, 1995. – 50 с.
34. **Твердынин М.М., Бернштейн М.С.** Повышение устойчивости круглых пил: Обзор. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1973. – 52 с.
35. **Санев В.И.** Обработка древесины круглыми пилами. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 232 с.
36. **Стахийев Ю.М.** Работоспособность плоских круглых пил. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 380 с.

37. **Левитский Н.И.** Теория машин и механизмов. – М.: Наука, 1979. – 576 с.
38. **Грубе А.Э., Санев В.И.** Основы теории и расчета деревообрабатывающих станков, машин и автоматических линий. – М.: Лесн. пром-сть, 1973. – 384 с.
39. **Юрьев Ю.И., Моргачев А.М.** Организация инструментального хозяйства деревообрабатывающих предприятий: Учеб. пособие. – Л. ЛТА, 1980. – 80 с.
40. **Вохмянин А.Н.** Организация инструментального хозяйства на деревообрабатывающих предприятиях/Методические указания по дипломному проектированию для студентов специальности 170400. – Л. ЛТА, 1988. – 35 с.
41. **Фонкин В.Ф.** Справочник мастера-инструментальщика деревообрабатывающего предприятия. – М.: Лесн. пром-сть, 1984. – 176 с.

Предметный указатель

- Алмаз синтетический 94
Анализ профиля детали 125
Аустенит 31
Балансировка 198 – 201, 203
Биение осевое 213
– радиальное 213
– торцовое 213
Вальцевание 177, 181, 185, 187
Ванны 40
Весы балансировочные 204
Виды износа 22
– инструментов 11-13
Восстановление инструмента 20
Выбор круга 151
Выверка инструмента 235
Выхаживание 150, 154
Головка шлифовальная 102
Дефекты пил 167 – 175
Дисбаланс удельный 198
– универсальный 198
Доводка 154
Долбяки 89
Допуск 107
– плоскостности 163
Жесткость 183
Заводы-изготовители 16
Закалка 34, 47, 49
Заточка 53, 153 – 168,
Измерение температуры 38
Износ 18, 22
Инструмент абразивный 92
– лезвийный 12
Карат 97
Карбид бора 94
– кремния 93
Качество заточки 154, 159
Квалитет 108 – 110
Класс точности балансировки 198
Классификация инструментов 15
Колебания дисков 188
Контроль степени вальцевания 178
Контр упор 138
Крепление ножей 122, 140
Критерий затупления 19
Круг для заточки 103
Круг лепестковый 101
Круги шлифовальные 100-102
Лезвие 6
Маркировка кругов 103
– сталей 24
Мартенсит 34
Материалы 23, 93
Нагрев диска 181
Надежность 138
Наладка фрез, валов 214
Напряжения в диске 183
Насечка зубьев 143
Неуравновешенность динамическая 200
– моментная 200
– остаточная 201
– статическая 198
Нитрид кубический бора 94
Ножи 71 – 76, 139
Нормализация 36
Оборудование для правки 174
Отжиг 34
Отказ 20
Отклонение 107
Отклонение от плоскостности 166
Отпуск 34
Пайка 43-46
Пайка концов ленты 165
Патрон 216-217
Период стойкости 20
Перлит 33
Печи 40
Пилы 56 – 71
Пластины режущие 140
Плющение зубьев 147
Посадка 107

Правка 166
 Превращения в стали 31
 Припой 43, 166
 Припуск на заточку 149
 Проектирование инструмента 17, 124
 Прокладки для пил рамных 208
 Проковка 186
 Профиль ножей 139
 Прочность пайки 116
 – пил круглых 117
 Радиус закругления 18
 Развод зубьев 146
 Расчет крепления инструмента 118
 Режим заточки 150-153
 – термообработки 39
 Резцы токарные 90
 Сварка концов ленты 164
 Сверла 85 – 88
 Сплав твердый 27, 42
 Способы закалки 37
 Среда закалочная 36
 Станки заточные 154-155
 Стрела выпуклости кромки 181
 – прогиба 180
 Твердость 28
 Твердость по Бринеллю 28
 – – Виккерсу 29
 – – Роквеллу 29
 Температура на лезвии 21
 ТМО 35, 52
 Точки критические 31
 Требования изготовления 5
 – к материалу 23
 – монтажа 5
 – технологические 5
 – эксплуатационные 5
 Углы резания 7, 8
 Условия технические 17
 Установка инструментов 208
 Устойчивость пилы 176
 Устройство для балансировки 197
 Уширение зубьев 144
 Фазы в сплавах 30
 Флюс 44
 Фреза затылованная 121
 Фрезы 76 – 85
 Фуговка зубьев 148
 ХТО 34
 Цементит 30
 Цепи размерные 110
 Цепочки 89
 Частота вращения критическая 189, 191
 – – рабочая 195
 Шкурки 98
 Эвтектика 31
 Электрокорунд 93
 Элементы инструментов 14-15
 Эльбор 27
 Эталон твердости 29
 Этапы износа 20

