

**МИНИСТРЕСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования

«Кузбасский государственный технический университет
им. Т.Ф. Горбачёва»

В. А. КОРОТКОВ

**ПРОЦЕССЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ
И ИНСТРУМЕНТЫ**

Учебное пособие

Рекомендовано в качестве учебного пособия
учебно-методической комиссией специальности 151002
«Металлообрабатывающие станки и комплексы»
в качестве электронного учебного пособия

Кемерово 2011

Рецензенты:

Романенко А.М., к.т.н., доцент кафедры металлорежущих станков и инструментов КузГТУ

Дубинкин Д.М., к.т.н., доцент кафедры технологии металлов КузГТУ

Коротков Виталий Александрович. Процессы формообразования и инструменты: учебное пособие для студентов специальности 151002 «Металлообрабатывающие станки и комплексы» [Электронный ресурс] / В. А. Коротков. – Электрон. дан. – Кемерово : КузГТУ, 2011. – 84 с. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) ; зв. ; цв. ; 12 см. – Систем. требования : Pentium IV ; ОЗУ 8 Мб ; Windows 95 ; (CD-ROM-дисковод) ; мышь. – Загл. с экрана.

Подробно рассмотрены физические и кинематические особенности процессов формообразования, а также конструкции инструментов для обработки материалов резанием; требования, предъявляемых к рабочей части инструментов, к геометрическим параметрам рабочей части типовых инструментов; основные принципы выбора операций механической обработки с обеспечением заданного качества обработанных поверхностей на деталях машин при максимальной технико-экономической эффективности; контактных процессах при обработке материалов, особенностях износа инструментов.

Учебное пособие предназначено для выполнения самостоятельных и лабораторных работ по дисциплине «Процессы формообразования и инструменты» студентами специальности 151002 «Металлообрабатывающие станки и комплексы».

© КузГТУ

© Коротков В. А.

1. ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ПРИ ТОЧЕНИИ, КОНСТРУКЦИИ ТОКАРНЫХ РЕЗЦОВ

Формообразование при точении включает следующие основные операции: продольное и поперечное точение, отрезка и прорезка канавок, точение фасонных поверхностей, нарезание резьбы, растачивание. Для каждой из этих операций существуют специальные типы резцов, каждый из которых, в свою очередь, характеризуется дополнительными классификационными параметрами. Токарные резцы различаются по следующим основным признакам:

А) по типу, т.е. по назначению (рис. 1.1), токарные резцы бывают: проходные, проходные упорные, для чистового точения, подрезные, отрезные, канавочные, фасонные, резьбовые, расточные проходные, расточные упорные;

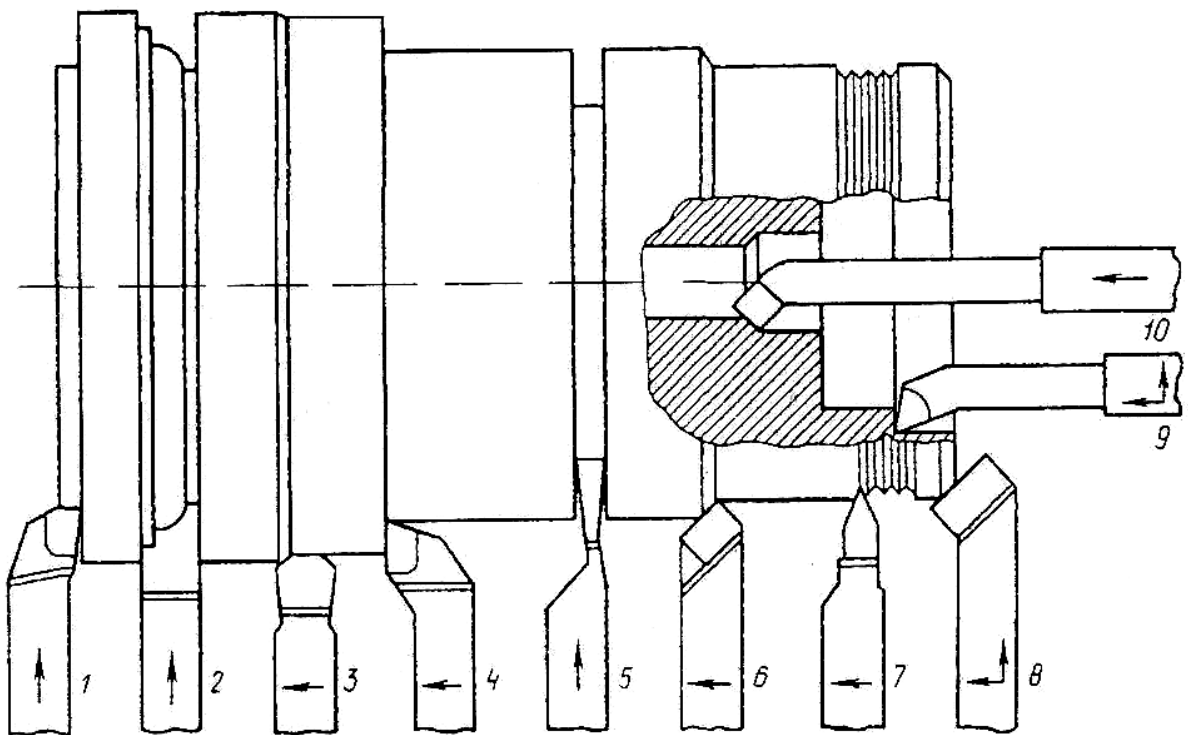


Рис. 1.1 Основные операции точения и типы токарных резцов: проходные (6, 8), проходные упорные (1, 4), для чистового точения (3), отрезные и канавочные (5), фасонные (2), расточные упорные (9), расточные проходные (10)

Б) по форме головки и ее расположению относительно державки (рис. 1.2): прямые; отогнутые (влево, вправо); изогнутые вверх или вниз; с оттянутой головкой (смещенной вправо, влево или расположенной симметрично);

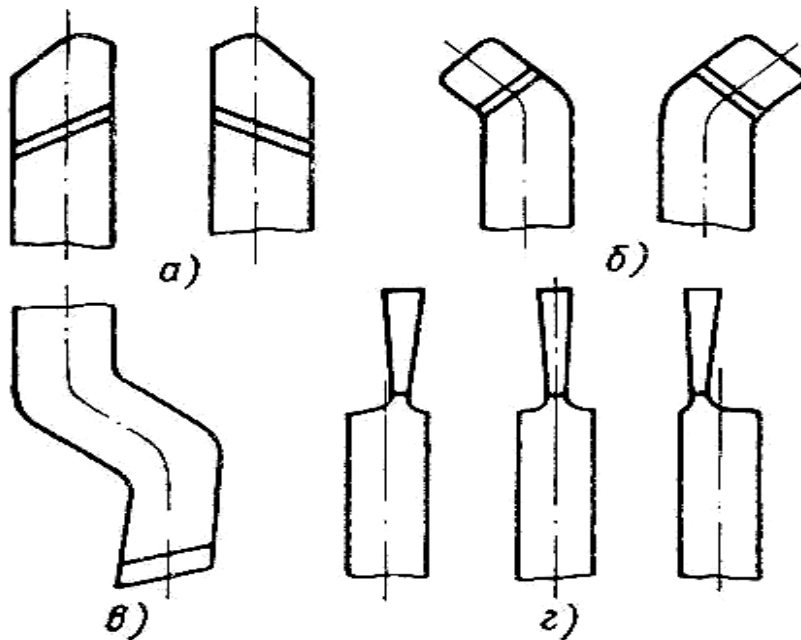


Рис. 1.2. Классификация резцов по форме головки и её расположению: *а* – прямые резцы; *б* – отогнутые резцы; *в* – изогнутый резец; *г* – резцы с оттянутыми головками

В) по направлению подачи (рис. 1.3) правые или левые;

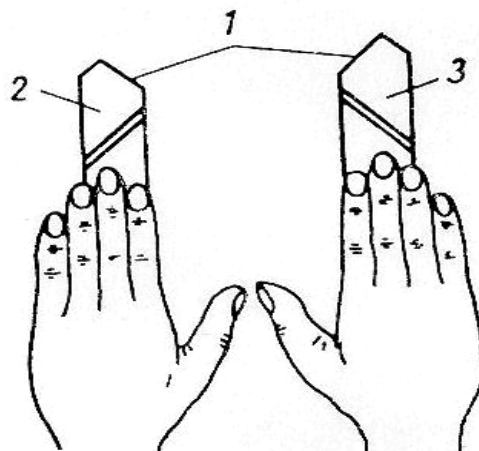


Рис. 1.3 Классификация резцов по направлению подачи: 1 – главные режущие кромки; 2 – левый резец; 3 – правый резец

Г) по способу крепления режущей части: цельные, с напаянной пластинкой, с механическим креплением режущей пластинки;

Д) по виду материала режущей части (из быстрорежущей стали, из твердого сплава, из режущей керамики или металлокерамики, со вставками из сверхтвердых материалов);

Е) по форме передней поверхности (плоская ПП, плоская с виброгасящей фаской, криволинейная, криволинейная с фаской);

Ж) по размерам державки $B \times H$, мм.

Каждый резец состоит из двух основных частей – державки и режущей части (рис. 1.4). Державка предназначена для крепления резца в резцедержателе станка и должна обеспечить инструменту необходимую жесткость и прочность, имеет два измеряемых параметра – ширину и высоту сечения ($B \times H$).

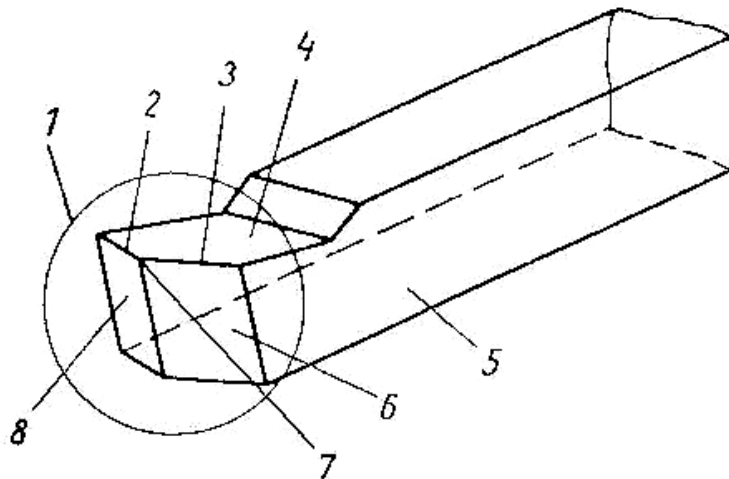


Рис. 1.4 Основные элементы режущей части токарного проходного резца: 1 – головка (режущая часть); 2 – вспомогательная режущая кромка (ВРК); 3 – главная режущая кромка (ГРК); 4 – передняя поверхность (ПП); 5 – державка; 6 – главная задняя поверхность (ГЗП); 7 – вершина резца (ВР); 8 – вспомогательная задняя поверхность (ВЗП)

Режущая часть необходима для резания материалов и имеет следующие части:

- переднюю поверхность (ПП): поверхность, по которой сходит стружка;

- главную заднюю поверхность (ГЗП): поверхность, обращенную к обрабатываемой поверхности детали;

- вспомогательную заднюю поверхность (ВЗП): поверхность, обращенную к уже обработанной поверхности детали.

На пересечение данных поверхностей образуются две (иногда три) режущих кромки:

- главная режущая кромка (ГРК): кромка, которой совершается основной процесс резания;

- вспомогательная режущая кромка (ВРК): кромка, которая помогает совершать процесс резания (таких кромок может быть две).

На пересечении режущих кромок образуется точка, именуемая вершиной резца (у некоторых резцов может быть две вершины, например, у отрезных резцов).

Взаимное расположение основных элементов резца (его режущих кромок, плоскостей, вершин) определяется схемой конкретной операции точения. В качестве примера, на рис. 1.5 представлена схема продольного точения.

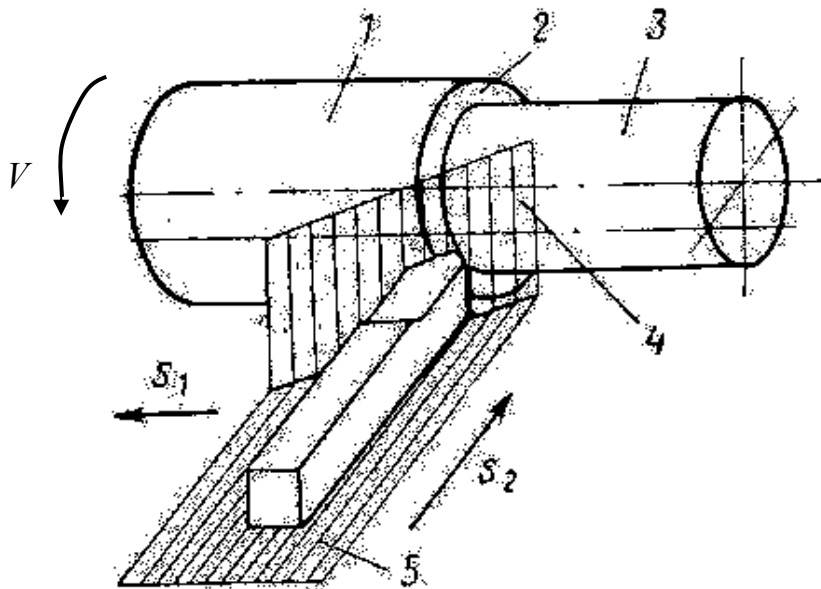


Рис. 1.5 Схема резания при продольном точении: 1 – обрабатываемая поверхность; 2 – поверхность резания; 3 – обработанная поверхность; 4 – плоскость резания; 5 – основная плоскость;

S_1 – продольная подача; S_2 – поперечная подача

Геометрия резца характеризуется набором углов, которые определяют положение передней, главной и вспомогательной задней поверхностей в пространстве (рис. 1.6).

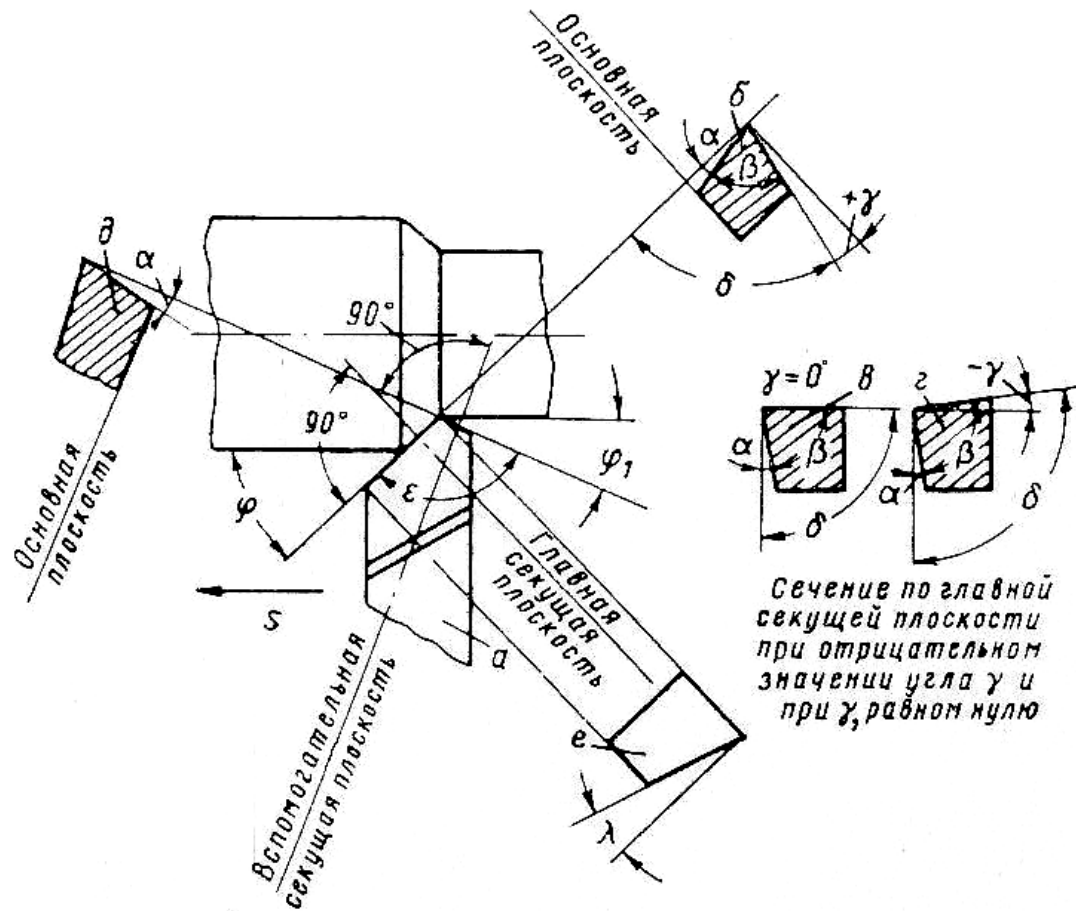


Рис. 1.6 Геометрия токарного проходного резца

К этим углам относятся:

Углы в главной секущей плоскости (ГСП): плоскости, проходящей перпендикулярно к главной режущей кромке (в любой ее точке).

- передний угол (γ): угол между касательной к передней поверхности резца и перпендикуляром к плоскости резания; угол γ может быть положительным (касательная к передней поверхности располагается ниже перпендикуляра к плоскости резания), отрицательным (касательная к ПП располагается выше перпендикуляра к плоскости резания) и равным нулю (касательная совпадает с перпендикуляром к плоскости резания);

- задний угол (α): угол между касательной к главной задней поверхности и плоскостью резания;

- угол заострения (β): угол между передней и главной задней поверхностями;

- угол резания (δ): угол между касательной к передней поверхности и плоскостью резания.

Между перечисленными углами существуют следующие взаимосвязи:

$$\alpha + \beta + \gamma = 90 \text{ (при } \gamma \text{ – положительном);}$$

$$\delta + \gamma = 90 \text{ (при положительном угле } \gamma \text{).}$$

Угол во вспомогательной секущей плоскости (ВСП): плоскости, проходящей перпендикулярно к вспомогательной режущей кромке (в любой ее точке)

- вспомогательный задний угол (α_1): угол между касательной к вспомогательной задней поверхности и линией, проходящей через вершину резца перпендикулярно к основной плоскости;

Углы в плане:

- главный угол в плане (φ): угол между главной режущей кромкой и направлением подачи;

- вспомогательный угол в плане (φ_1): угол между вспомогательной режущей кромкой и обратным направлением подачи;

- угол при вершине резца (ξ): угол между главной и вспомогательной режущими кромками.

Угол, определяющий направление схода стружки:

- угол наклона главной режущей кромки (λ): угол между главной режущей кромкой и линией, проходящей через вершину резца параллельно основной плоскости и лежащей в плоскости ГЗП; угол λ может быть положительным (главная режущая кромка располагается ниже линии, параллельной основной плоскости), отрицательным (главная режущая кромка располагается выше линии, параллельной основной плоскости) и равным нулю (главная режущая кромка совпадает с линией, параллельной основной плоскости); при положительном λ стружка будет сходить влево относительно токаря, при отрицательном λ – вправо, а при $\lambda = 0$ – будет сходить вдоль державки резца.

Геометрия токарных резцов зависит от их типа, основного направления подачи схемы формообразования и выбираемого направления схода стружки (рис. 1.7, рис. 1.8).

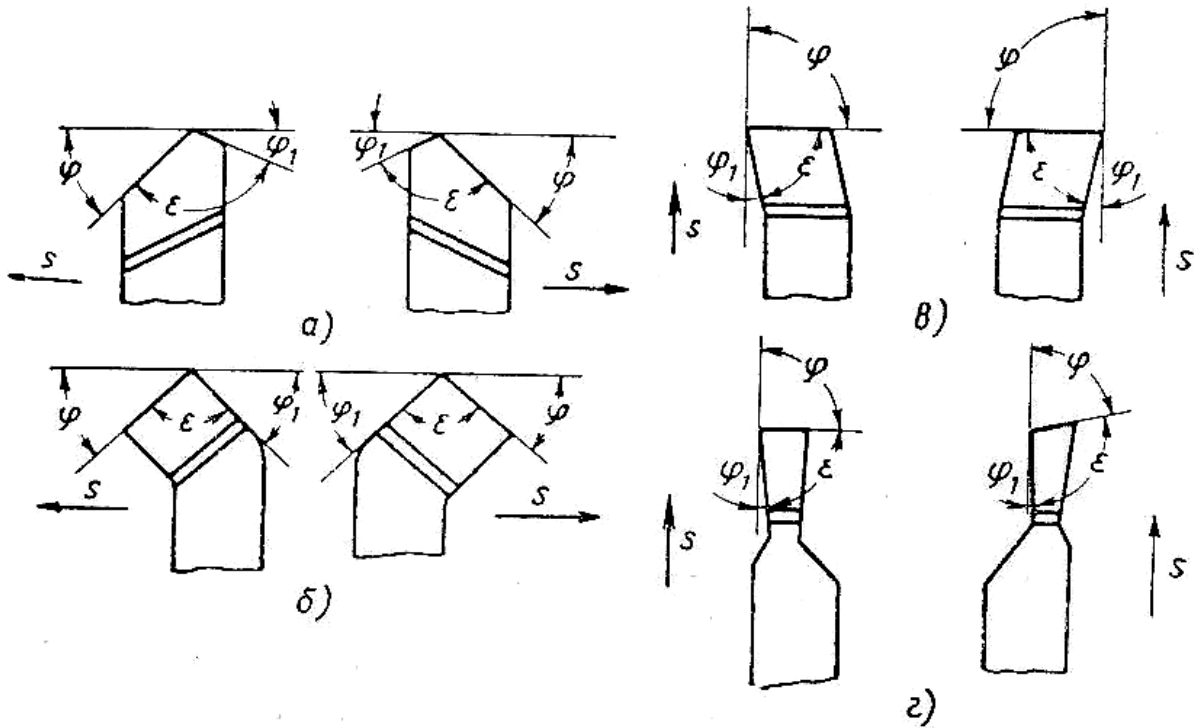


Рис. 1.7. Углы в плане токарных резцов: *а* – проходных прямых; *б* – проходных отогнутых; *в* – подрезных; *г* – отрезных

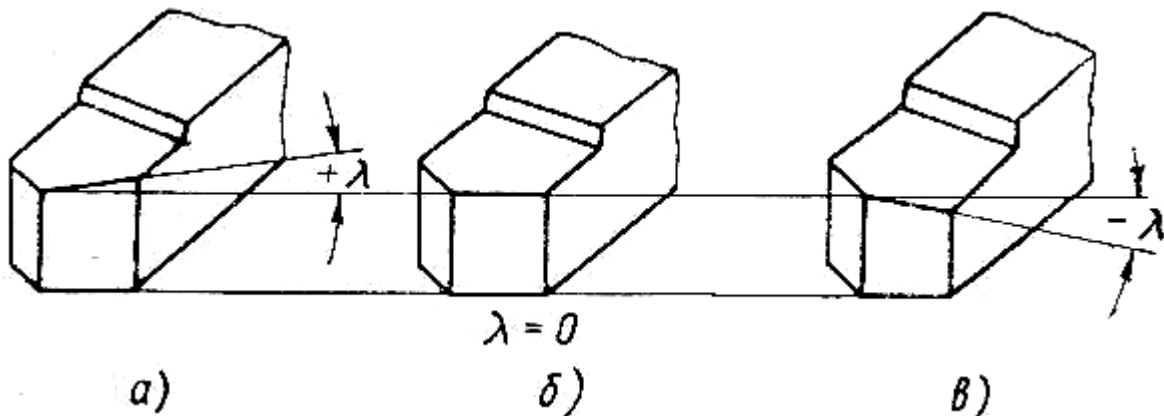


Рис. 1.8. Углы наклона главной режущей кромки проходного резца: *а* – положительный; *б* – равный нулю; *в* – отрицательный

Измерение геометрических параметров резцов производится при помощи штангенциркулей, микрометров, настольных и универсальных угломеров. Измерение передних углов γ , задних углов α и углов наклона главной режущей кромки λ осуществляется на настольном угломере (рис. 1.9).

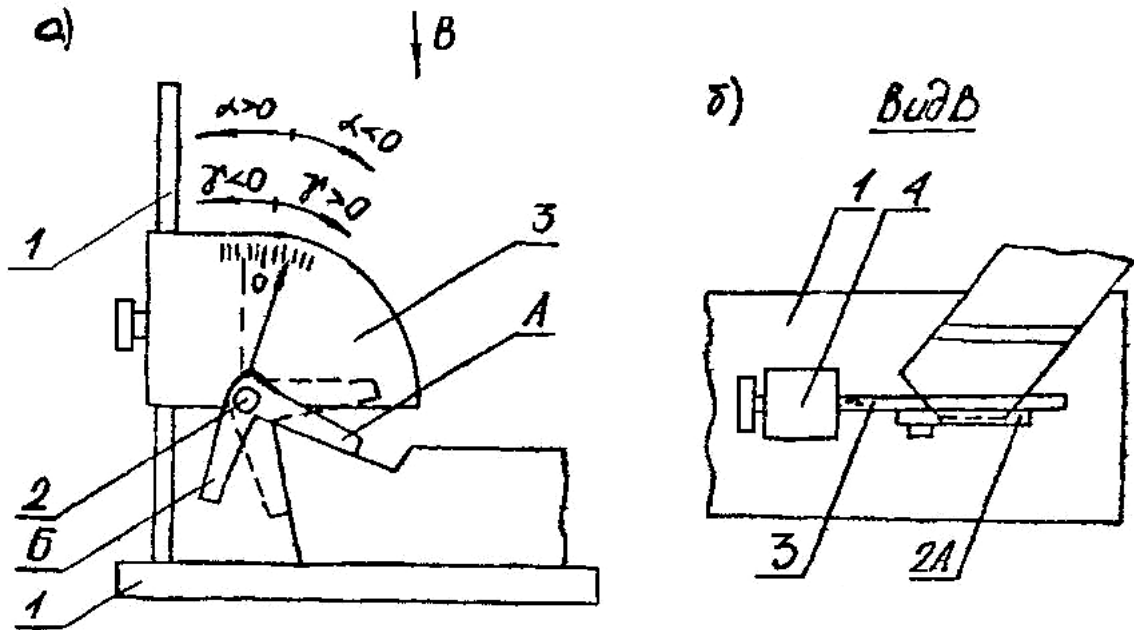


Рис. 1.9. Измерение переднего и заднего углов резца (а) и угла наклона главной режущей кромки (б) на настольном угломере

Резец устанавливается на стол I угломера (рис. 1.9, а) так, чтобы его головка оказалась под указателем 2, а главная режущая кромка перпендикулярно ему. Поворотом указателя 2 и перемещением сектора 3 по вертикальной стойке 4 добиваются совмещений грани А с передней поверхностью. Величина измеренного переднего угла γ отсчитывается по шкале сектора 3 против стрелки указателя 2. Задние углы α и α_1 измеряются на настольном угломере подобно переднему углу. При этом грань Б указателя 2 совмещается с главной задней или вспомогательной задней поверхностью резца.

Для измерения угла λ (рис. 1.9, б) резец установить на стол настольного угломера так, чтобы указатель 2 и главная режущая кромка располагались в одной вертикальной плоскости. Добиться совмещения грани А указателя 2 с режущей кромкой резца. Величина угла λ отсчитывается по шкале сектора против стрелки указателя.

Углы в плане φ и φ_1 определяются с помощью универсального угломера (рис. 1.10).

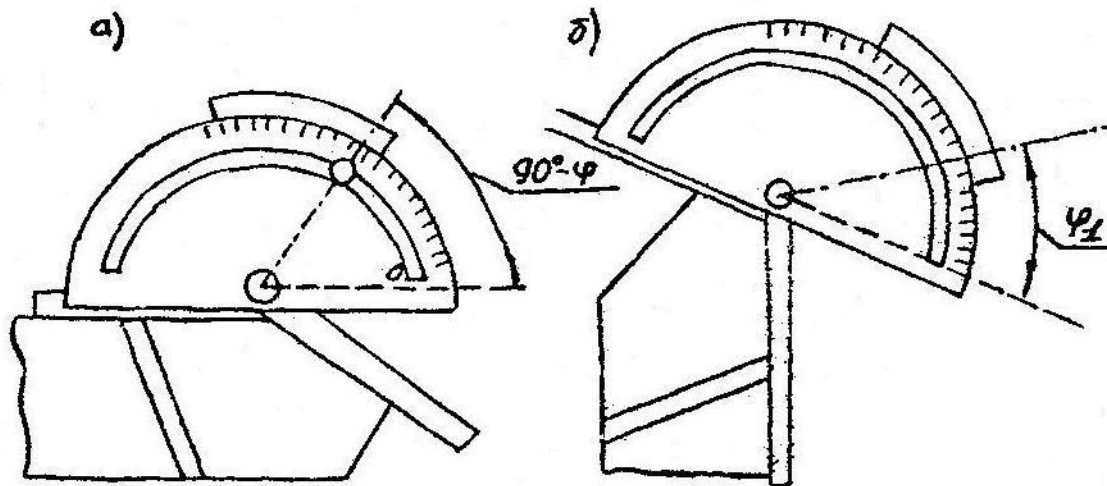


Рис. 1.10. Схема измерения углов в плане проходного резца: главного угла в плане (а) и вспомогательного (б) универсальным угломером

Одну из линеек универсального угломера совмещают с боковой поверхностью державки резца, а другую – в первом случае с главной, а во втором случае со вспомогательной режущей кромкой. Показания отсчитываются по шкале нониуса угломера.

Остальные угловые параметры вычисляются из следующих соотношений:

$$\varepsilon = 180^\circ - (\varphi + \varphi_1); \quad (1.1)$$

$$\beta = 90^\circ - (\gamma + \alpha); \quad (1.2)$$

$$\delta = 90^\circ - \gamma. \quad (1.3)$$

2. ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ПРИ СТРОГАНИИ И ДОЛБЛЕНИИ, КОНСТРУКЦИИ СТРОГАЛЬНЫХ И ДОЛБЁЖНЫХ РЕЗЦОВ

Строгание и долбление – виды операций обработки резанием, применяемых для получения на заготовке (рис. 2.1) плоскостей, фасонных канавок и уступов. При строгании получаемые элементы ориентированы горизонтально (рис. 2.1, а), а при долблении – вертикально (рис. 2.1, б).

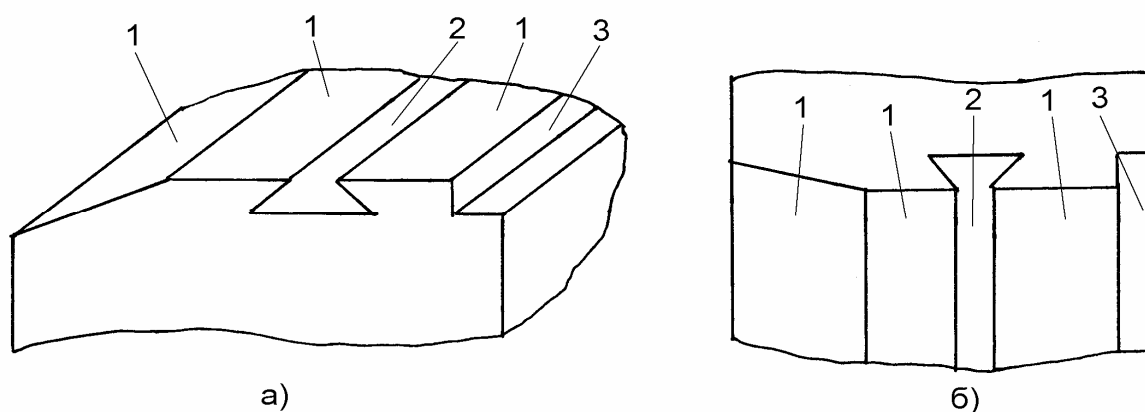


Рис. 2.1. Элементы, получаемые строганием (а) и долблением (б):
1 – плоскости; 2 – фасонные канавки; 3 – уступы

Обработка производится строгальными и долбёжными резцами. Движения формообразования при строгании и долблении представлены на рис. 2.2 – 2.3.

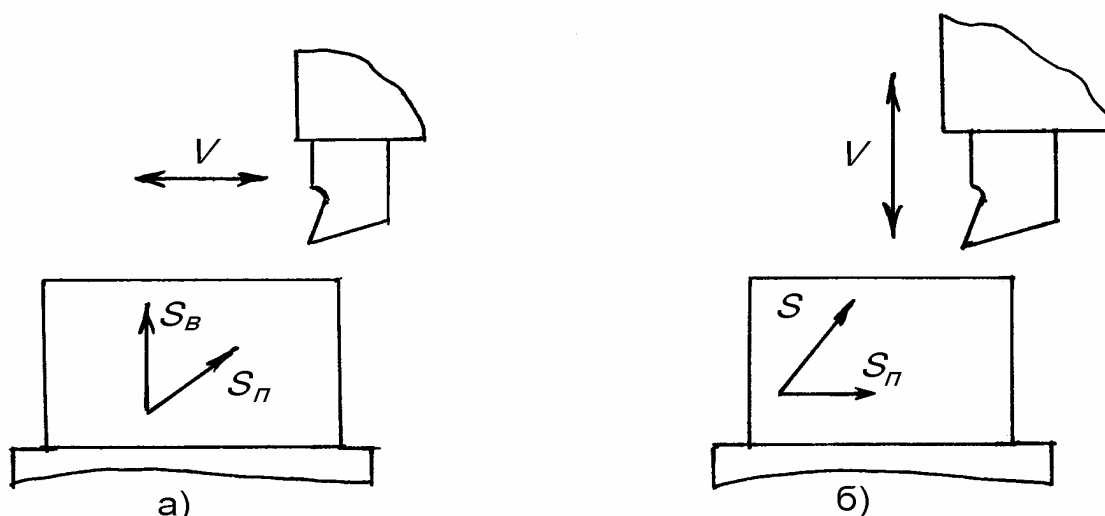


Рис. 2.2. Движения формообразования при строгании (а) и долблении (б)

Главное движение (движение резания V) при строгании (рис. 2.2, а) – представляет собой возвратно-поступательное перемещение инструмента в горизонтальном направлении; при долблении (рис. 2.2, б) – возвратно-поступательное перемещение инструмента в вертикальном направлении. Движение подачи – одно из двух возможных направлений поступательного перемещения заготовки. При строгании возможны вертикальная S_v или поперечная S_n подачи; при долблении соответственно продольная S или поперечная S_n подачи.

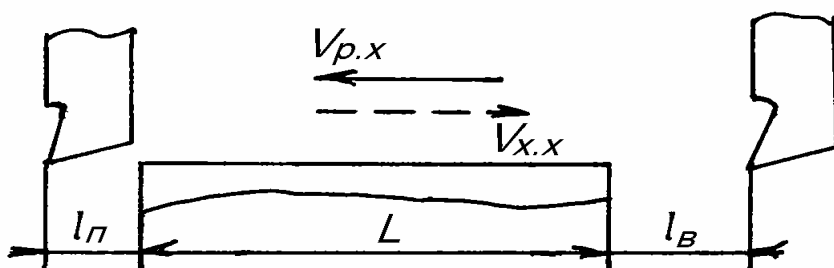


Рис. 2.3. Перемещения инструмента при работе

При работе инструмент срезает материал только при перемещении в одну сторону – при рабочем ходе $V_{p.x}$ (рис. 2.3). При обратном перемещении на холостом ходе $V_{x.x}$ резания не происходит. В начале и конце хода инструмент выходит из контакта с заготовкой. Таким образом, ход инструмента удлиняется на величину врезания l_v и перебега l_n . Для уменьшения ненужного трения задней поверхности резца о заготовку на холостом ходе он отводится от заготовки специальным устройством станка.

Наличие врезания, перебега и холостого хода инструмента приводит к потере времени при обработке. Подача при обработке производится сразу на определенную величину в начале рабочего хода, когда инструмент не касается заготовки. Врезание инструмента на рабочем ходе происходит на всю толщину среза и сопровождается ударной нагрузкой, что заставляет снижать режим резания для предотвращения быстрой его поломки.

Вследствие этого, операции строгания и долбления имеют низкую производительность и применяются в единичном и мелкосерийном производстве, либо при изготовлении высокоточных и крупногабаритных изделий, например, направляющих станин металлорежущих станков. В серийном, крупносерийном и массо-

вом типах производства они заменяются более производительными методами – фрезерованием и протягиванием. Вместе с тем, операции строгания и долбления обеспечивают большую точность по сравнению с фрезерованием, поскольку инструмент (резец) жёстко прижат к заготовке, отсутствуют подшипники и, соответственно, подшипниковые зазоры.

Также как большинство операций обработки лезвийным инструментом, строгание и долбление применяются в основном для полустовой обработки с точностью размеров по 9–13 квалитетам и шероховатостью $Rz = 40–80$ мкм. Существуют разновидности чистового строгания с достигаемой точностью по 7–8 квалитету и шероховатостью обработанной поверхности $Rz = 6,3–10$ мкм.

На рис. 2.4 приведена схема обработки горизонтальной плоскости «на проход» строганием с поперечной подачей.

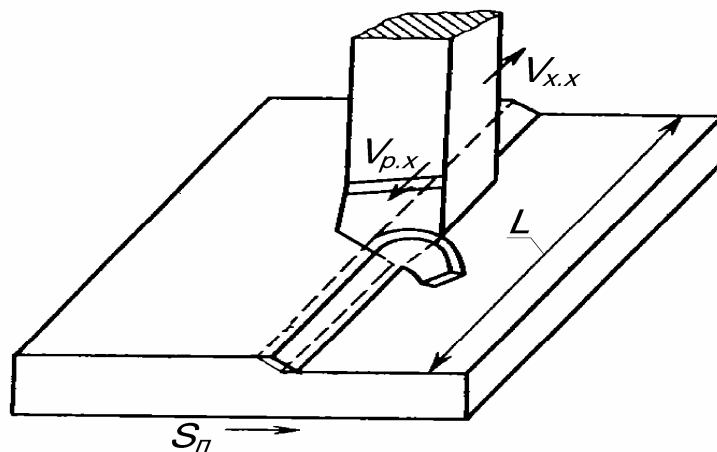


Рис. 2.4. Схема строгания плоскости

Основное отличие долбления от строгания состоит в том, что державка резца располагается параллельно обрабатываемой плоскости. Такое расположение инструмента позволяет производить обработку в предварительно изготовленных отверстиях: получать шпоночные и шлицевые пазы, многогранные отверстия. Обработка отверстий долблением может быть заменена протягиванием, область применения которого – исключительно массовое и крупносерийное производства.

В качестве инструмента при строгании и долблении используются соответственно строгальные и долбежные резцы. Их кон-

струкция во многом подобна токарным резцам, но имеются и особенности. Все строгальные и долбежные резцы стержневые, то есть имеют державку прямоугольного ($B \times H$) сечения. Вследствие ударной нагрузки державки по сравнению с токарными резцами имеют большее сечение.

Строгальный резец (рис. 2.5, а), в отличие от токарного, помимо режущей 1 и державки 3 имеет промежуточную часть 2. Долбежный резец (рис. 2.5, б) имеет увеличенную высоту режущей части относительно державки ($H_p > H$), это предотвращает касание обработанной поверхности державкой резца. Также у долбежного резца, по сравнению с токарным резцом, меняются местами главная задняя и передняя поверхности.

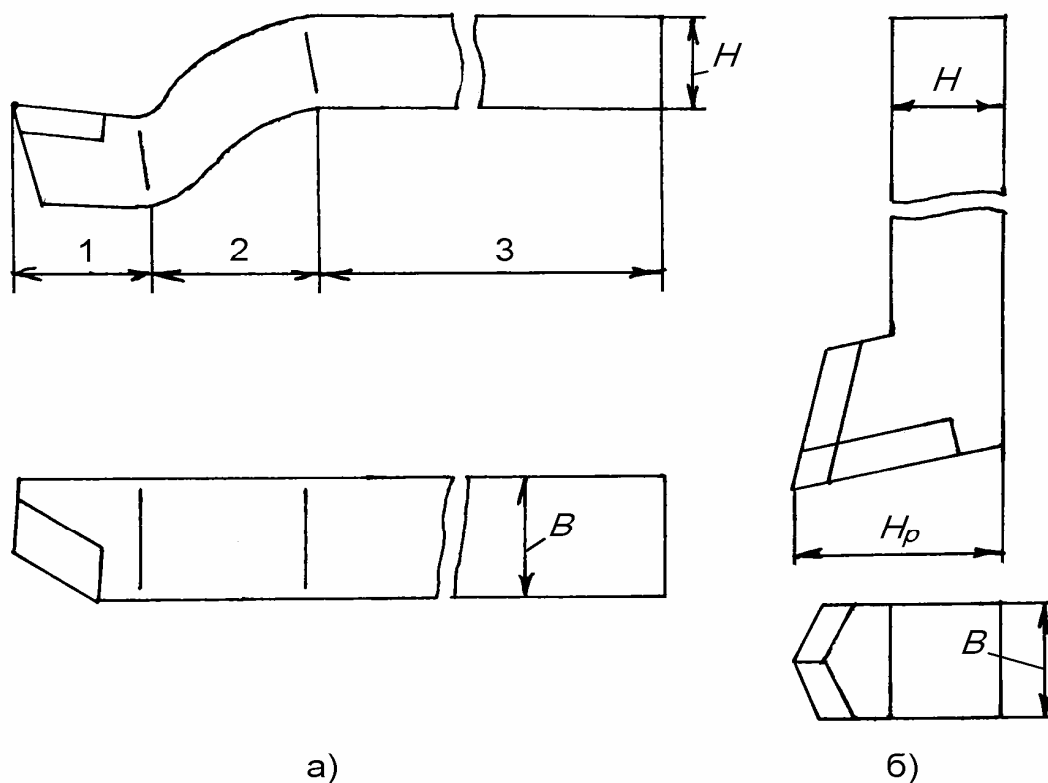


Рис. 2.5. Строгальный (а) и долбежный (б) резцы

Наличие у строгального резца промежуточной части необходимо для предотвращения явления «подрыва». При работе прямым резцом (рис. 2.6, а) под действием сил резания резец изгибается по дуге радиуса R вокруг точки O на опорной плоскости державки. При изгибе резца глубина резания увеличивается, что вызывает дальнейший рост силы резания и дальнейший изгиб резца.

Такой резец работает с сильными вибрациями, быстро затупляется и сильно снижает чистоту и точность обработанной поверхности. Наличие у резца промежуточной изогнутой части (рис. 9, б), выводящей вершину резца на уровень опорной плоскости державки, позволяет это избежать.

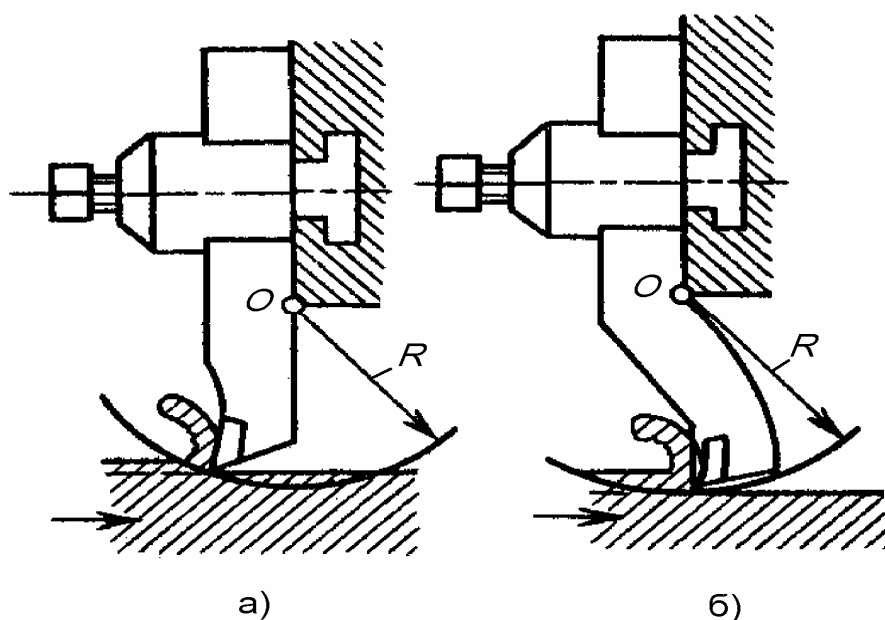


Рис. 2.6. Явление «подрыва» (деформации) при строгании резцом с прямой (а) и с изогнутой (б) державками

Геометрия строгальных и долбежных резцов подобна токарным. На рис. 2.7 приведен пример геометрии строгального резца.