Оглавление

Предисловие	3
Введение	4
ЧАСТЬ I. Общие сведения о дереворежущем инструменте	6
1. Основные понятия и определения	6
1.1. Лезвие	6
1.2. Координатные плоскости. Системы координат	7
1.3. Секущие плоскости	9
1.4. Взаимосвязь углов резания, измеряемых в различных плоскостях	9
1.5. Положение режущей кромки	10
1.6. Дереворежущий инструмент	11
1.7. Виды режущих инструментов	11
1.8. Лезвийный инструмент	12
1.9. Конструктивные элементы лезвийного инструмента	14
1.10. Классификация и обозначение инструментов	15
2. Принципы конструирования дереворежущего инструмента	16
2.1. Заводы-изготовители	16
2.2. Проектирование инструмента	17
2.3. Технические условия на приемку инструмента	17
3. Износ и затупление инструмента	18
3.1. Микрогеометрия лезвия	18
3.2. Критерий затупления	19
3.3. Период стойкости инструмента	20
3.4. Этапы износа лезвия	20
3.5. Температура на поверхности лезвий	21
3.6. Физическая сущность износа	22
4. Материалы для дереворежущего инструмента	23
4.1. Требования, предъявляемые к материалу	23
4.2. Инструментальная углеродистая сталь	24
4.3. Инструментальная легированная сталь	25
4.4. Быстрорежущая сталь	26
4.5. Стали для дереворежущих инструментов	26
4.6. Литые твердые сплавы	27

4.7. Металлокерамические твердые сплавы	27
4.8. Сверхтвердые сплавы	27
5. Термическая обработка инструмента	28
5.1. Твердость	28
5.2. Компоненты и фазы в сплавах железа с углеродом	30
5.3. Превращения в стали при нагревании	31
5.4. Превращения аустенита при охлаждении	32
5.5. Виды термической обработки стали	34
5.6. Технология термической обработки	35
5.7. Способы измерения температуры	38
5.8. Режимы закалки и отпуска	39
5.9. Печи и ванны	40
5.10. Очистка инструмента после термообработки	40
6. Способы повышения стойкости инструмента	42
6.1. Направления повышения стойкости инструмента	42
6.2. Оснащение зубьев инструмента пластинами твер- дого сплава	42
6.3. Пайка пластин из быстрорежущей стали	46
6.4. Наплавка на лезвия литых твердых сплавов	47
6.5. Электроконтактная закалка зубьев пил	47
6.6. Закалка зубьев в поле ТВЧ	49
6.7. Электроискровое упрочнение инструмента	50
6.8. Электродуговое упрочнение инструмента	51
6.9. Использование технологии химико-термической обработки	51
6.10. Использование технологии термомеханической обработки	52
6.11. Организация заточки инструмента	53
6.12. Уменьшение шероховатости поверхности лезвий инструмента	54
ЧАСТЬ II. Конструкции дереворежущего инструмента	56
7. Пилы	56
7.1. Пилы рамные	56
7.2. Пилы ленточные	59
7.3. Пилы круглые плоские для распиловки древесины	61
7.4. Пилы круглые строгальные	67
7.5. Пилы круглые конические	68
7.6. Пилы дисковые с твердосплавными пластинами	69

8. Ножи	71
8.1. Типы ножей	71
8.2. Ножи для фрезерования плоских поверхностей	71
8.3. Ножи с пластинами из твердого сплава	73
8.4. Ножи и резцы к фрезам	73
8.5. Ножи и резцы для обработки окон	74
8.6. Ножи стружечные	74
8.7. Ножи луцильные и линейки прижимные	74
8.8. Ножи гильотинных ножниц	74
8.9. Ножи фанерострогальные	74
8.10. Ножи корообдирочные и коросниматели	75
8.11. Ножи рубильные	76
9. Фрезы	76
9.1. Классификация	76
9.2. Фрезы для обработки плоских поверхностей	76
9.3. Фрезы цилиндрические сборные	77
9.4. Фрезы пазовые	79
9.5. Фрезы для обработки прямых ящичных шипов	81
9.6. Фрезы для обработки зубчатых шипов	82
10. Фрезы концевые	83
10.1. Назначение и классификация	83
10.2. Фрезы концевые цилиндрические из инструментальных сталей	84
11. Сверла	85
11.1. Назначение и классификация	85
11.2. Сверла спиральные с конической заточкой	86
11.3. Сверла спиральные с центром и подрезателями	87
12. Цепочки фрезерные и долбяки	89
12.1. Цепочки фрезерные	89
12.2. Долбяки	89
13. Токарные резцы	90
14. Абразивный инструмент	92
14.1. Общие сведения	92
14.2. Абразивные материалы	93
14.3. Зернистость	95