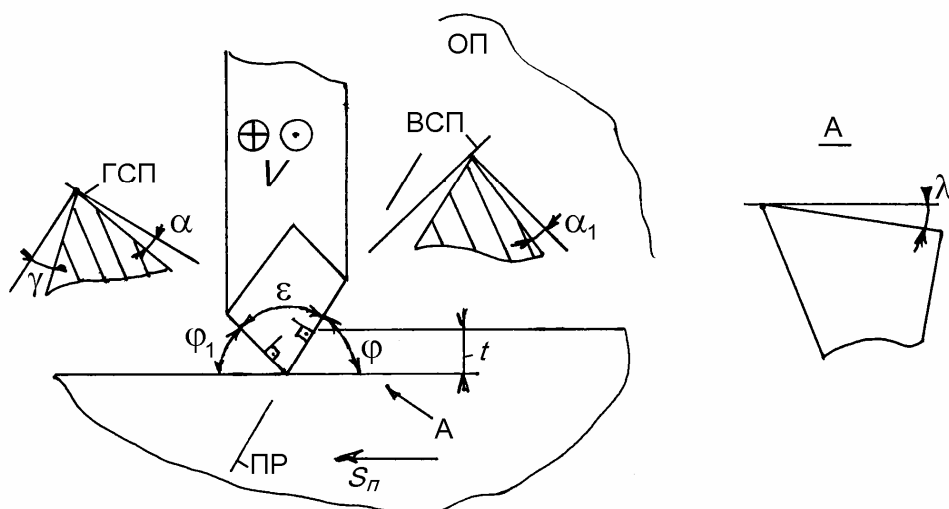


Рис. 2.7. Геометрия строгального резца

Конкретные величины углов выбираются с учетом ударной нагрузки на резце.

Классификация строгальных и долбежных резцов также подобна токарным резцам. Они подразделяются:

А) по назначению (по типу) на проходные (рис. 2.8, а), упорные (рис. 2.8, б), подрезные (рис. 2.8, в), канавочные (рис. 2.8, г), фасонные (рис. 2.8, д), чистовые (рис. 2.8, е);

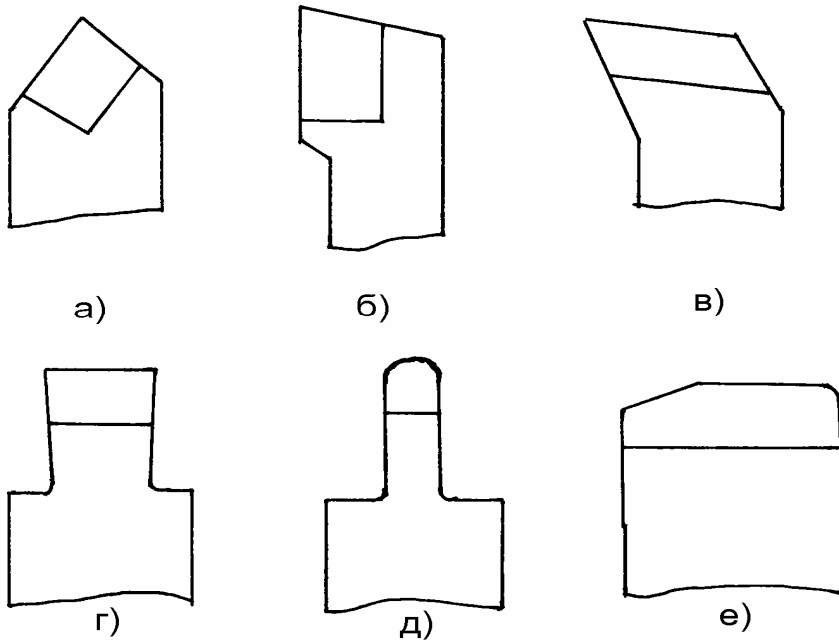


Рис. 2.8. Основные типы строгальных и долбежных резцов:
а – проходные; *б* – упорные; *в* – подрезные; *г* – канавочные;
д – фасонные; *е* – чистовые

Б) по форме головки и ее расположению относительно державки подразделяются на прямые, отогнутые, изогнутые, с оттянутой головкой;

В) по направлению подачи на правые, левые и работающие на врезание;

Г) по конструкции режущей части на цельные, с напаянной пластинкой, с механическим креплением режущей пластинки;

Д) по виду материала режущей части;

Е) по форме передней поверхности;

Ж) по размерам державки.

3. ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ПРИ СВЕРЛЕНИИ И РАССВЕРЛИВАНИИ, СПИРАЛЬНЫЕ СВЁРЛА

Сверление – это операция по изготовлению цилиндрических сквозных и глухих отверстий в широком диапазоне размерных параметров (диаметров, длин) и назначений. Осуществляется операция сверления с помощью инструментов, которые в зависимости от конструктивных особенностей и назначения имеют следующие названия:

- сверла спиральные: предназначены для изготовления отверстий средних диаметров и длин;
- сверла перовые (ружейные, пушечные): для изготовления глубоких отверстий высокой точности;
- сверла кольцевые: для изготовления сквозных отверстий больших диаметров;
- сверла центровочные: для изготовления в заготовках центровочных отверстий с целью их последующего крепления и обработки в центрах станков;
- сверла комбинированные: имеющие на теле одного инструмента два или более разных диаметра или инструментов с разным назначением (например, сверло-зенкер);
- сверла эжекторные: с внутренним подводом смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) через специальные каналы в теле сверла для эффективного охлаждения зоны резания и вывода образующейся стружки;
- сверла всех перечисленных выше разновидностей могут быть цельными и сборными: режущая часть выполняется либо целиком из инструментального материала или в виде режущих пластин, которые тем или иным способом крепятся на теле инструмента.

Наиболее распространенными среди инструментов для изготовления отверстий являются спиральные сверла. На рис. 3.1 представлен чертеж спирального сверла, на котором указаны все конструктивные элементы этого инструмента. В их числе:

- режущая часть: предназначена для обеспечения основного процесса резания, включает две главные режущие кромки (ГРК) и перемычку;

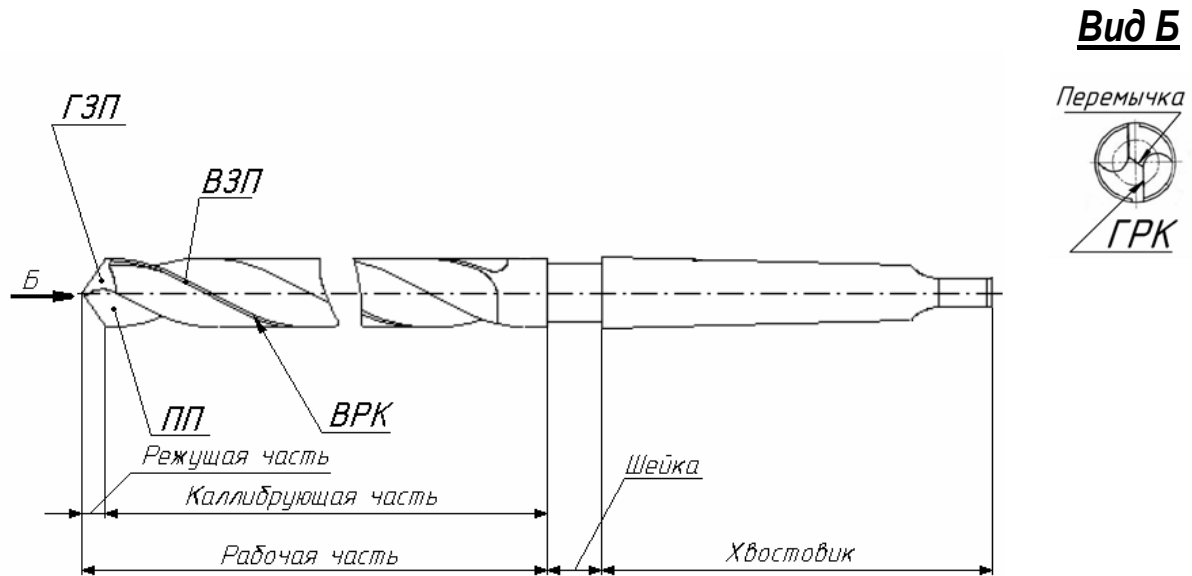


Рис. 3.1. Конструкция спирального сверла

- калибрующая часть: предназначена для калибрования отверстия, зачистки его поверхности и сбора стружки, включает две вспомогательные режущие кромки (ВРК) и две винтовые стружечные канавки;
- рабочая часть сверла: состоит из режущей и калибрующей частей, непосредственно участвует в работе (ее длина должна быть больше длины обрабатываемого отверстия);
- шейка: переходный элемент (место соединения сваркой-трением) между рабочей частью сверла, выполненной из инструментального материала, и хвостовиком из конструкционной стали (используется для маркировки инструмента – здесь указываются диаметр сверла и марка инструментального материала);
- хвостовик: служит для крепления сверла в патроне станка (может быть конический и цилиндрический разновидности);
- лапка: служит для противодействия проворачивания сверла в патроне или в переходном конусе и вынимания инструмента из патрона станка;
- ПП: передняя поверхность (по которой сходит стружка);
- ГЗП: главная задняя поверхность (обращена к обрабатываемой поверхности детали);
- ВЗП: вспомогательная задняя поверхность (обращена к сформированному отверстию);

- ГРК: главная режущая кромка (совершает основной процесс резания, снимает стружку);
- ВРК: вспомогательная режущая кромка (зачищает поверхности просверленного отверстия), у спирального сверла эта кромка выполнена в виде винтовой ленточки; ленточка приподнята над основной частью ВЗП и выполнена в виде узкой отшлифованной (для уменьшения трения) полоски;
- перемычка: соединительная режущая кромка между двумя ГРК; чем толще перемычка, тем жестче и прочнее сверло, но тяжелее происходит процесс резания, поскольку перемычка имеет отрицательные передние углы и деформирует обрабатываемый материал.

Конструктивно спиральное сверло изготовлено так, что имеет по две ПП, ГЗП, ВЗП, ГРК и ВРК, а общее количество режущих кромок – 5 (две ГРК, две ленточки и перемычка).

Геометрические параметры спирального сверла показаны на рис. 3.2.

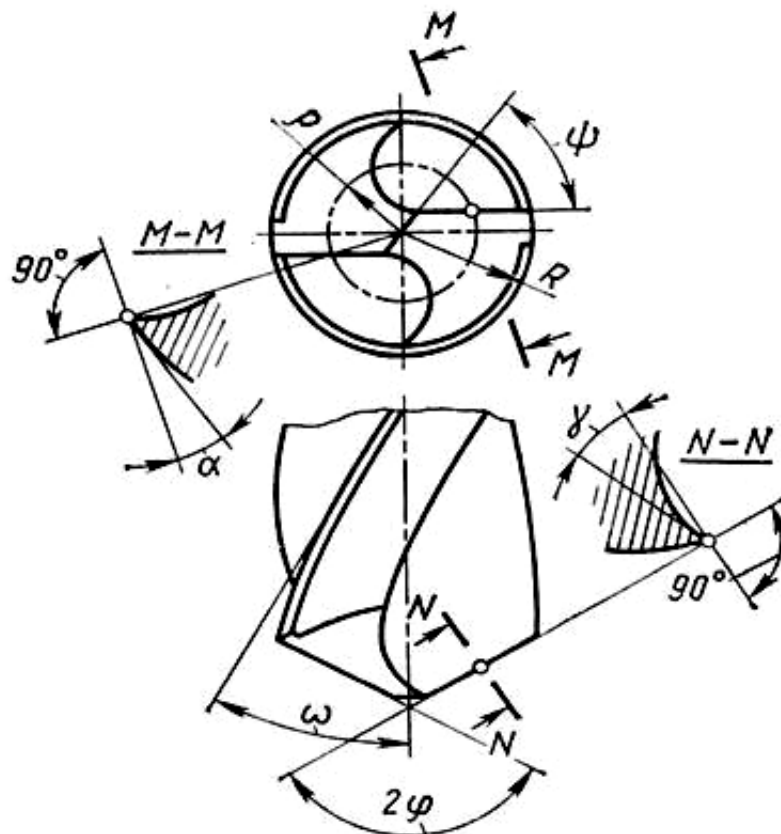


Рис. 3.2. Геометрические параметры спирального сверла
Здесь:

– γ : передний угол – образуется между касательной к ПП в рассматриваемой точке ГРК и перпендикуляром к плоскости резания (имеет переменное значение в зависимости от рассматриваемой точки на ГРК);

– α : задний угол – образуется между плоскостью резания и касательной к ВЗП в рассматриваемой точке (задний угол, как и угол γ , изменяет свои значения по мере перемещения вдоль ГРК);

– 2φ : угол заточки сверла – образуется между проекциями двух ГРК на плоскость (стандартная заточка для обработки сталей составляет $2\varphi = 118^\circ$, для обработки более твёрдых материалов, например, чугунов и бронз $2\varphi = 118^\circ \div 130^\circ$, для обработки более мягких материалов, например, цветных металлов, дерева и пластмасс $2\varphi = 80^\circ \div 110^\circ$);

– ω : угол наклона винтовой канавки – образуется между осью сверла и касательной к винтовой канавке (влияет на густоту «завивки» сверла и эффективность отвода стружки из зоны резания, чем больше ω , тем лучше отводится стружка);

– ψ : угол наклона перемычки – образуется между поперечной режущей кромкой и осями симметрии сверла;

– φ_1 : угол утонения сверла – образуется между осью сверла и проекцией касательной к ВЗП на плоскость (предназначен для уменьшения трения сверла о стенки отверстия при работе).

Главным движением (движением резания) при сверлении является вращение сверла относительно заготовки (или заготовки относительно сверла). Скорость резания V зависит от диаметра сверла и частоты вращения:

$$v = \frac{\pi D n}{1000}, \text{ (м/мин)} \quad (3.1)$$

Скорость резания на различных точках ГРК сверла различна. Чем ближе рассматриваемая точка ГРК к оси сверла, тем меньше скорость резания. Скорость подачи S – это путь сверла в направлении подачи за один оборот (мм/об). Глубина резания t (мм) – расстояние от обработанной поверхности до оси сверла:

$$t = D/2, \text{ (мм)} \quad (3.2)$$

Главные режущие кромки при сверлении работают в полный профиль, т.е. испытывают большие нагрузки, которые приводят к деформациям сверла – его изгибу и уходу от теоретиче-

ской оси отверстия. Кроме того, скорость резания на ГРК снижается по мере приближения к оси вращения. В результате этого, а также отрицательных передних углов, перемычка сверла практически не режет – деформирует материал. Чем больше диаметр сверла, тем толще его перемычка и сильнее нагрузки, ниже производительность обработки и качество получаемых отверстий.

В связи с этим, отверстия с диаметрами $\varnothing \square 16 \div 18$ мм целесообразно изготавливать в несколько этапов: сначала сверлить отверстие малого диаметра ($\varnothing 8 \div 10$ мм), после чего рассверливать полученное отверстие сверлом окончательного или промежуточного диаметра (рис. 3.3).

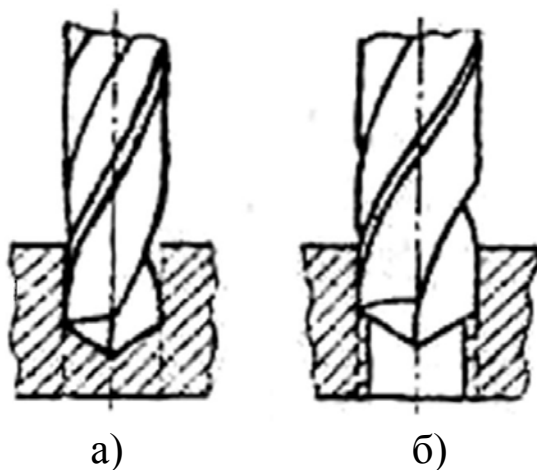


Рис. 3.3. Схемы операций сверления (а) и рассверливания (б)

Операция рассверливания позволяет повысить скорость подачи в 1,5–2 раза по сравнению со сверлением и общую производительность обработки, размерную точность и качество изготавливаемых отверстий большого диаметра, поскольку снижаются глубины резания на всех этапах обработки. Кроме того, при рассверливании в работе не участвует перемычка, а перемычка сверла малого размера позволяет производить первоначальное сверление с высокой производительностью.

Глубину резания окончательного прохода при рассверливании, с целью обеспечения высокой точности и качества отверстия, целесообразно выбирать из ряда величин для точения.

Сверление и рассверливание спиральными свёрлами – это черновые или получистовые операции, предназначенные для получения неотчетливых отверстий, служащих для облегчения

деталей, отверстий под крепёжные болты, заклепки, шпильки и т. п. После сверления и рассверливания могут применяться следующие виды обработки: зенкерование, развёртывание, нарезание резьбы, протягивание, дорнование (увеличение диаметра отверстия пластическим деформированием), электроэрозионная обработка.

4. ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ПРИ ЗЕНКЕРОВАНИИ И РАЗВЁРТЫВАНИИ, КОНСТРУКЦИИ ЗЕНКЕРОВ И РАЗВЁРТОК

4.1. ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ПРИ ЗЕНКЕРОВАНИИ, КОНСТРУКЦИИ ЗЕНКЕРОВ

Зенкерование – это получистовая или чистовая операция по обработке готовых отверстий после сверления, литья, штамповки и других способов формообразования отверстий цилиндрической формы. Операция зенкерования применяется для обработки и получения поверхностей различной конфигурации (цилиндрических, конических, торцовых). Существуют следующие разновидности зенкеров (рис. 4.1):

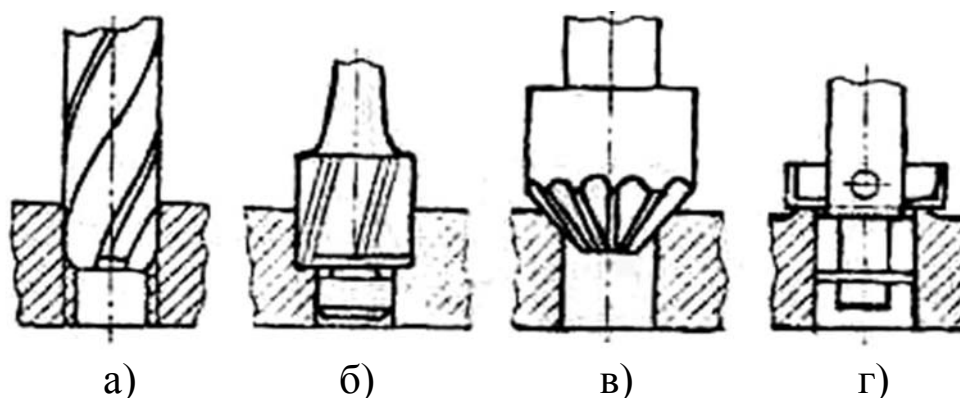


Рис. 4.1. Разновидности зенкеров: *а* – машинный зенкер, *б* – насадной зенкер, *в* – зенковка, *г* – цековка

– зенкеры машинные цельные с метрическим конусом либо конусом Морзе, предназначенные для обработки отверстий малого и среднего диаметра;

– зенкеры насадные с напаянными пластинами из твердого сплава, либо с их механическим креплением, предназначенные для обработки отверстий большого диаметра;

– зенковки (конические и цилиндрические), предназначенные для получения фасок и «потайных» углублений для винтов и шурупов;

– цековки, предназначенные для получения цилиндрических углублений и зачистки торцевых поверхностей.

Наиболее распространенными среди перечисленных инструментов являются машинные зенкеры, которые предназначены для обработки отверстий средних диаметров и длин, т.е. наиболее распространённых обрабатываемых поверхностей.

На рис. 4.2 представлен чертеж машинного зенкера, на котором указаны все основные конструктивные элементы этого инструмента.

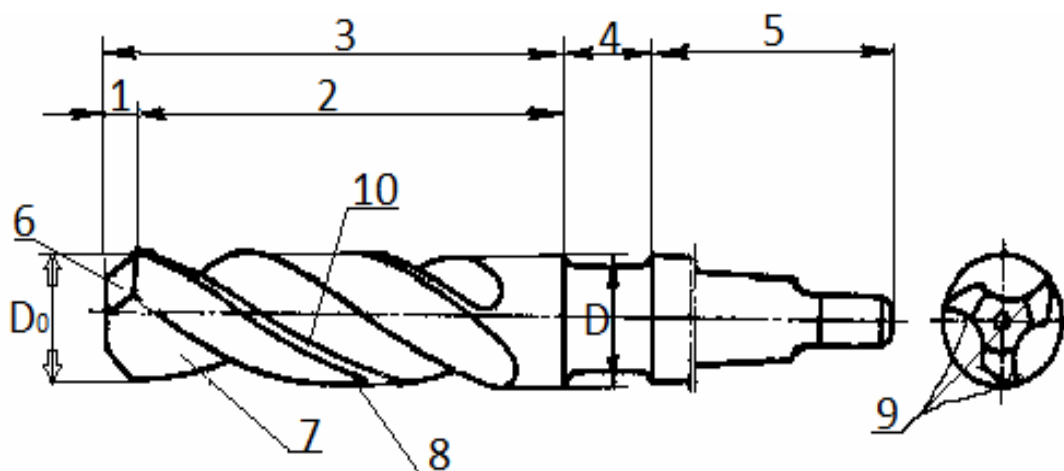


Рис. 4.2. Конструкция машинного зенкера

В их числе:

1 – режущая, или заборная часть (L_p);

2 – калибрующая часть (L_k);

3 – рабочая часть зенкера (L);

4 – шейка ($L_{ш}$): переходный элемент (место соединения) между рабочей частью зенкера и хвостовиком (используется, как правило, для маркировки инструмента – здесь указываются диаметр зенкера и марка инструментального материала);

5 – хвостовик с лапкой, служит для закрепления зенкера в патроне станка (L_x);

6 – ГЗП: главная задняя поверхность (обращена к обрабатываемой поверхности отверстия);

7 – ПП: передняя поверхность (по которой сходит стружка);

8 – ВРК: вспомогательная режущая кромка (помогает совершать процесс резания); данная кромка называется ленточкой; она приподнята над основной частью ВЗП и выполнена в виде узкой отшлифованной полоски (для уменьшения трения);

9 – ГРК: главная режущая кромка (совершает основной процесс резания), количество этих кромок соответствует числу зубьев зенкера;

10 – ВЗП: вспомогательная задняя поверхность (обращена к обработанному отверстию).

Машинные зенкеры бывают получистовыми (имеют 3 зуба и маркируются №1) и чистовыми (имеют 4 зуба и маркируются №2). Зенкер, в отличие от сверла, имеет массивный сердечник, который обеспечивает высокую жёсткость инструмента. Кроме того, малая длина главных режущих кромок зенкера предопределяет малые значения глубин резания. Данные особенности позволяют с помощью операции зенкерования устранять «увод» отверстия от теоретической оси (получаемый в процессе сверления), добиваться высокой размерной точности и качества обрабатываемых поверхностей. Геометрические параметры машинного зенкера представлены на рис. 4.3.

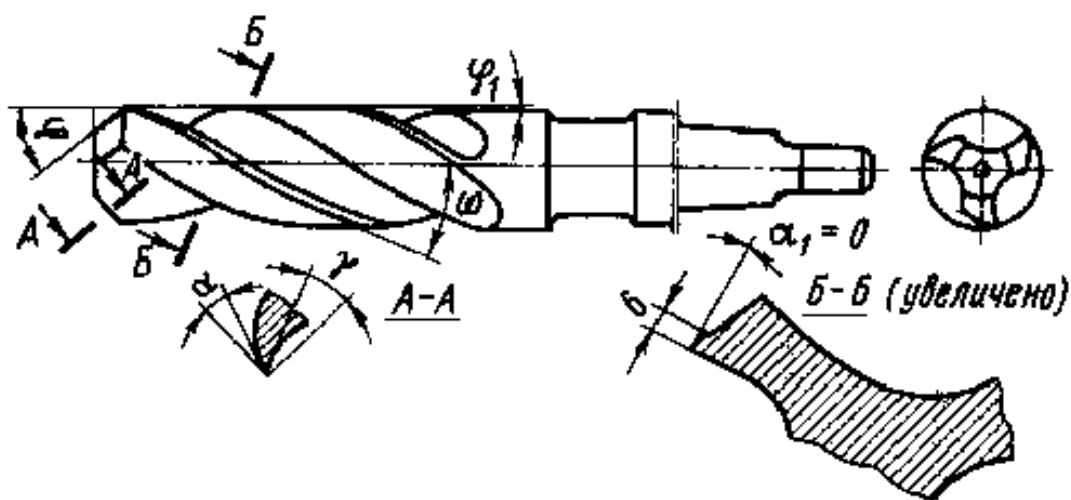


Рис. 4.3. Геометрические параметры машинного зенкера

Здесь:

– φ : угол в плане – угол, образованный между ГЗП и осью симметрии зерна;

– γ : передний угол – образуется между касательной к ПП в рассматриваемой точке и перпендикуляром к плоскости резания (имеет переменное значение в зависимости от рассматриваемой точки на ГРК);

– α : задний угол – образуется между плоскостью резания и касательной к ВЗП в рассматриваемой точке (задний угол как и угол γ изменяет свои значения по мере перемещения вдоль ГРК);

– ω : угол наклона винтовой канавки – образуется между осью зенкера и касательной к винтовой канавке (влияет на интенсивность «завивки» зенкера и эффективность отвода стружки из зоны резания);

– φ_1 : угол утонения зенкера (угол обратной конусности) – образуется между осью зенкера и проекцией касательной к ВЗП на плоскость (предназначен для уменьшения трения зенкера о стенки отверстия при работе).

4.2. ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ПРИ РАЗВЁРТЫВАНИИ, КОНСТРУКЦИИ РАЗВЁРТОК

Развертывание – это операция для окончательной чистовой обработки готовых отверстий после сверления, зенкерования или растачивания. После развертывания отверстия получаются более точными и имеют меньшую шероховатость, чем при зенкерования, поскольку развёртки имеют большее число зубьев (до нескольких десятков) и более массивный и жёсткий сердечник. При развертывании обеспечиваются допуски Н6-Н11 и параметры шероховатости поверхности $R_a = 2,5 \dots 0,16$ мкм. Качество и точность развёрнутых поверхностей сопоставимо с аналогичными параметрами при получистовом шлифовании.

В зависимости от характера применения, формы обрабатываемого отверстия, способов закрепления, конструкции зубьев, регулирования на размер, вида инструментального материала развёртки разделяют на следующие группы (рис. 4.4).

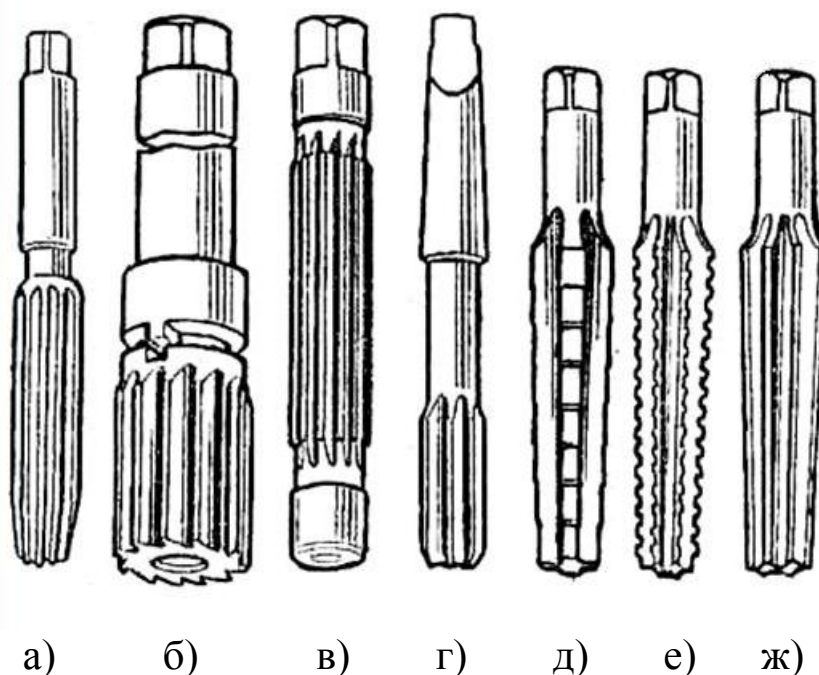


Рис. 4.4. Типовые конструкции развёрток: *а* – ручная; *б* – насадная с цилиндрическим хвостовиком; *в* – ручная регулируемая разжимная (шариком); *г* – машинная; *д* – коническая черновая; *е* – коническая получистовая; *ж* – коническая чистовая

1. Ручные развертки – имеют длинные калибрующую и режущую части, снабжены цилиндрическим хвостовиком с квадратом на конце для вращения их с помощью воротка и предназначены для ручной обработки отверстий на крупногабаритных деталях или в условиях отсутствия станочного оборудования. Длинная режущая часть обеспечивает возможность плавного введения инструмента в обрабатываемое отверстие, а длинная калибрующая часть – его самоцентрирование и невозможность перекоса. Ручные развертки бывают:

- цельные с гладким направляющим диаметром (рис. 4.4, *а*);
- цельные ступенчатые;
- регулируемые раздвижные лепестковые и разжимные с шариком (рис. 4.4, *в*);
- конические черновые, получистовые и чистовые (рис. 4.4, *д, е, ж*).

Ручные развертки бывают с прямыми и винтовыми зубьями. Шаг зубьев разверток (угловой шаг) неравномерный, что обеспе-

чивает получение менее шероховатой и волнистой поверхности отверстия и уменьшает возможность образования многогранности отверстия.

2. Машинные развертки – имеют короткие калибрующую и режущую части, чаще всего снабжены коническим хвостовиком с лапкой на конце, предотвращающей проворачивание при установке в переходные конусы на шпиндели и другие рабочие органы станков. Жёсткость и точность позиционирования, а также вращающие и осевые усилия здесь обеспечиваются механизмами станка, поэтому на машинных развёртках отсутствует конструктивная необходимость в длинной калибрующей и режущей частях. Машинные развёртки бывают:

- машинные с коническим хвостовиком (рис. 4.4, в);
- машинные насадные с коническим или цилиндрическим хвостовиком (рис. 4.4, б);
- машинные конические.

Машинные развёртки могут изготавливаться цельными, с напайными пластинками или со вставными зубьями, например, твердосплавными.

Кроме того, существуют специальные разновидности развёрток, например, котельные, конические резьбовые и др.

Конструкции и геометрические элементы ручной и машинной развёрток представлены на рис. 4.5–4.6. Ручная развертка состоит из следующих основных частей: направляющего конуса, длинных режущей части (заборного конуса) и калибрующей части. На ручной развёртке также выделяют рабочую часть, состоящую из режущей и калибрующей частей, шейку и хвостовик с квадратом под вороток. Отличительной особенностью разверток является большее число зубьев (6–12 и более), чем у зенкеров (3–4). Основные геометрические параметры ручной развёртки:

γ – передний угол, обычно принимаемый равным нулю, т.к. развертка работает в зоне малых толщин срезаемого слоя;

α – задний угол (задние углы разверток могут изменяться в пределах 4–8°);

β – угол при вершине зуба;

δ – угол резания;

ω – угол шага зубьев (зависит от числа зубьев развёртки);

2φ – угол режущей части ($2\varphi=2-3^\circ$).

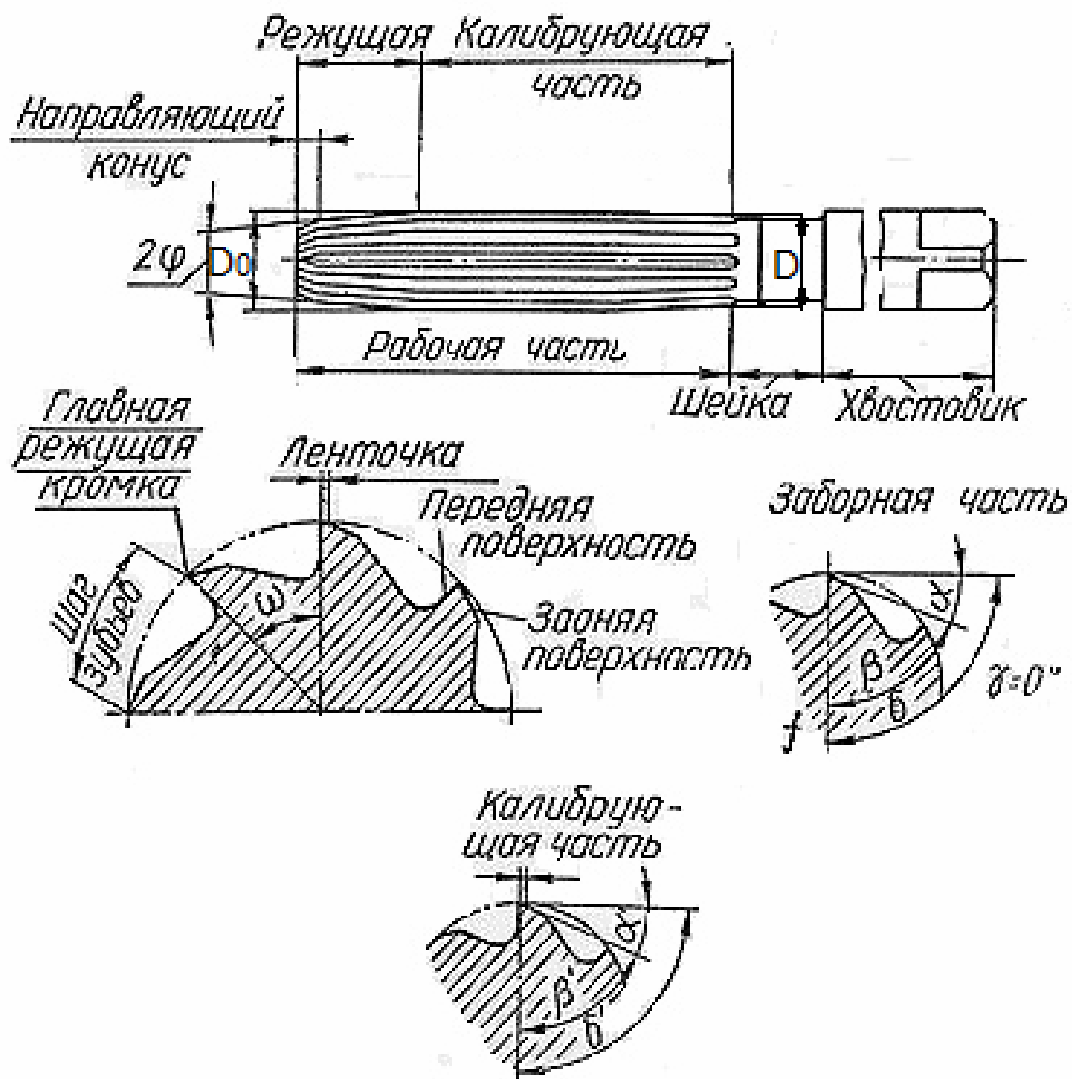


Рис. 4.5. Конструкция и геометрические элементы ручной цилиндрической развёртки

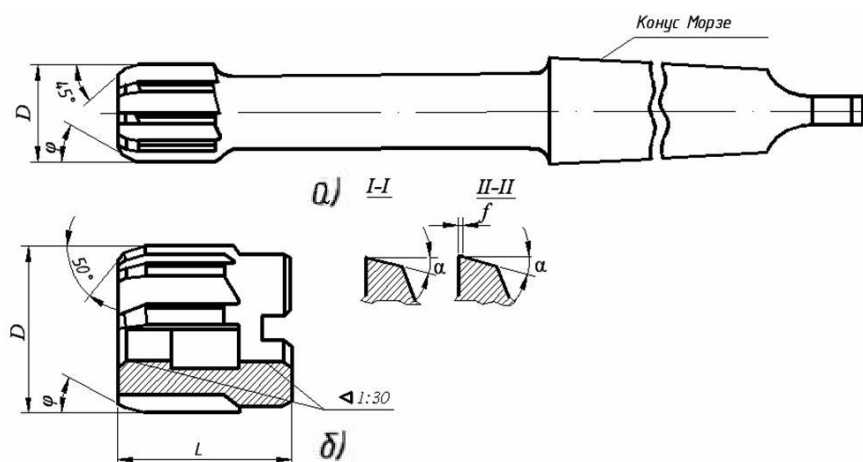


Рис. 4.6. Конструкции и геометрические элементы машинных развёрток: а – машинной цилиндрической, б – насадной

Машинная цилиндрическая развертка состоит из: направляющего конуса, короткой режущей части (заборного конуса) и калибрующей части. На машинной развёртке также выделяют рабочую часть, состоящую из режущей и калибрующей частей, шейку и конический хвостовик с лапкой. Отличительная особенность геометрии машинных развёрток состоит в том, что угол режущей части значительно больше, чем у ручных развёрток и составляет $2\varphi=10-90^\circ$. Чаще всего его величина принимается равной $2\varphi=30^\circ$.

В процессе резания развёртки изнашиваются, в основном, по задней поверхности в месте перехода режущей части в калибрующую часть (рис. 4.7).

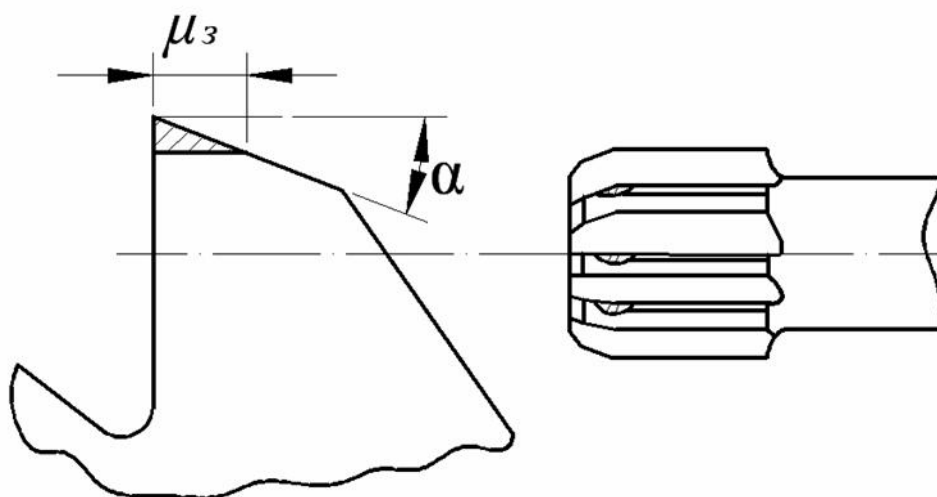


Рис. 4.7. Интенсивный износ развёрток в месте перехода режущей части в калибрующую часть

Допустимая величина износа у развёрток, изготовленных из быстрорежущих сталей, составляет $\mu_z = 0,3 \dots 0,8$ мм, у твердосплавных развёрток $\mu_z = 0,1 \dots 0,3$ мм. При восстановлении режущих свойств развёрток обычно производят переточку их рабочей части по задней поверхности.

5. ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ, КОНСТРУКЦИИ ФРЕЗ

Фрезерование является одной из высокопроизводительных и широко распространённых операций механической обработки, используемой для получения плоскостей, уступов, пазов, фасонных поверхностей, например, резьб и зубчатых колёс.

Фреза представляет собой тело вращения, на поверхности которого выполнены режущие зубья. В процессе фрезерования осуществляется два движения: вращение фрезы вокруг своей оси (движение резания) и движение подачи.

Особенностью фрезерования является прерывистость процесса резания каждым зубом. Это обусловлено тем, что при вращении фрезы, зуб врежется в заготовку, а затем выходит из зоны резания и на значительной части траектории своего движения не соприкасается с заготовкой до нового цикла врезания. Большое число зубьев фрезы (каждый из которых фактически является резцом) и высокие частоты вращения обуславливают высокую производительность операций фрезерования. Цикличность работы способствует охлаждению зубьев фрезы, но приводит к возникновению вибраций и, следовательно, отрицательно сказывается на точности и шероховатости обработанных поверхностей.

Существуют две основные схемы фрезерования – цилиндрическое и торцовое, для реализации каждой из которых применяется соответствующие типы металлорежущих станков и разновидности фрез.

Цилиндрическое фрезерование характеризуется тем, что ось вращения фрезы параллельна обрабатываемой поверхности заготовки. Цилиндрические фрезы имеют сквозное посадочное отверстие со шпоночным пазом для закрепления на шпинделе и, как правило, используются на горизонтально-фрезерных станках.

Цилиндрическими фрезами обрабатывают плоские поверхности. Такие фрезы представляют собой цилиндр, на поверхности которого сформированы режущие зубья (рис. 5.1). Зубья могут быть прямыми и винтовыми. Фрезы с прямыми зубьями просты по конструкции и не требуют сложных приспособлений при заточке, но работают с ударами и в настоящее время встречаются достаточно редко. Фрезы с винтовыми зубьями работают равно-

мернее, поскольку каждый зуб входит в работу постепенно. Обеспечивается получение более чистой поверхности, но такие фрезы сложнее в изготовлении и заточке (рис. 5.2).

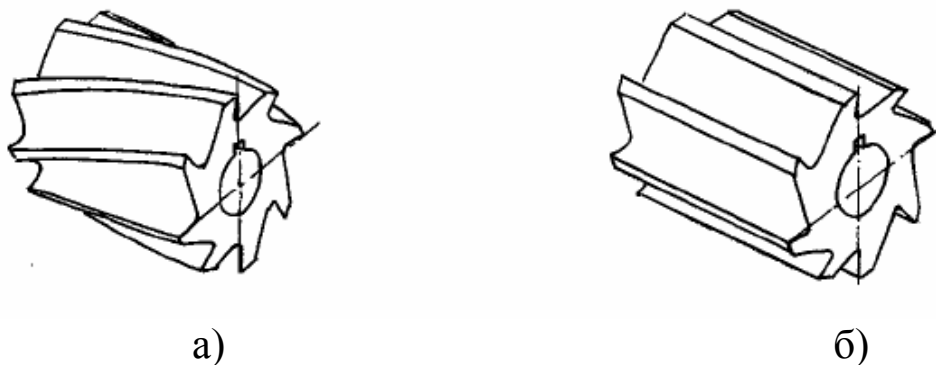


Рис. 5.1. Цилиндрические фрезы: *а* – с винтовыми зубьями; *б* – прямозубые

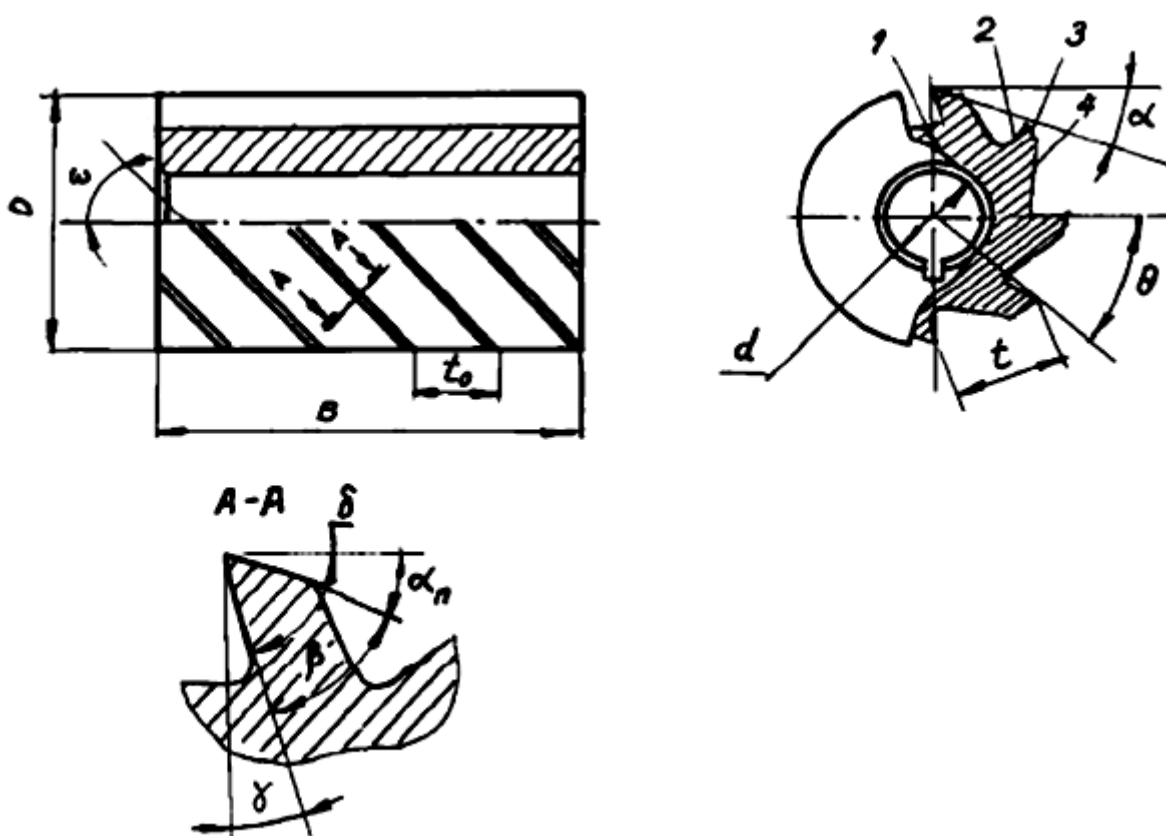


Рис. 5.2. Конструкция и геометрия цилиндрической фрезы с винтовыми зубьями

Цилиндрическая фреза (рис. 5.2) включает: 1 – корпус фрезы; 2 – переднюю поверхность зуба; 3 – заднюю поверхность зу-

ба; 4 – спинку зуба. К конструктивным элементам цилиндрической фрезы относятся: D – диаметр фрезы; d – диаметр посадочного отверстия; B – ширина фрезы; t – торцевой шаг (расстояние между зубьями по торцу фрезы); t_0 – осевой шаг (расстояние между зубьями вдоль оси фрезы).