14.4. Связка	95
14.5. Твердость абразивных инструментов	96
14.6. Структура абразивного инструмента	97
14.7. Концентрация	97
14.8. Шкурки	98
14.9. Круги для шлифования древесины	100
14.10. Круги для заточки режущего инструмента	103
ЧАСТЬ III. Расчет и проектирование режущего инструмента	107
15. Допуски и посадки	107
15.1. Общие сведения	107
15.2. Расчет допуска качества	108
15.3. Размерные цепи	110
16. Прочность инструмента	116
16.1. Прочность пайки пластин	116
16.2. Расчет круглых пил на прочность	117
16.3. Расчет крепления инструмента на валу	119
16.4. Расчет клинового крепления ножей	122
17. Проектирование затылованных фрез	124
17.1. Общие сведения	124
17.2. Анализ профиля детали	125
17.3. Выбор основных параметров фрезы	127
17.4. Последовательность проектирования фасонной фрезы	129
17.5. Проектирование затылков зубьев	134
18. Пути улучшения параметров фрезерного инструмента	138
18.1. Надежность инструмента	138
18.2. Ножи для фрезерных головок	139
18.3. Крепление ножей фрезерных головок	140
ЧАСТЬ IV. Подготовка и эксплуатация режущего инструмента	143
19. Подготовка зубьев пил к работе	143
19.1. насечка зубьев пил	143
19.2. Уширение зубьев	144
19.3. Развод зубьев	146
19.4. Плосчение зубьев	147
19.5. Фуговка зубьев пил	148

20. Заточка	148
20.1. Нагрев инструмента при заточке	148
20.2. Припуск на заточку	149
20.3. Удельная производительность шлифовального круга	150
20.4. Параметры режима заточки	150
20.5. Выбор шлифовальных кругов	151
20.6. Режимы заточки	151
20.7. Заточка зубьев стальных пил	153
20.8. Заточка дисковых пил с твердосплавными пла- стинами	155
20.9. Заточка стальных фрез	157
20.10. Заточка твердосплавных фрез	160
20.11. Заточка ножей	161
21. Соединение концов ленточной пилы	164
21.1. Сварка	164
21.2. Пайка	165
22. Правка полотен и дисков пил	166
22.1. Общие сведения	166
22.2. Дефекты полотна рамной пилы	167
22.3. Дефекты полотна ленточной пилы	168
22.4. Дефекты дисковых пил	170
22.5. Оборудование и инструмент	174
23. Повышение устойчивости пил	176
23.1. Общие сведения	176
23.2. Вальцевание рамных пил	177
23.3. Создание напряженного состояния ленточной пилы	179
23.4. Напряженное состояние в дисковых пилах	183
23.5. Проковка и вальцевание дисковых пил	185
24. Частота вращения дисковых пил	188
24.1. Формы колебаний круглых пил	188
24.2. Критическая частота вращения круглой пилы	189
24.3. Критическая частота неравномерно нагретой пи- лы	191
24.4. Допускаемая частота вращения пилы	195

25. Балансировка вращающихся инструментов	198
25.1. Общие сведения	198
25.2. Статическая балансировка круглых пил и фрез	201
25.3. Балансировка концевых фрез	203
25.4. Балансировка фрезерных ножей	203
26. Технические требования, предъявляемые к инструмен- там	204
26.1. Пилы	204
26.2. Ножи	206
26.3. Фрезы	206
26.4. Сверла	207
27. Установка инструментов на станок	208
27.1. Установка рамных пил	208
27.2. Установка ленточных пил	210
27.3. Установка стальных дисковых пил	212
27.4. Установка дисковых пил с пластинами из твердо- го сплава	213
27.5. Установка фрез	214
27.6. Установка сверл и концевых фрез	216
28. Ремонт режущего инструмента	219
28.1. Ремонт рамных пил	219
28.2. Ремонт ленточных пил	220
28.3. Ремонт стальных круглых пил	220
28.4. Ремонт дисковых пил с пластинками из твердого сплава	221
29. Организация инструментального хозяйства	222
29.1. Системы организации инструментального хозяй- ства	222
29.2. Структура инструментального хозяйства	222
29.3. Определение численности рабочих инструмен- тального цеха	223
29.4. Расчет требуемого количества оборудования	228
29.5. Площадь инструментального цеха	229
29.6. Определение потребности в дереворежущем ин- струменте	230
29.7. Годовая потребность в абразивном инструменте	234
29.8. Расчет запасов	234

30. Контрольно-измерительный инструмент	236
Заключение	240
Библиографический список	241
Предметный указатель	244
Оглавление	246

Иван Тихонович Глебов,
Денис Викторович Неустроев

Справочник по дереворежущему инструменту

Редактор Е. Л. Михайлова

Подписано в печать 28. 08. 2000. Формат 60 x 84 1/16.
Бумага тип. №1. Печать офсетная. Уч.– изд. л.13,23.
Усл. печ. л. 14,18. Тираж 300 экз. С№ 20. Заказ .

Уральская государственная лесотехническая академия
620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37.

ОАО "Полиграфист", цех № 4
620051, Екатеринбург, ул. Тургенева, 20.