Геометрические параметрам цилиндрической фрезы: γ – передний угол зубьев, α – задний угол, ω – угол наклона винтовых зубьев; θ – центральный угол между зубьями; α_n – нормальный задний угол; δ – угол резания; β – угол заострения; φ – главный угол в плане; φ_0 – угол в плане на переходном лезвии; φ_1 – вспомогательный угол в плане.

Цилиндрические фрезы изготавливаются:

- цельными из быстрорежущих сталей;
- сборными со вставными ножами из быстрорежущих сталей или твердых сплавов;
- с напаянными быстрорежущими или твердосплавными пластинками;
- с механическим креплением сменных многогранных пластин (СМП).

Форма зубьев фрезы может быть остроконечной (острозаточенной) или затылованной (рис. 5.3).

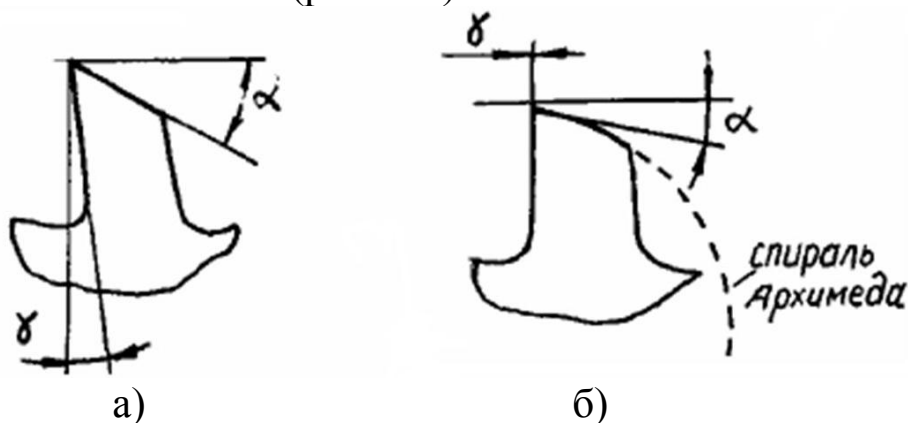


Рис. 5.3. Формы зубьев фрез: a – остроконечная; b – затылованная

У остроконечного зуба (рис. 5.3, a) передняя и задняя поверхности плоские. Такие зубья являются простыми в изготовлении и заточке. Их переточка производится по передней и по задней поверхностям, при этом может существенно изменяться профиль режущей кромки зубьев и диаметр фрезы. Такая форма

зубьев применяется на фрезах, изменение профиля зубьев и диаметра которых при переточках не приводит к снижению размерной точности обрабатываемых поверхностей.

Затылованные зубья (рис. 5.3, б) внешне отличается большей толщиной и формой задней поверхности, которая формируется по спирали Архимеда. Такие фрезы перетачиваются по передней поверхности. Благодаря затылованию по задней поверхности профиль режущей кромки зуба, независимо от его сложности, при переточках остаётся неизменным во всех радиальных сечениях. Кроме того, при переточках фрез с затылованными зубьями их диаметр изменяется незначительно. Это является основными достоинствами таких фрез, и позволяет использовать их для обработки различных пазов и фасонных поверхностей. Кроме того, зубья такой формы обладают высокой прочностью.

Существует несколько разновидностей форм острозаточенных зубьев (рис. 5.4).

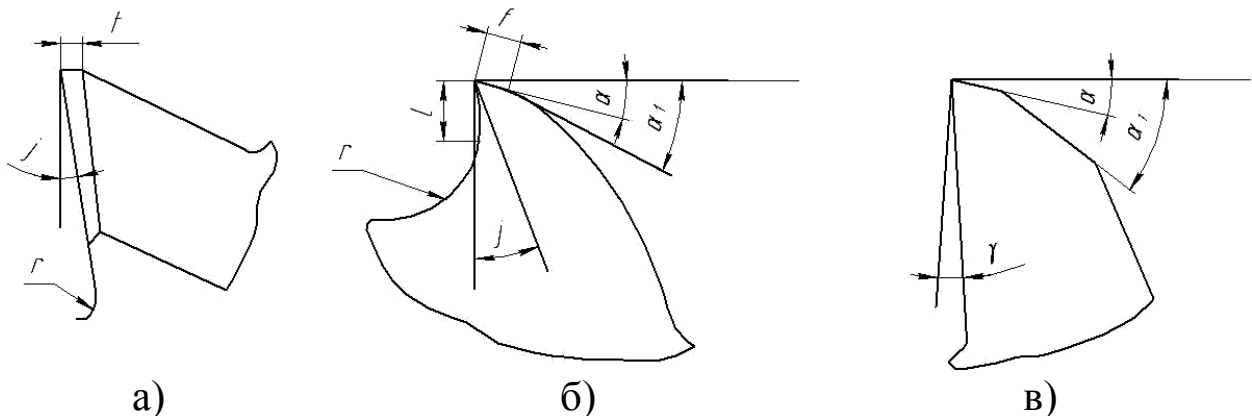


Рис. 5.4. Разновидности форм острозаточенных зубьев:
а – трапецеидальная; б – параболическая; в – с двойной спинкой

На практике применяется три формы острозаточенных зубьев фрез. Для мелкозубых фрез принята трапецеидальная форма зубьев (рис. 5.4, а). Она наиболее проста в изготовлении, но при этом зуб характеризуется невысокой прочностью, поэтому имеет небольшую высоту и малый объём стружечной канавки. По мере переточки зуба по задней грани его высота уменьшается и он становится более прочным. Однако, такая форма зубьев допускает небольшое число переточек и применяется на фрезах для чистовой обработки. При этом число зубьев из-за их малого размера выбирается максимально возможным. Канавки в таких фрезах из-

готовавливают либо фрезерованием, либо вышлифовыванием эльборовыми или алмазными кругами в цельных заготовках на станках с ЧПУ. При переточке высота зуба уменьшается, поэтому суммарная стойкость таких фрез невелика, так как они допускают 6-8 переточек.

Для крупнозубых фрез, работающих в тяжелых условиях, применяют параболическую форму зуба (рис. 5.4, б). Такая форма зуба обладает наибольшей прочностью на изгиб, так как спинка зуба, оформленная по параболе, обеспечивает равнопрочность во всех сечениях по высоте зуба. Недостатком этой формы является необходимость при изготовлении таких фрез для каждой высоты зуба иметь свою сложную фасонную канавочную фрезу. Поэтому с целью упрощения профиля спинки таких фрез параболу часто заменяют дугой окружности. На передней поверхности зубьев параболической формы предусмотрен прямолинейный участок, от длины которого зависит количество переточек фрезы. Причём переточка допускается только по задней поверхности.

Усиленная форма зуба с двойной спинкой (рис. 5.4, в) применяется для тяжелых фрезерных работ и является альтернативой параболической форме. Такой зуб имеет ломаную спинку, а также увеличенную толщину и высоту. Получают эти зубья двойным фрезерованием угловыми фрезами. Хотя при этом число операций увеличивается вдвое, такие зубья проще в изготовлении, чем параболические. Они имеют больший запас на переточку и высокую прочность. При этом используются стандартные канавочные фрезы с прямолинейными режущими кромками.

Зубья фрез могут затачиваться по цилиндрической части (односторонние), иметь режущие зубья на цилиндрической части и на одном из торцов (двухсторонние), на цилиндрической части и на обоих торцах (трёхсторонние).

Односторонние цилиндрические фрезы используются для обработки плоских поверхностей, ширина которых меньше ширины фрезы. Двухсторонние цилиндрические фрезы могут использоваться для получения уступов и обработки широких плоскостей за несколько проходов. Трёхсторонние цилиндрические фрезы могут использоваться для изготовления пазов, уступов и фрезерования широких плоскостей.

По схеме цилиндрического фрезерования на горизонтально-фрезерных и специальных типах станков работают следующие типы фрез: дисковые отрезные и прорезные (пилы), пазовые, угловые, фасонные, дисковые модульные, резьбовые односторонние и многосторонние, червячные.

Дисковые отрезные и прорезные фрезы (пилы) предназначены для прорезания узких пазов и разрезания заготовок различного профиля (рис. 5.5). Они изготавливаются монолитными (цельными) и сборными со вставными зубьями или сегментами.

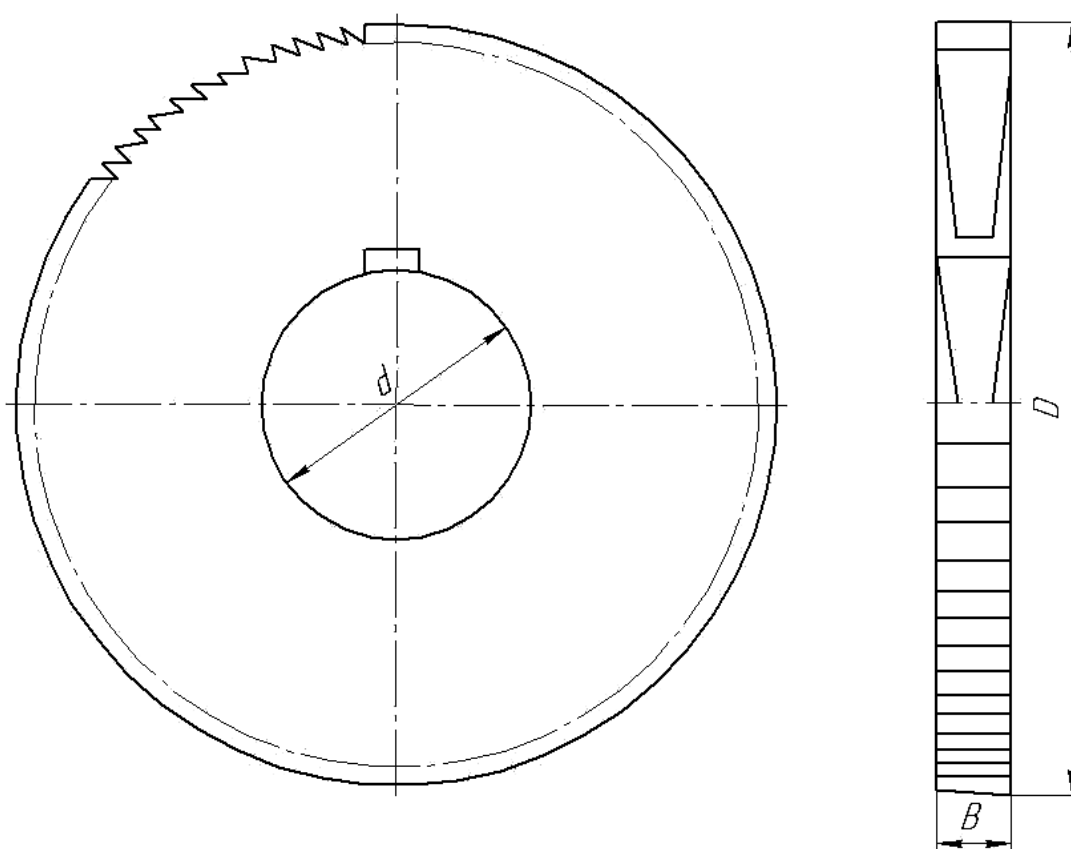


Рис. 5.5. Дисковая отрезная (прорезная) фреза

Монолитные пилы имеют диаметр от 60 до 200 мм, толщину от 1 до 5 мм. Пилы со вставными сегментами выполняются диаметром 265–2000 мм и применяются на специальных отрезных станках в заготовительных цехах и участках.

Дисковые пазовые двухсторонние и трехсторонние фрезы имеют режущие зубья на цилиндре и на одном или обоих торцах (рис. 5.6). Они используются при обработке пазов и канавок.

Дисковые фрезы могут изготавливаться с прямыми или наклонными зубьями. Наклонные зубья применяют для получения на торцевых кромках двухсторонних фрез положительных передних углов. С целью получения на боковых кромках трехсторонних фрез положительных передних углов применяют фрезы с разнонаправленными зубьями. Они работают всеми зубьями на цилиндре. На торцах же половина зубьев (имеющих отрицательные передние углы) срезаны.

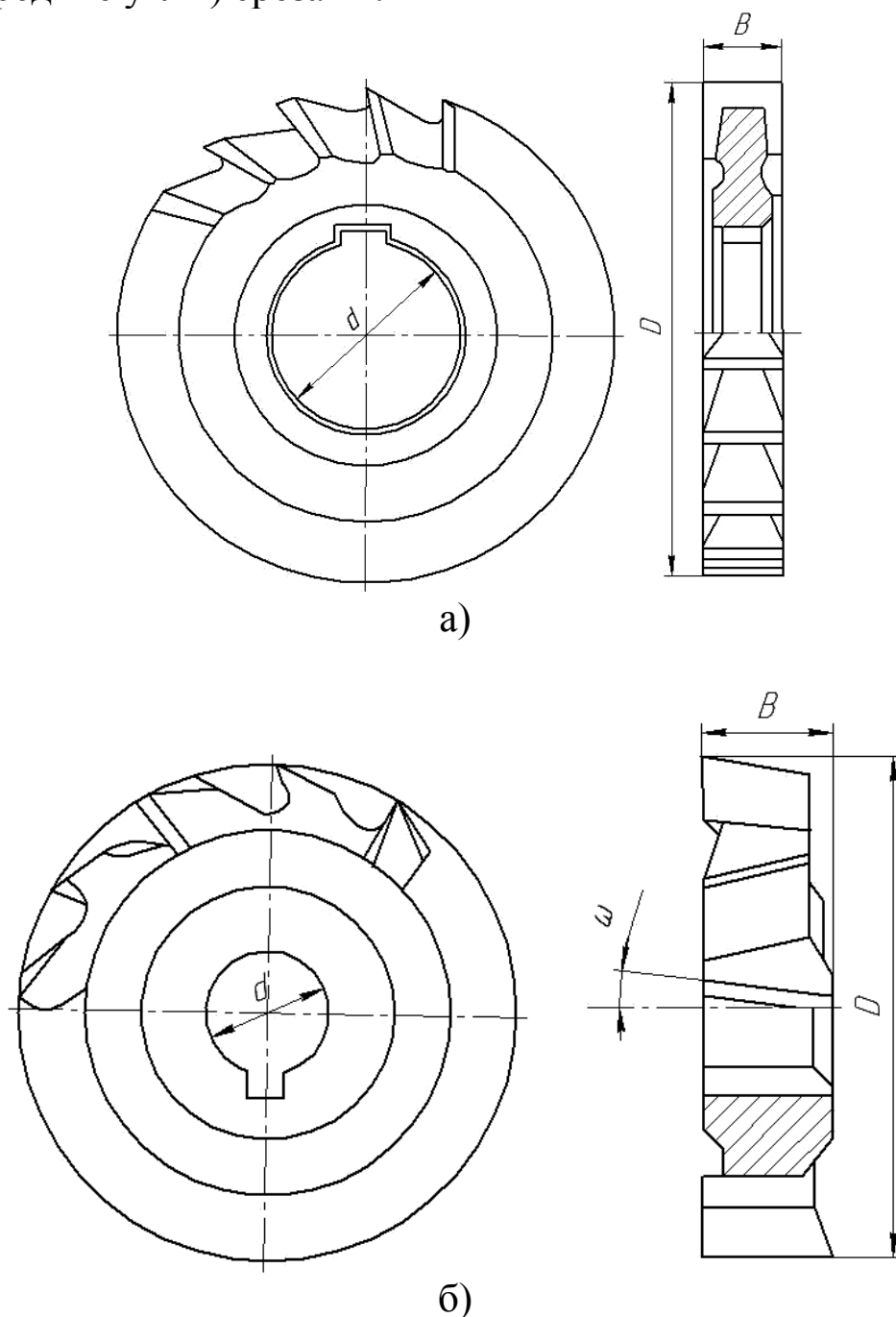


Рис. 5.6. Фрезы дисковые пазовые: а – трёхсторонние;
 б – трёхсторонние с разнонаправленными зубьями

Угловые фрезы необходимы для изготовления угловых пазов и обработки канавок углового профиля. Они изготавливаются только монолитными (цельными) и применяются в основном в инструментальном производстве для фрезерования стружечных канавок различных инструментов. Различают одноугловые и двухугловые фрезы. У одноугловых фрез режущие кромки (зубья) расположены на конической поверхности и на торце (зуб имеет профиль прямоугольного треугольника). Основная работа производится первыми зубьями, тогда как вторые служат лишь для зачистки обрабатываемой поверхности. Одноугловые фрезы делаются с углом конуса φ в пределах $55\text{--}90^\circ$ через каждые 5° .

У двухугловых фрез (рис. 5.7) зубья располагаются на двух смежных конических поверхностях благодаря чему компенсируются осевые усилия и фрезы работают более плавно. Двухугловые фрезы изготавливаются общим углом конуса в пределах $55\text{--}105^\circ$ через каждые 5° , причем один из углов (меньший) принимается в пределах $15\text{--}25^\circ$ в зависимости от величины общего угла.

Для того, чтобы угловые фрезы меньше изнашивались, их вершины закругляют.

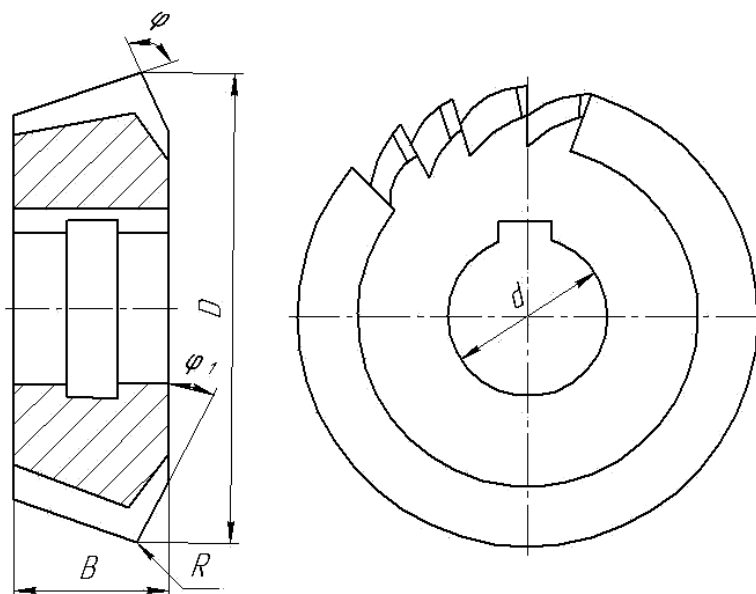


Рис. 5.7. Двухугловая фреза

Дисковые фасонные фрезы применяются при фрезеровании фасонных цилиндрических и винтовых поверхностей. Фасонные фрезы представляют собой тело вращения, на наружной поверх-

ности которого образованы режущие зубья (рис. 5.8). Широко распространены фасонные фрезы с затылованными зубьями. Эти фрезы имеют плоскую переднюю поверхность и фасонную затылованную (в большинстве случаев по архимедовой спирали) заднюю поверхность.

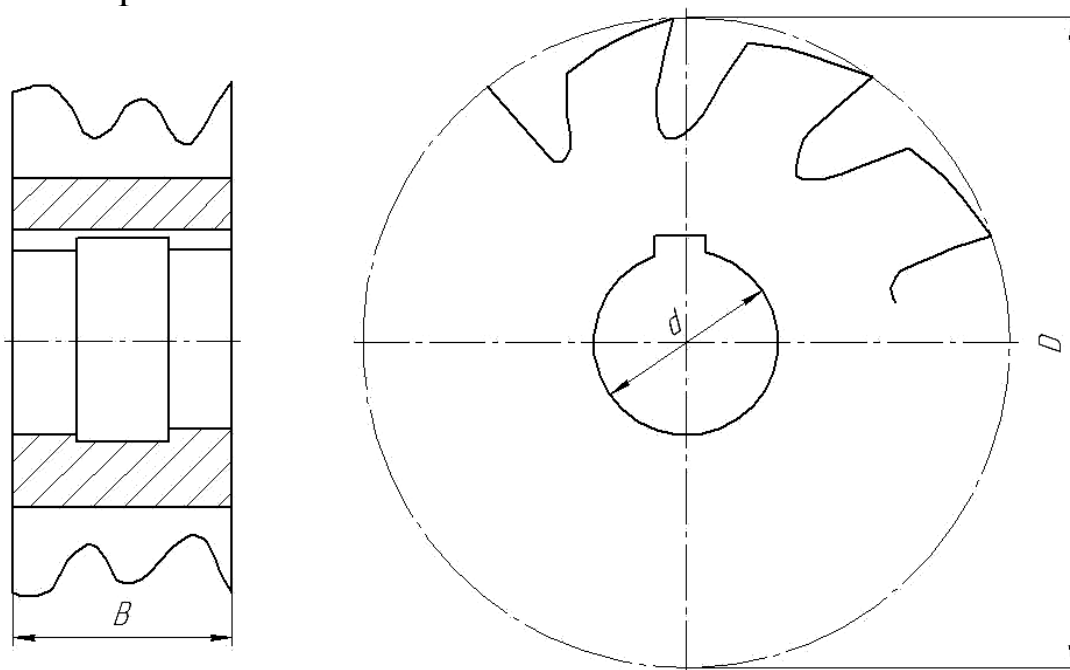


Рис. 5.8. Дискосая фасонная фреза с затылованными зубьями

При переточке по передним поверхностям (в случае $\gamma=0$) форма режущих кромок зубьев такой фрезы сохраняется неизменной. Благодаря этому оказывается возможным одни и те же детали обрабатывать как новой, так и переточенной фрезой.

Фасонные фрезы с острозаточенными зубьями, в отличие от затылованных фрез, затачиваются по задней поверхности. Для обеспечения фасонного профиля режущих кромок при заточке такой фрезы применяют специальные приспособления.

Дисковые модульные фрезы являются наиболее распространённой разновидностью фасонных фрез. Данный тип инструментов предназначен для изготовления зубчатых колёс на горизонтально-фрезерных станках. Заготовка устанавливается в делительную головку на рабочем столе станка и происходит поочерёдное изготовление впадин между зубьями зубчатого колеса. Профиль зуба дисковой модульной фрез представляет собой профиль впадины между зубьями изготавливаемого колеса. Для

изготовления каждого зубчатого колеса с определённым модулем и числом зубьев необходима специальная модульная фреза.

Однониточные и многониточные резьбовые фрезы применяются на специальных резьбофрезерных станках для производительно и высокоточного изготовления внутренних и наружных резьб. Профиль зуба однониточной фрезы соответствует профилю нитки изготавливаемой резьбы (треугольной, прямоугольной, трапецеидальной и др.). Многониточная резьбовая фреза представляет собой прямозубую цилиндрическую фрезу, на задней поверхности которой нарезана резьба. На данной фрезе имеется заборный конус (как на метчике), для распределения общей глубины резания на несколько витков.

Червячные модульные фрезы предназначены для высокопроизводительного изготовления зубчатых колёс на зубофрезерных станках. На зубьях таких фрез нарезана винтовая канавка (как на червяке) с профилем зубчатой рейки. Зубья фрезы заточены.

Торцовое фрезерование характеризуется тем, что ось вращения фрезы перпендикулярна обрабатываемой поверхности заготовки. В связи с этим торцовые фрезы являются двухсторонними, т.е. имеют зубья на цилиндрической поверхности и торце. Некоторые конструкции торцовых фрез являются трёхсторонними (т.е. имеют заточенные зубья на цилиндрической части и на обоих торцах). Главными режущими кромками, которые выполняют основную работу, являются кромки, расположенные на цилиндре, а торцовые кромки являются вспомогательными. Торцовые фрезы используются на вертикально-фрезерных станках и обеспечивают большую производительность, чем цилиндрические. По способу закрепления и ряду конструктивных особенностей торцовые фрезы разделяются на насадные, хвостовые и концевые.

Насадные фрезы имеют сквозное ступенчатое отверстие для закрепления на шпинделе (рис. 5.9). На верхнем нерабочем торце насадных фрез выполняется продольный паз для предотвращения их проворачивания. Данные фрезы изготавливаются цельными из быстрорежущих сталей, со вставными ножами или припаянными пластинками, со сменными многогранными пластинами.

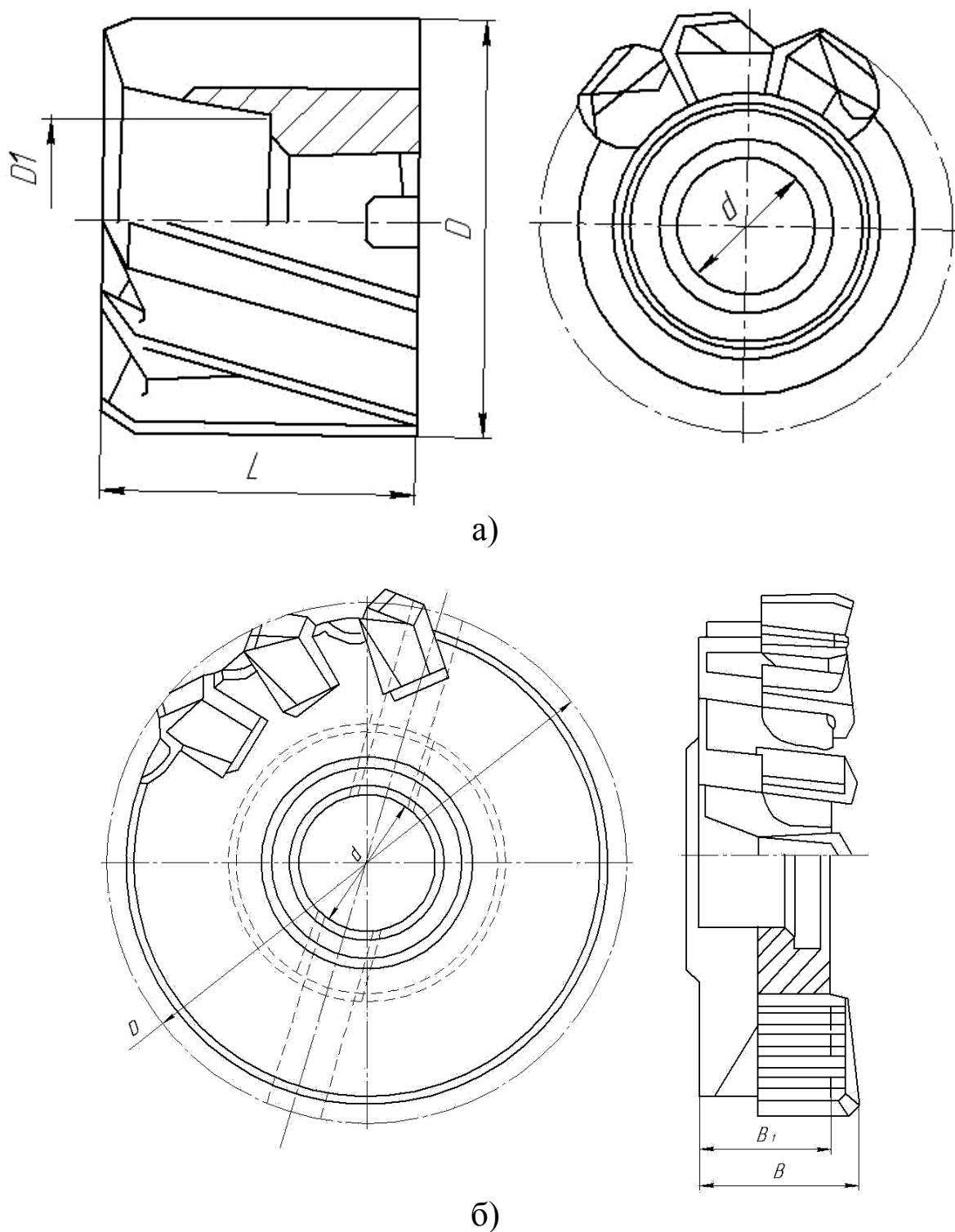


Рис. 5.9. Торцовые насадные фрезы торцовые: *а* – цельная из быстрорежущей стали; *б* – со вставными ножами

Торцовые насадные фрезы диаметром от 40 до 100 мм выполняются цельными. Фрезы диаметром свыше 100 мм выполняются сборными. Ножи, напаянные и сменные пластины изготавливаются из быстрорежущих сталей и твёрдых сплавов.

Торцовые хвостовые фрезы снабжены коническим хвостовиком с внутренней резьбой под шпильку для закрепления на шпинделях станков. Они представляют собой корпус с коническим хвостовиком и сменными неперетачиваемыми пластинами из быстрорежущих сталей или твёрдых сплавов (рис. 5.10).

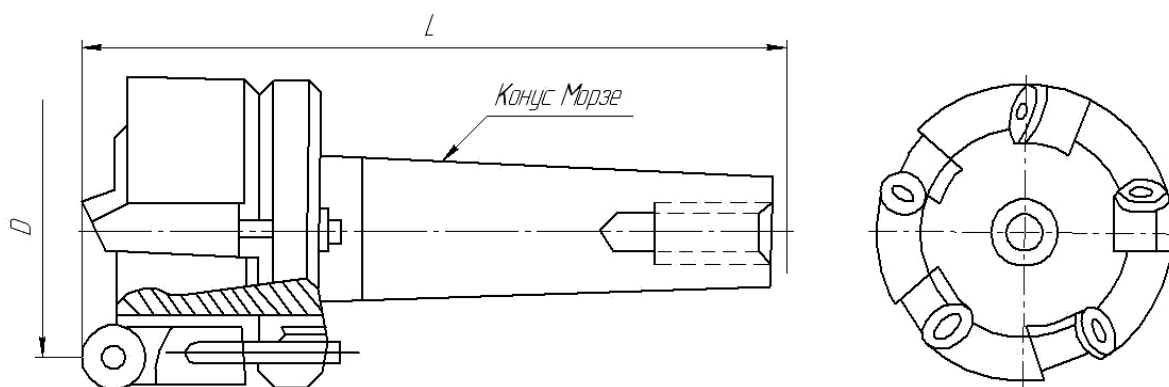


Рис. 5.10. Торцовая насадная фреза со сменными пластинами круглой формы

Торцовые насадные и хвостовые фрезы предназначены для обработки широких плоскостей и уступов.

Концевые фрезы предназначены (подобно дисковым цилиндрическим фрезам) для изготовления малогабаритных пазов, уступов и канавок. Данные фрезы, ввиду малого диаметра, имеют конические, либо цилиндрические хвостовики для закрепления на шпинделях станков (рис. 5.11).

Главные режущие кромки зубьев концевых фрез расположены на цилиндрической части, а вспомогательные – на торце. Для упрочнения зуба фрезы между главной и вспомогательной режущими кромками выполняется переходная режущая кромка (когда это допускается конструкцией обрабатываемой детали). Обычно концевые фрезы проектируются с винтовыми зубьями с углом ω до 30–45°. Концевые фрезы изготавливаются цельными из быстрорежущей стали или оснащаются твердосплавными пластинами (могут быть с монолитными твердосплавными коронками).

Шпоночные фрезы представляют собой одну из разновидностей концевых фрез. Они предназначены для обработки шпоночных пазов (рис. 5.12).

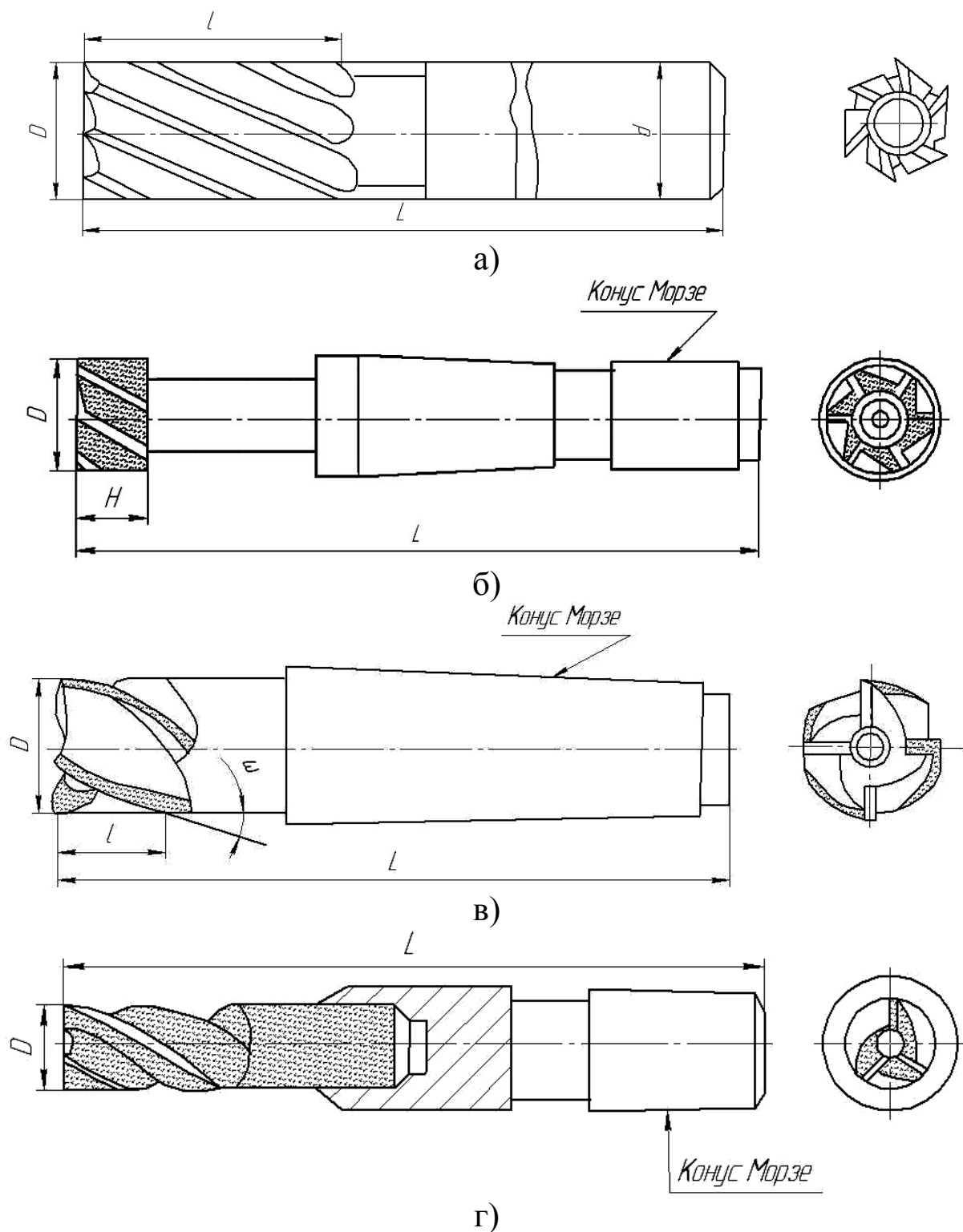


Рис. 5.11. Концевые фрезы: *а* – цельная с цилиндрическим хвостовиком; *б* – для изготовления т-образных пазов; *в* – с винтовыми напаянными пластинами; *г* – с монокристаллической твердосплавной коронкой

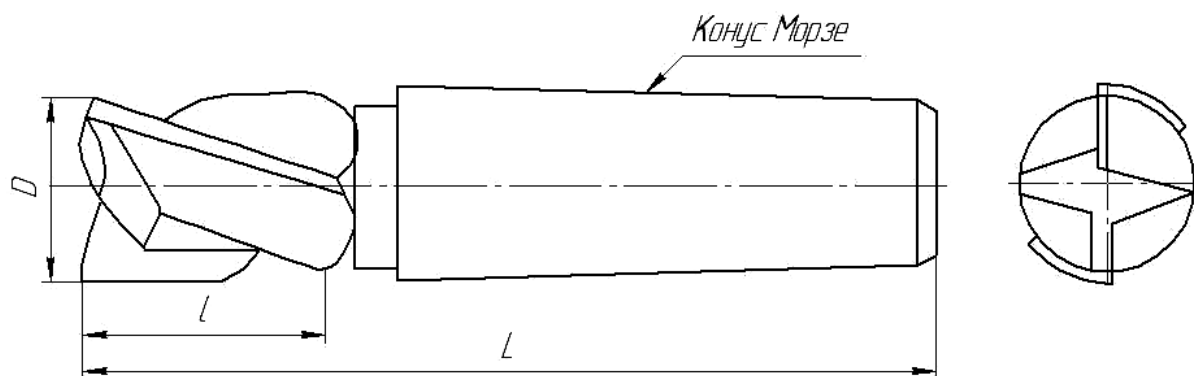


Рис. 5.12. Шпоночная фреза

Шпоночные фрезы, подобно свёрлам, входят в материал до нужной глубины, а затем движутся вдоль канавки. Эти фрезы применяются на вертикально-фрезерных станках или на станках с маятниковой подачей при изготовлении шпоночных и других мерных пазов. Шпоночные фрезы снабжены достаточно массивными торцевыми зубьями. Поэтому почти вся обработка возложена на торцевые зубья, которые подвергаются переточке после износа. Благодаря этому, размер цилиндрической части фрезы остается почти неизменным. Стандартные фрезы изготавливают с прямыми и винтовыми зубьями с углом наклона $12-15^\circ$. Для упрочнения зубьев и увеличения пространства для перемещения стружки принято минимальное количество зубьев (два, три). Диаметально расположенные зубья обеспечивают хорошее центрирование фрезы, что способствует получению шпоночного паза в пределах допуска.

6. ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ПРИ ПРОТЯГИВАНИИ, КОНСТРУКЦИИ ПРОТЯЖЕК

Протягивание представляет собой вид обработки резанием, связанный с применением специальных инструментов – протяжек. Протягиванием получают следующие поверхности:

- горизонтальные и вертикальные плоскости;
- наружные фасонные канавки линейного вида;
- внутренние поверхности (отверстия) фасонного профиля.

Примеры фасонных профилей, получаемых протягиванием, приведены на рис. 6.1.

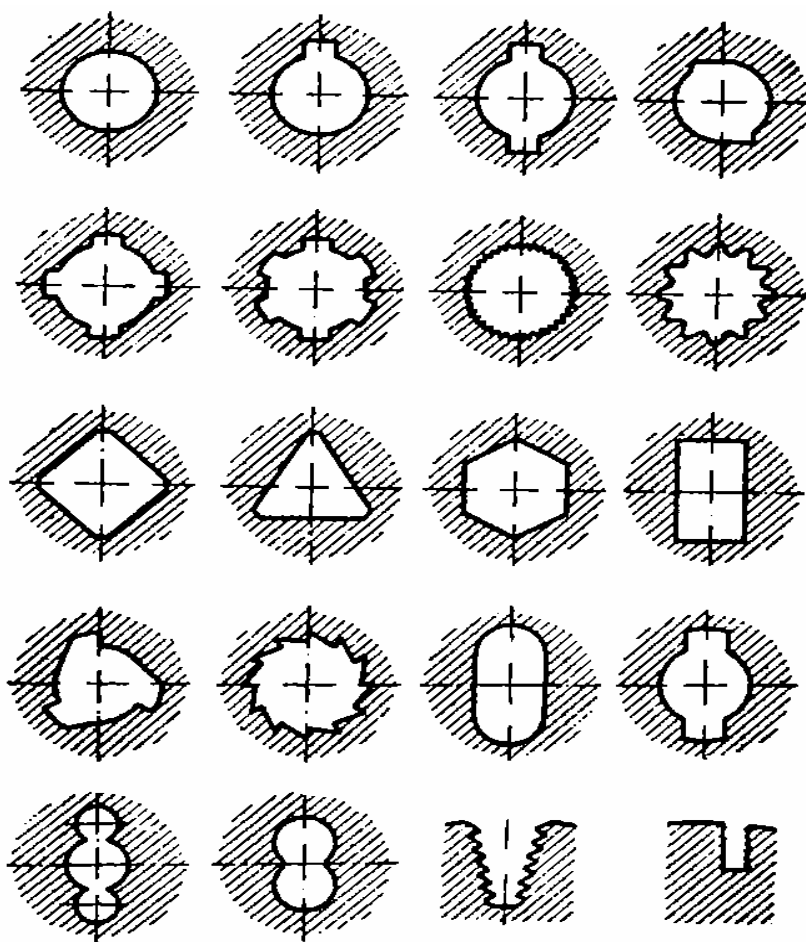


Рис. 6.1. Фасонные профили, получаемые протягиванием

Протяжка – это многозубый инструмент, каждый последующий зуб которого имеет больший размер на величину глубины резания (подъёма на зуб) по сравнению с предыдущим зубом и может иметь другую форму. Зуб протяжки срезает свой слой

материала, а после работы всех зубьев припуск полностью удаляется и формируется готовая поверхность (рис. 6.2).

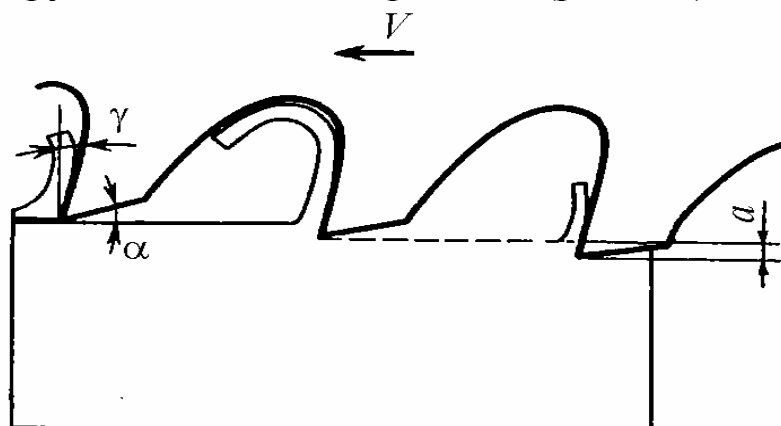


Рис. 6.2. Схема резания зубьев протяжки

Главное движение (движение резания V) при протягивании – это прямолинейное поступательное перемещение инструмента (прямая схема резания) или заготовки (обратная схема резания). Полное срезание припуска обеспечивается конструкцией инструмента, поэтому движение подачи отсутствует.

Кроме того, существуют специальные схемы протягивания: круговое протягивание, внутреннее винтовое протягивание и др.

При круговом протягивании (рис. 6.3) движение резания осуществляется путём вращения круговой протяжки (напоминает дисковую фрезу, у которой каждый следующий зуб выше предыдущего), а заготовке может сообщаться дополнительное движение подачи S . Круговое протягивание применяется для изготовления зубчатых колёс.

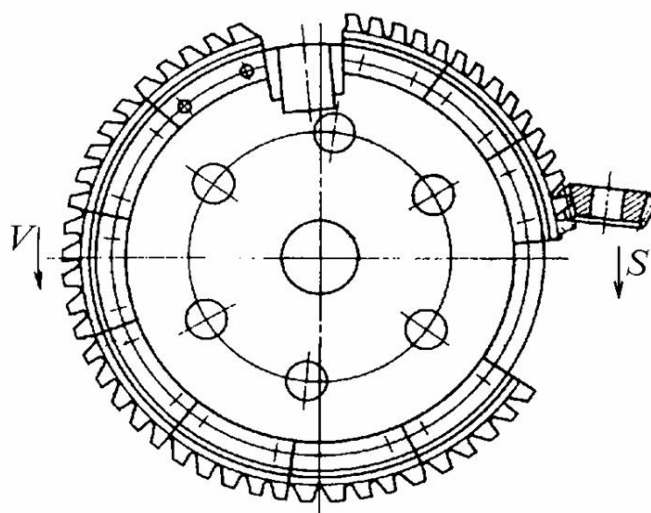


Рис. 6.2. Схема кругового протягивания

При внутреннем винтовом протягивании прямолинейное движение протяжки специальной конструкции совмещается с её медленным вращением. Таким способом получают сложные фасонные поверхности в отверстиях (например, винтовые нарезки в стволах огнестрельного оружия и артиллерийских орудий)

Достоинства протягивания:

- высокая производительность, обуславливаемая тем, что припуск снимается одновременно несколькими зубьями, а готовая поверхность получается за один проход инструмента (производительность при протягивании в 3-12 раз выше, чем при других видах обработки);

- возможность обработки поверхностей сложной формы;

- высокая точность и низкая шероховатость обработанных поверхностей благодаря наличию черновых, чистовых, калибрующих, а в некоторых конструкциях протяжек еще и выглаживающих зубьев. Протягивание может заменить фрезерование, строгание, зенкерование, развертывание, а иногда и шлифование;

- высокая стойкость инструмента, исчисляемая несколькими тысячами деталей и достигаемая благодаря оптимальным условиям резания и большим резервам на переточку;

- простота конструкции станков, которые не имеют коробок подач, а движение резания осуществляется чаще всего с помощью силовых гидроцилиндров;

- простота осуществления операции, что не требует высокой квалификации станочника;

Недостатки протягивания:

- каждая протяжка предназначена для обработки строго определенной поверхности, с конкретными размерами, фиксированной максимальной длиной протягивания и материалом заготовки;

- протяжки являются дорогими, сложными в изготовлении и переточке инструментами.

Применять протягивание экономически выгодно в крупносерийном и массовом типах производства. При обработке стандартизованных поверхностей (шпоночные пазы, шлицевые отверстия и т. п.) допустимо применение протягивания в серийном и мелкосерийном производстве. Протягивание применяется как

чистовая или окончательная операция обработки с точность размеров по 7-8 квалитетам и шероховатостью $Ra = 1,2 \div 6,3$ мкм.

По виду обрабатываемых поверхностей протягивание подразделяется на внутреннее (для обработки отверстий) и наружное (для обработки наружных поверхностей). Эти разновидности протягивания сильно отличаются по конструкции протяжных инструментов и применяемого оборудования.

Внутреннее протягивание отличается тем, что в заготовке предварительно выполняется сквозное цилиндрическое отверстие, через которое проходит протяжка при работе. Это отверстие также центрирует инструмент при установке и влияет на точность готовой поверхности. Диаметр и точность предварительно-го отверстия согласуется с параметрами протяжки.

По способу приложения усилия инструменты для внутреннего протягивания делятся на протяжки и прошивки (рис. 6.3).

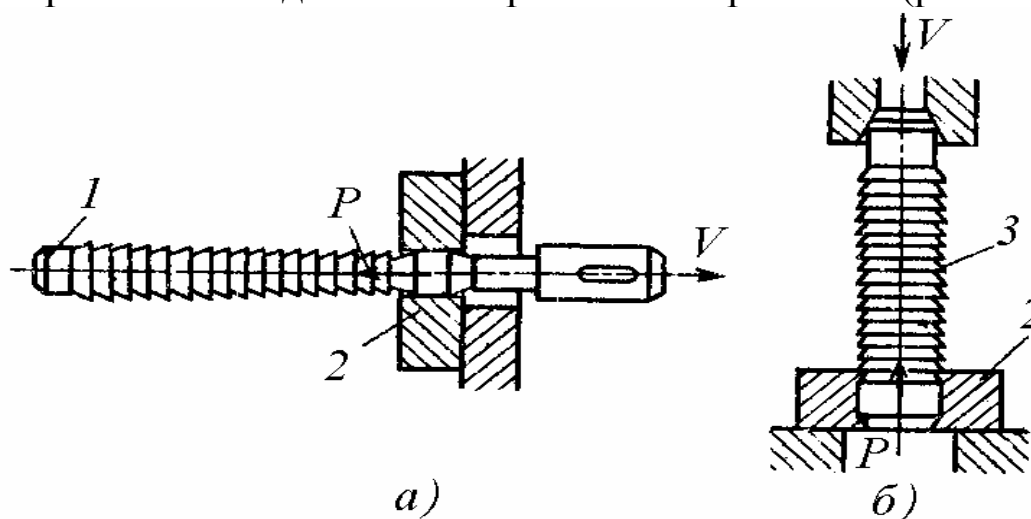


Рис. 6.3. Схемы работы внутренних протяжных инструментов:
а – протяжек; б – прошивок

Протяжка 1 (рис. 6.3, а) вставляется, а затем протягивается через заготовку 2 и имеет растягивающую нагрузку. Прошивка (рис. 6.3, б) проталкивается через предварительно просверленное отверстие и работает на сжатие. По конструкции прошивка несколько проще протяжки, но применяется только для обработки коротких поверхностей. Чрезмерно длинные прошивки при приложении сжимающей нагрузки могут деформироваться поперек своей оси и портить обрабатываемую поверхность заготовки.

Из всех разновидностей внутренних протяжек наиболее часто (до 60% операций протягивания) применяются протяжки для обработки круглых отверстий (рис. 6.4). Круглые протяжки состоят из следующих основных частей: 1 – хвостовика, 2 – шейки, 3 – передней направляющей, 4 – режущей части, 5 – калибрующей части, 6 – задней направляющей, 7 – заднего хвостовика.

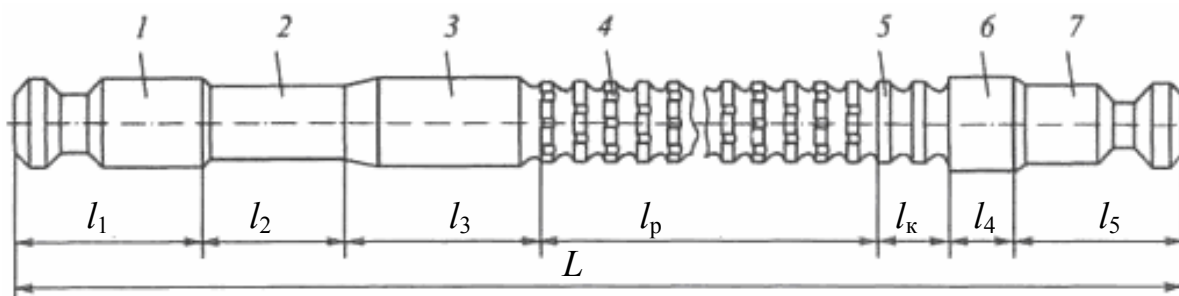


Рис. 6.4. Конструкция круглой протяжки

Хвостовик 1 служит для присоединения протяжки к патрону станка. Основные типы и размеры хвостовиков стандартизованы (ГОСТ 4044). При этом диаметр хвостовика должен быть меньше диаметра отверстия под протягивание на 1...2 мм.

Шейка 2 и следующий за ней переходный конус выполняют вспомогательную роль. Их длина должна обеспечивать возможность присоединения протяжки к патрону перед началом протягивания. Переходный конус обеспечивает свободное вхождение передней направляющей в протягиваемое отверстие. Диаметр шейки меньше диаметра хвостовика на 0,3...1,0 мм.

Передняя направляющая часть 3 служит для центрирования оси заготовки относительно оси протяжки перед протягиванием, чтобы исключить появление перекоса заготовки, который может привести к поломке протяжки или порче обработанной поверхности. Форма передней направляющей должна соответствовать форме отверстия в заготовке.

Задняя направляющая часть 6 выполняет ту же роль, что и передняя, предохраняя протяжку от перекоса при выходе ее калибрующей части из обработанного отверстия. По длине она несколько меньше длины передней направляющей, а ее форма должна быть такой же, как у протянутого отверстия.

Для возврата протяжки в исходное положение после протягивания, особенно при большой длине и диаметре протяжки, после задней направляющей иногда предусматривается задний хвостовик 7, закрепляемый в патроне каретки станка и по форме подобный переднему хвостовику. Наличие заднего хвостовика также предохраняет протяжку от провисания и перекоса в отверстии и позволяет избежать искажения его формы и размеров.

Режущая (рабочая) часть 4 протяжки служит для удаления припуска и формирования поверхности протянутого отверстия. Она содержит черновые и чистовые, а при групповой схеме резания еще и переходные зубья, располагаемые на ступенчато-конической поверхности. Длина режущей части равна произведению числа зубьев на их шаг, который, в свою очередь, зависит от требований к точности протягиваемого отверстия, шероховатости его поверхности, величины снимаемого припуска и длины протягивания. Диаметры зубьев рассчитывают исходя из принятой схемы резания.

Калибрующая часть 5 содержит 4...10 зубьев одинакового диаметра, равного диаметру последнего чистового зуба, и служит для калибровки отверстия, уменьшения разброса его размеров, а также является запасом на переточку: по мере износа чистовых зубьев калибрующие зубья путём заточки могут быть переведены в чистовые, тем самым увеличивая срок службы протяжки.

Калибрующие зубья припуск не срезают, а удаляют микронеровности поверхности, остающиеся после прохода чистовых зубьев, и обеспечивают центрирование протяжки в отверстии.

Конструкция режущей части протяжки определяется принятой схемой резания, под которой понимают порядок последовательного срезания припуска.

Известны следующие схемы резания при протягивании (рис. 6.5): *a* – одинарная; *b* – групповая; *в* – профильная; *г* – генераторная; *д* – комбинированная.

Одинарная схема резания характерна тем, что каждый зуб протяжки срезает припуск определенной толщины по всему периметру обрабатываемого отверстия за счет того, что диаметр каждого последующего зуба больше диаметра предыдущего на величину $2 S_z$, где S_z – подъем или подача на зуб.

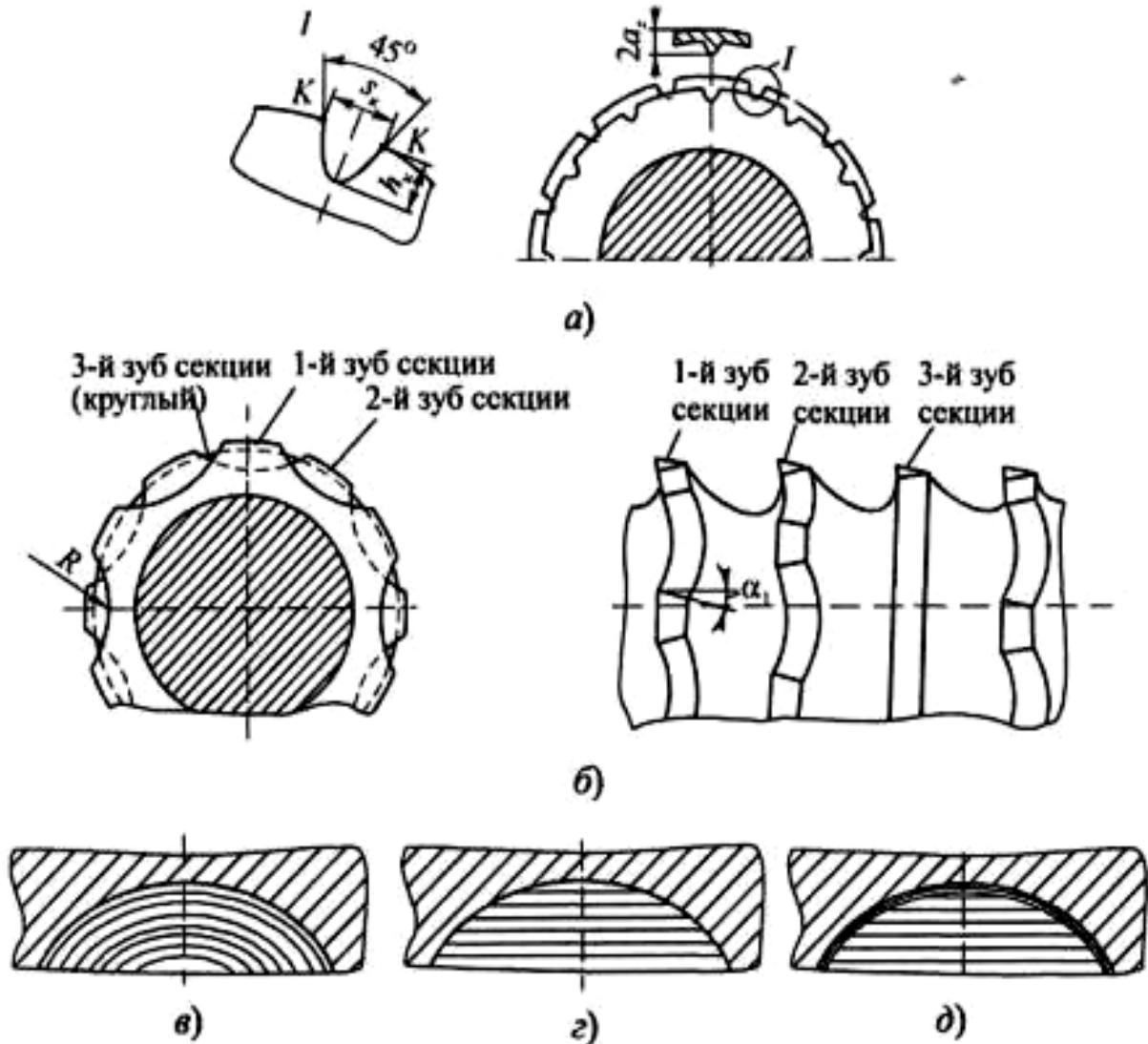


Рис. 6.5. Схемы резания, применяемые при протягивании:
a – одинарная; *б* – групповая; *в* – профильная; *г* – генераторная;
д – комбинированная.

Так как кольцевая стружка недопустима, из-за трудности удаления из стружечных канавок, то для её деления на режущих кромках делают стружкоделительные канавки V-образной формы (рис. 6.5, *a*), которые располагают в шахматном порядке при переходе от одного зуба к другому. Стружкоделительные канавки прорезают шлифовальным кругом при небольшом ($2...3^\circ$) поднятии заднего центра протяжки для создания заднего угла по дну канавки. При этом ослабляются режущие кромки зубьев в точках «К» пересечения канавок с задней поверхностью. Это приводит к более интенсивному износу зубьев на этих участках и, соответственно, к снижению стойкости протяжки.

Схема группового резания (рис. 6.5, б) отличается от вышеописанной тем, что все режущие зубья делятся на группы или секции, состоящие из 2...5 зубьев, в пределах которых зубья имеют одинаковый диаметр. Припуск по толщине делится между группами зубьев, а по ширине – между зубьями группы, благодаря широкому выкружкам, выполненным в шахматном порядке. Каждый зуб снимает отдельные части припуска участками режущей кромки, где нет выкружек. При этом благодаря большой ширине выкружек снимаемая стружка не имеет ребер жесткости, хорошо скручивается в канавках между зубьями, даже при увеличении толщины среза.

При профильной схеме (рис. 6.5, в) контур всех режущих кромок подобен профилю протягиваемого отверстия. При этом в окончательном формировании обработанной поверхности принимают участие только последние зубья, а остальные служат для удаления припуска. При сложной форме отверстий использование такой схемы нецелесообразно, так как усложняет изготовление протяжки. Профильная схема в основном применяется при формировании простых по форме поверхностей, например, круглых или плоских.

При использовании генераторной схемы (рис. 6.5, г) форма режущих кромок не совпадает с формой обработанной поверхности, которая формируется последовательно всеми зубьями. В этом случае упрощается изготовление протяжки путем шлифования на проход всех зубьев абразивным кругом одного профиля. Однако при этом на обработанной поверхности возможно появление рисок (ступенек) вследствие погрешностей заточки зубьев, что ухудшает качество обработанной поверхности.

При высоких требованиях к шероховатости обработанной поверхности рекомендуется использовать комбинированную схему (рис. 2, д), при которой два-три последних режущих и калибрующие зубья работают по профильной, а остальные – по генераторной схеме.

Форма, размеры, геометрические параметры зубьев и стружечных канавок, проверочные расчеты при проектировании круглых протяжек, а также работоспособность протяжки во многом зависит от выбранной формы зубьев и размеров стружечных

канавок. Зубья протяжки должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- обеспечивать возможно большее количество переточек;
- иметь определенный запас прочности и тем самым противостоять действующим на него силам;
- иметь геометрию, при которой обеспечивается наибольшая стойкость протяжки;
- форма и размеры стружечной канавки должны обеспечивать завивание стружки в плотный виток, а объем канавки должен быть достаточным для свободного размещения стружки, срезаемой за время контакта зуба с заготовкой.

Увеличение размеров зубьев и стружечных канавок ограничивается допустимыми значениями длины протяжки и ее прочностью. Процесс круглого протягивания осуществляется на специальных горизонтальных или вертикальных протяжных станках.

Каждый зуб протяжки срезает припуск определенной толщины по всему периметру обрабатываемого отверстия за счет того, что диаметр каждого последующего зуба больше диаметра предыдущего на величину S_z , где S_z – подъем или подача на зуб.

На рис. 6.6 показаны профили зубьев и стружечных канавок, нашедшие наибольшее применение на практике: с прямолинейной спинкой (а), с криволинейной спинкой (б), с канавкой удлиненной формы (в).

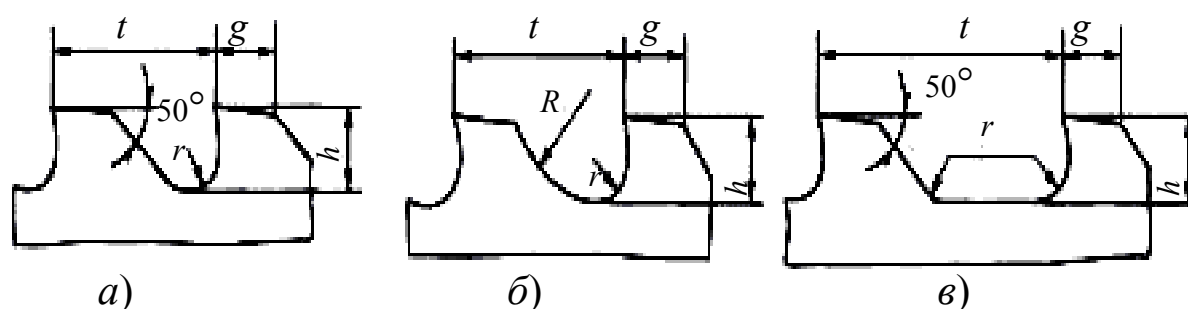


Рис. 6.6. Профиль режущих зубьев и стружечных канавок протяжек: а – с прямолинейной спинкой; б – с криволинейной спинкой; в – с канавкой удлиненной формы

Зубья с прямолинейной спинкой проще в изготовлении, но с точки зрения условий завивания и размещения стружки уступают форме с криволинейной спинкой. Они используются в основном

у протяжек с одинарной схемой резания при обработке сталей и хрупких материалов (чугун, бронза и др.).

При обработке сталей и других пластичных материалов протяжками с групповой схемой резания, когда снимаются толстые стружки, рекомендуется использовать зубья с криволинейной спинкой, плавно сопрягающейся с передней поверхностью зуба.

Основные размеры зубьев и стружечных канавок с прямой и криволинейной спинками ориентировочно можно определить по следующим соотношениям:

$$h = (0,35 \dots 0,40)t; \quad r = (0,50 \dots 0,55)h; \quad g = (0,30 \dots 0,35)t;$$

$$R = (0,65 - 0,80)t,$$

а для стружечных канавок удлиненной формы:

$$h = (0,15 \dots 0,20)d; \quad r = 0,5h; \quad g = (1,5 \dots 1,6)\sqrt[3]{d},$$

где h – глубина канавки;

t – шаг зубьев;

g – длина задней грани зуба;

r и R – радиусы закруглений;

d – диаметр протяжки.

Значение h уточняется при проверке канавок на помещаемость стружки. Поверхности канавок рекомендуется полировать в целях улучшения завивания стружки и легкого освобождения от нее после прекращения процесса резания.

На рис. 6.7 представлена геометрия режущих зубьев круглой протяжки.

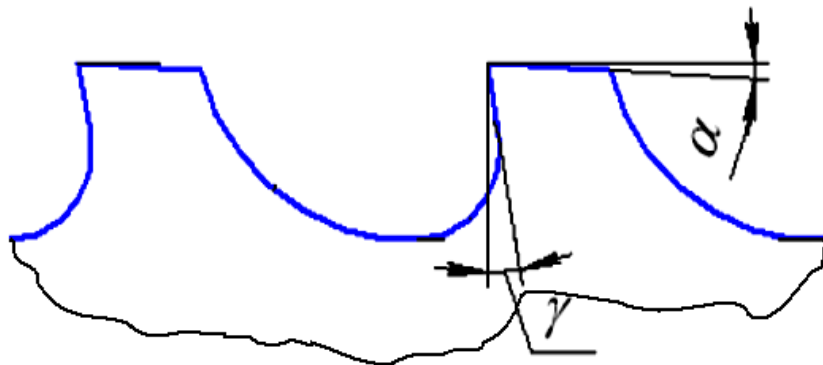


Рис. 6.7. Геометрия режущих зубьев круглой протяжки

Передний угол γ выбирается по рекомендациям в зависимости от обрабатываемого материала. Так, для сталей разных групп обрабатываемости $\gamma = 10 \dots 20^\circ$, для чугунов разной твердости

$\gamma = 4...10^\circ$, для алюминия и меди $\gamma = 12...15^\circ$. Зубья внутренних протяжек перетачиваются только по передней поверхности и при переточке их диаметр уменьшается. В связи с этим, на черновых зубьях задний угол $\alpha = 3^\circ$, на чистовых $\alpha = 2^\circ$, а на калибрующих $\alpha = 0...1^\circ$. Эти значения задних углов значительно меньше оптимальных, в результате чего снижается стойкость инструмента. Однако увеличивать их нельзя, так как это привело бы к быстрой потере размера протяжки при переточках.

Наружное протягивание предназначено для изготовления наружных фасонных поверхностей и отличается тем, что инструмент (рис 6.8) состоит из корпуса 1, к которому механическим способом крепятся секции с зубьями 2.

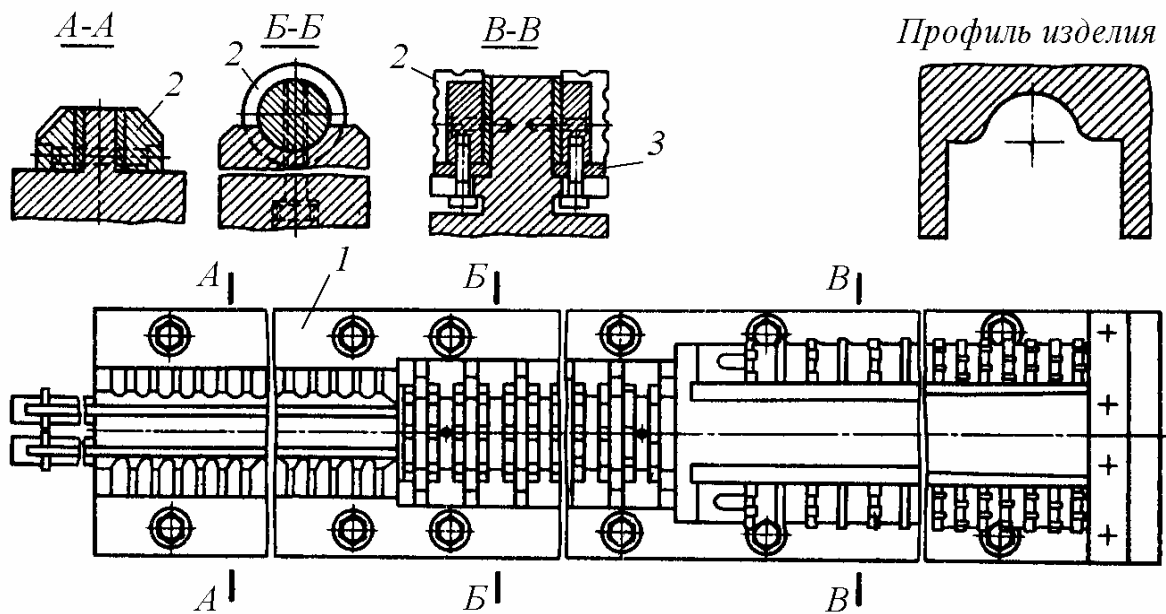


Рис. 6.8. Конструкция наружной протяжки

Такая конструкция усложняет и удорожает инструмент, но при поломке зуба возможно заменить одну секцию, что существенно дешевле замены протяжки целиком. Присоединительная (противоположная относительно секций) сторона корпуса имеет элементы для крепления протяжки на станке.

В зависимости от вида обрабатываемой поверхности применяются две основные схемы расположения секций:

– для сложных поверхностей каждая секция обрабатывает ее часть и несет на себе все виды зубьев (режущих и калибрующих);

– для простых поверхностей первые секции несут режущие зубья (черновые, получистовые и чистовые), а последняя секция только калибрующие зубья.

В отличие от внутренней протяжки, у наружной положение секций относительно корпуса возможно регулировать в небольших пределах путем изменения толщины подкладок 3. Такая регулировка размера протяжки позволяет сохранить точность обработки в разных условиях эксплуатации.

Зуб наружной протяжки имеет только главный режущий клин (рис. 6.9), в который входят передняя поверхность (ПП), главная задняя поверхность (ГЗП) и главная режущая кромка (ГРК). В главном сечении зуба рассматриваются: передний угол γ , главный задний угол α , угол заострения β и угол резания δ . В плане зуб может иметь угол наклона главной режущей кромки λ .

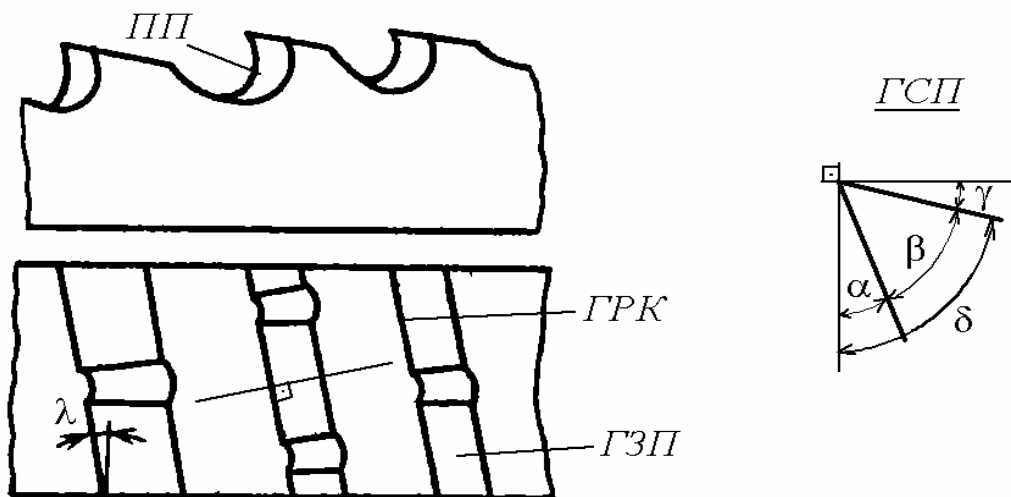


Рис. 6.9. Геометрия зубьев наружных протяжек

Угол λ выбирается в пределах $10-15^\circ$ и выполняется на зубьях наружных протяжек для плавной работы и отвода стружки в нужную сторону. В большинстве случаев протяжки изготавливаются из быстрорежущих сталей типа Р12, Р6М5, Р6МЗК5 и др. При обработке легких сплавов допускается применение легированных инструментальных сталей (9ХС, ХВГ, ХВСГ). Существуют также конструкции протяжек с применением твердых сплавов. Твердосплавные режущие элементы крепятся на корпусе протяжек пайкой или механическим способом.

7. ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ПРИ РЕЗЬБОНАРЕЗАНИИ, КОНСТРУКЦИИ МЕТЧИКОВ И ПЛАШЕК

Резьбовые разъемные соединения находят широкое применение в машиностроении. Основными деталями резьбового соединения являются винт и гайка.

Чаще всего применяют метрическую треугольную резьбу (рис. 7.1, *а*), которую обычно называют крепежной и используют для крепежных деталей: болтов, винтов, шпилек, гаек.

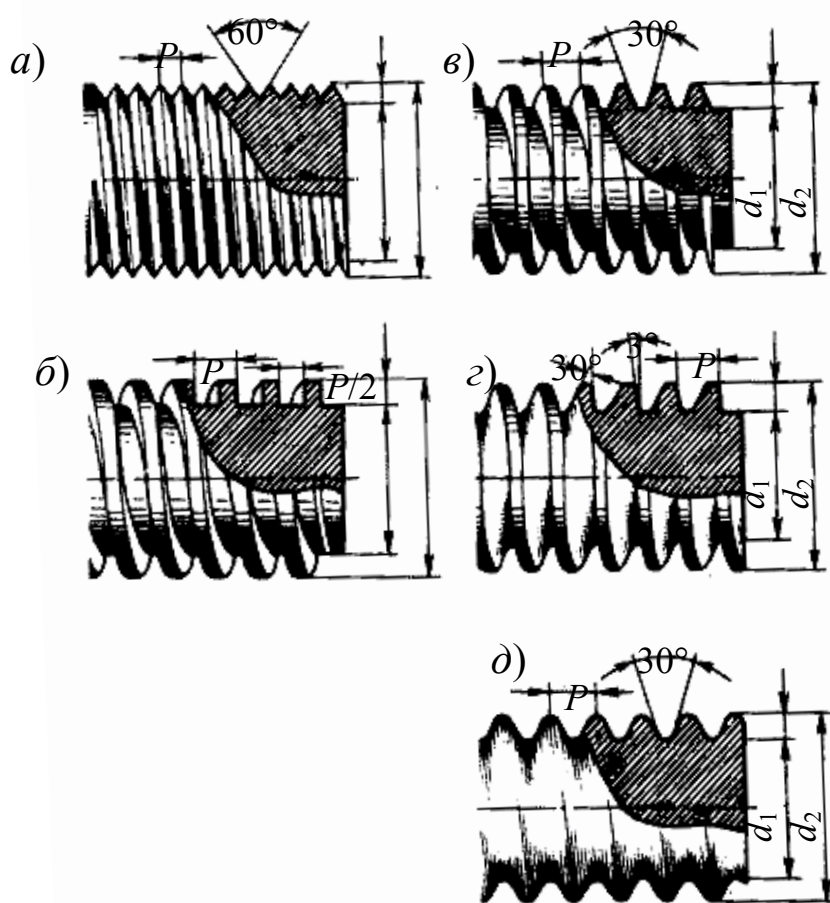


Рис. 7.1. Профили и элементы резьб: *а* – треугольной метрической; *б* – прямоугольной; *в* – трапецеидальной; *г* – неравнобокой трапецеидальной (упорной); *д* – круглой

Помимо треугольной резьбы бывают резьбы с прямоугольным, трапецеидальным, круглым профилями и профилем в виде неравнобокой трапеции – упорной резьбы. Данные типы резьб

обладают повышенной прочностью и применяются как в неподвижных соединениях, так и для передачи движения, например, в механизмах металлорежущих станков.

Резьбы бывают правые и левые. У правых резьб винтовая линия поднимается слева направо (закручивание винта или гайки происходит по ходу часовой стрелки). У левых резьб – в противоположном направлении. Левые резьбы применяют на массивных вращающихся механизмах с большими моментами инерции для предотвращения раскручивания резьбовых соединений. Так, например, на одном из концов любого шпинделя резьба всегда выполняется правой, а на противоположной – левой, таким образом, чтобы направление вращения шпинделя было противоположно направлению закручивания в резьбовых соединениях.

Винтовой выступ резьбы, получившийся после одного полного оборота обрабатываемой ее фигуры, называется витком (ниткой). Профилем резьбы называется сечение ее витка плоскостью, проходящей через ось цилиндра, на котором образована резьба. Элементами профиля резьбы являются его боковые стороны, угол, вершина, впадина.

Углом профиля называется угол между боковыми сторонами витка, измеренный в диаметральной плоскости. Вершиной профиля называется линия, соединяющая боковые стороны его по верху витка. Впадиной профиля называется линия, образующая дно винтовой канавки. Очертания вершины и впадины могут быть плоскосрезанными или закругленными.

Шаг резьбы – это расстояние между двумя одноименными точками двух соседних витков (например, вершинами или впадинами), измеренное параллельно оси резьбы. Различают три диаметра резьбы: наружный, внутренний и средний.

Резьбы могут быть однозаходными и многозаходными (двухзаходными, трёхзаходными). Наиболее распространены однозаходные резьбы, профиль которых представляет собой одну независимую нитку вдоль всей резьбовой поверхности. Двухзаходная резьба представляет собой две независимые параллельные нитки с удвоенным шагом. Многозаходные резьбы применяются в быстро закрываемых вентилях и настроечных механизмах (например, настроечных винтах микроскопов, биноклей,

теодолитов и др.), где требуется значительное осевое перемещение за один оборот винта.

Нарезание резьбы может производиться резцами, метчиками, плашками, однониточными и гребёнчатыми резьбовыми фрезами, гребёнчатыми шлифовальными кругами. можно производить на станках и вручную.

Наиболее распространёнными резьбонарезными инструментами, которые, в отличие от других, могут использоваться как на станках, так и для ручной обработки, являются метчики и плашки. Для нарезания внутренней резьбы в отверстиях применяют метчики, а для нарезания наружной резьбы – плашки.

Метчик представляет собой винт с прорезанными прямыми или винтовыми стружечными канавками, образующими режущие кромки. Метчики по конструктивным особенностям и назначению делятся на:

- ручные: для нарезания метрической и трубной цилиндрической резьбы, изготавливаются комплектами из 2-х штук, праворежущими, из углеродистых сталей марок: У7, У10, У12;

- машинно-ручные: для нарезания метрической, трубной резьбы и дюймовой резьб, изготавливаются одинарными и комплектами из 2–3-х штук для сквозных и глухих отверстий, праворежущими и, иногда, с износостойкими покрытиями из нитрида титана; применяются на токарных и сверлильных станках, а также для нарезания резьб вручную.

- машинные: для нарезания резьбы в сквозных и глухих отверстиях (рис. 7.5);

- гаечные: для нарезания гаек с метрической и дюймовой резьбой, изготавливаются с короткими или длинными хвостовиками и бывают праворежущими и леворежущими (рис. 7.6).

Ручные и машинно-ручные метчики имеют рабочую часть и хвостовик с квадратом для воротка (рис. 7.2). Рабочая часть метчика имеет режущую часть (заборный конус) и калибрующую часть. Перо (зуб) метчика имеет форму клина с соответствующими углами: передним γ , полученным путем заточки передней поверхности канавки, и задним α , полученным путем заточки (затылования) по наружному диаметру режущей части, а также углом заострения (β). К геометрическим параметрам мет-

чика относятся также: 2φ – угол конуса заборной части; φ – угол заборного конуса, играющий роль угла в плане; λ – осевой угол подточки передней поверхности.

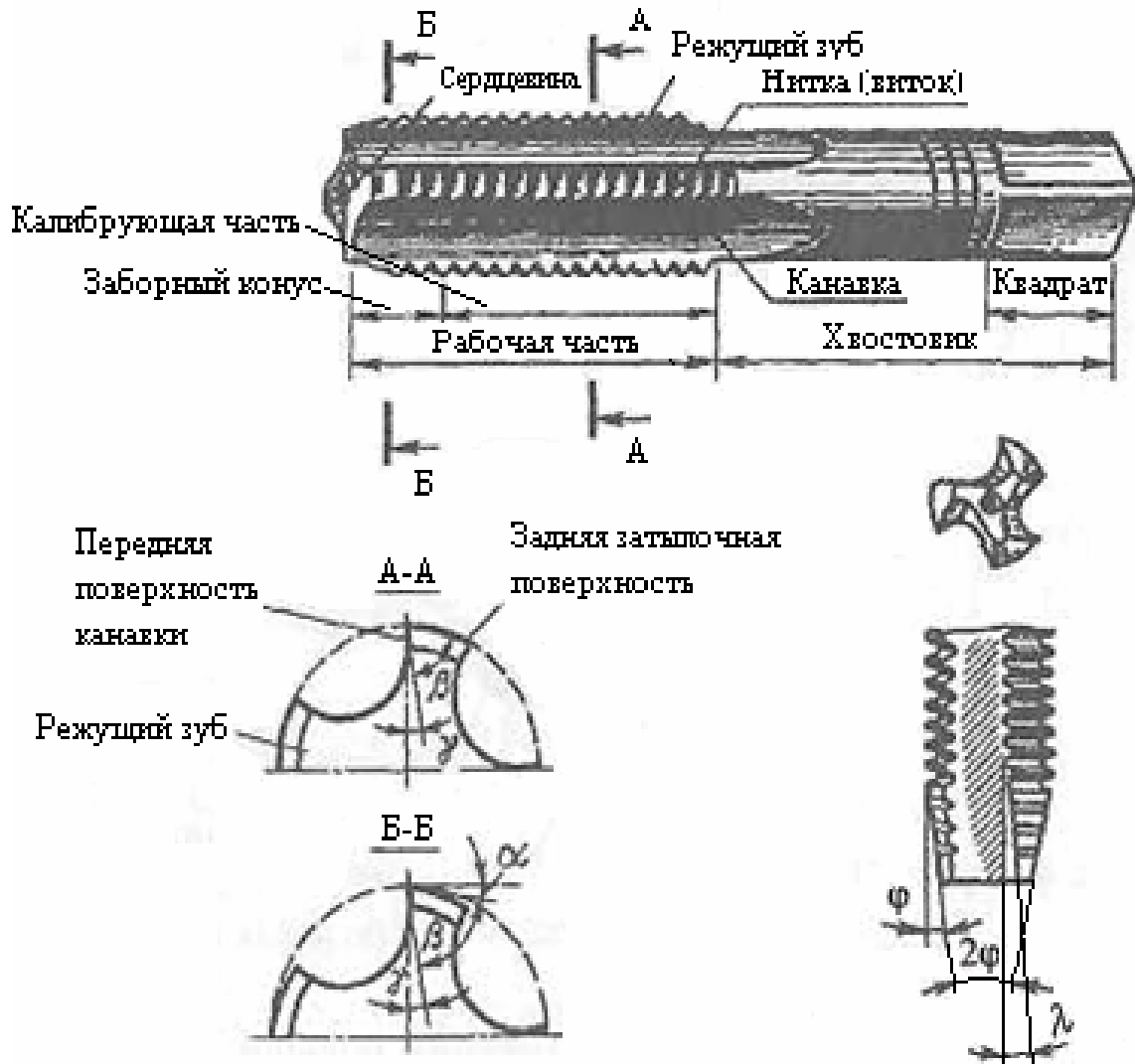


Рис. 7.2. Конструкция и геометрия ручных и машинно-ручных метчиков

Профиль резьбы метчика соответствует профилю нарезаемой резьбы. При нарезании крупных резьб часто используют комплекты из двух или трёх метчиков, отличающихся размерами заборного конуса, а на вязких материалах (титановых сплавах) используются комплекты даже из пяти метчиков.

Окончательный профиль резьбы имеет только чистовой метчик. Каждый ручной метчик в комплекте имеет на хвосте-

вике соответственно одну, две, три риски (кольца). В таком же порядке их используют для нарезания резьбы (рис. 7.3).

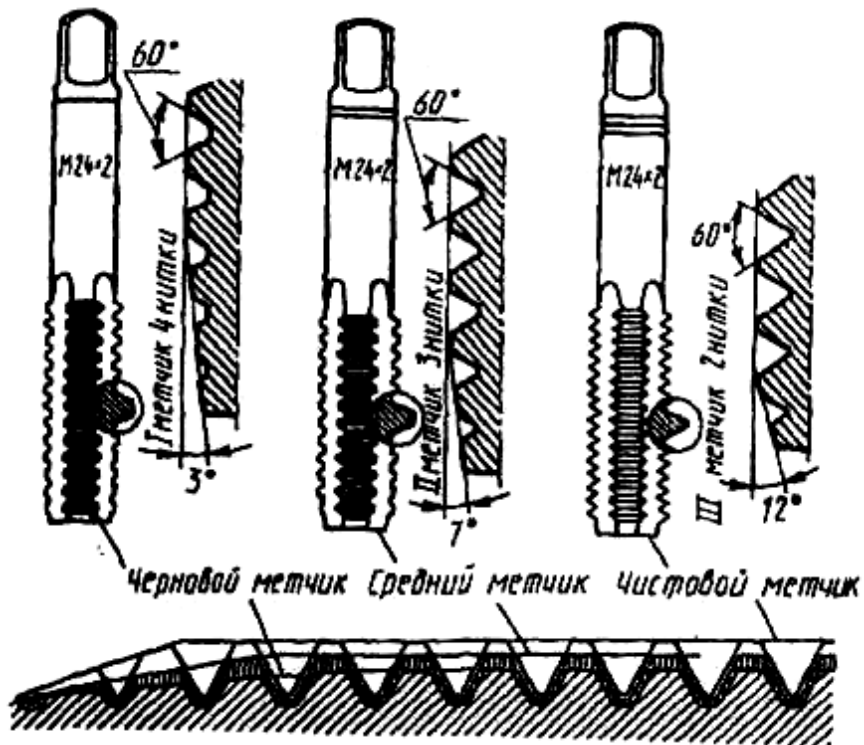


Рис. 7.3. Комплект ручных метчиков.

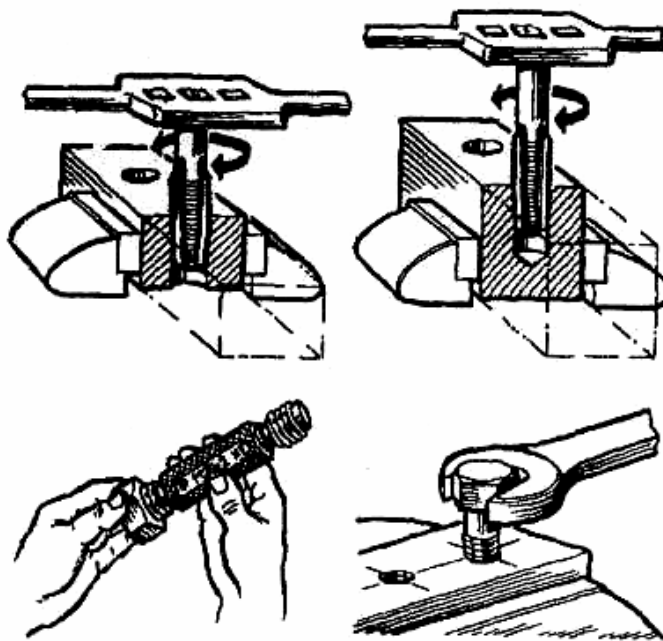


Рис. 7.4. Нарезание внутренней резьбы вручную и её контроль

При нарезании внутренних резьб большое значение имеет правильный выбор диаметра отверстия под резьбу. Если диаметр отверстия выполнен больше требуемого, то резьба не имеет полного профиля. При меньшем диаметре отверстия вход метчика в него затруднен, что ведет либо к срыву резьбы, либо к заклиниванию и поломке метчика. Диаметр сверла для изготовления отверстия под нарезание резьбы выбирают в соответствии с ГОСТ на резьбу и по специальным таблицам справочников.

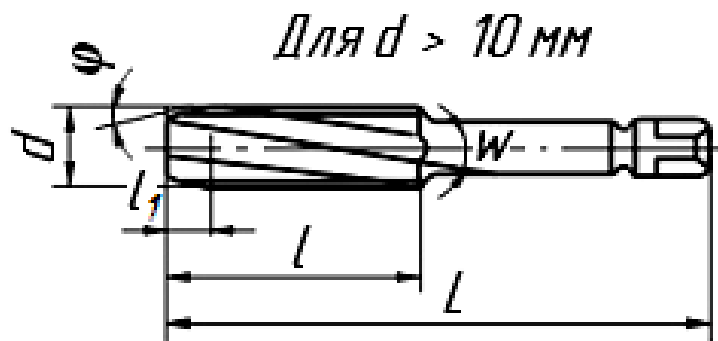


Рис. 7.5. Метчик машинный с винтовыми канавками из быстрорежущей стали (ГОСТ 17933)

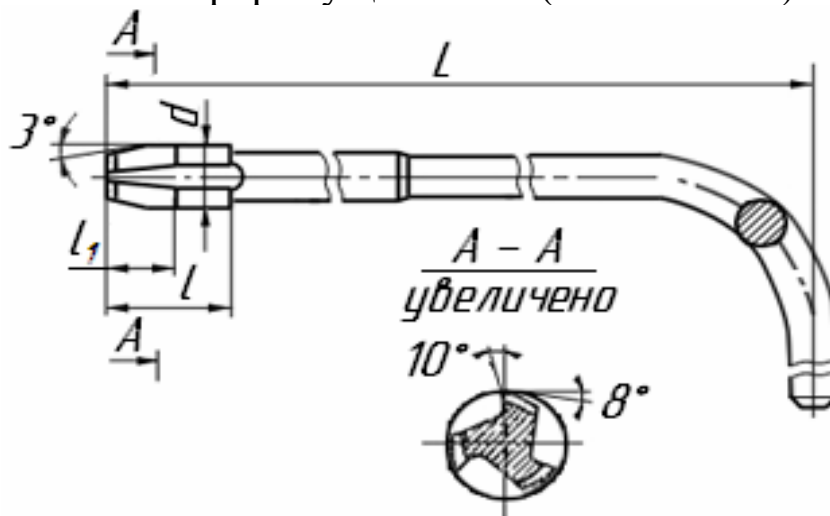


Рис. 7.6. Метчик гаечный с изогнутым хвостовиком из быстрорежущей стали (ГОСТ 6951)

Наружную резьбу нарезают плашками вручную и на станках. Наиболее распространены плашки для нарезания резьб диаметром до 52 мм. Плашка представляет собой инструмент с осевыми отверстиями (стружечными канавками), образующими режущие кромки. Как правило, на плашках делают 3–6 стружечных отверстий. Режущая часть плашек выполняют в виде внутреннего

конуса. Плашки изготавливают из легированных сталей (9ХС, ХВСГФ), быстрорежущих сталей (Р18, Р6М5, Р6М5К5, Р6М5К8) и из твёрдых сплавов. Существуют следующие разновидности плашек: круглые и раздвижные (призматические). Круглые плашки изготавливают цельными (рис. 7.7, а) и разрезными (рис. 7.7, б), которые имеют прорезь, позволяющую регулировать диаметр резьбы в пределах 0,1..0,15 мм.

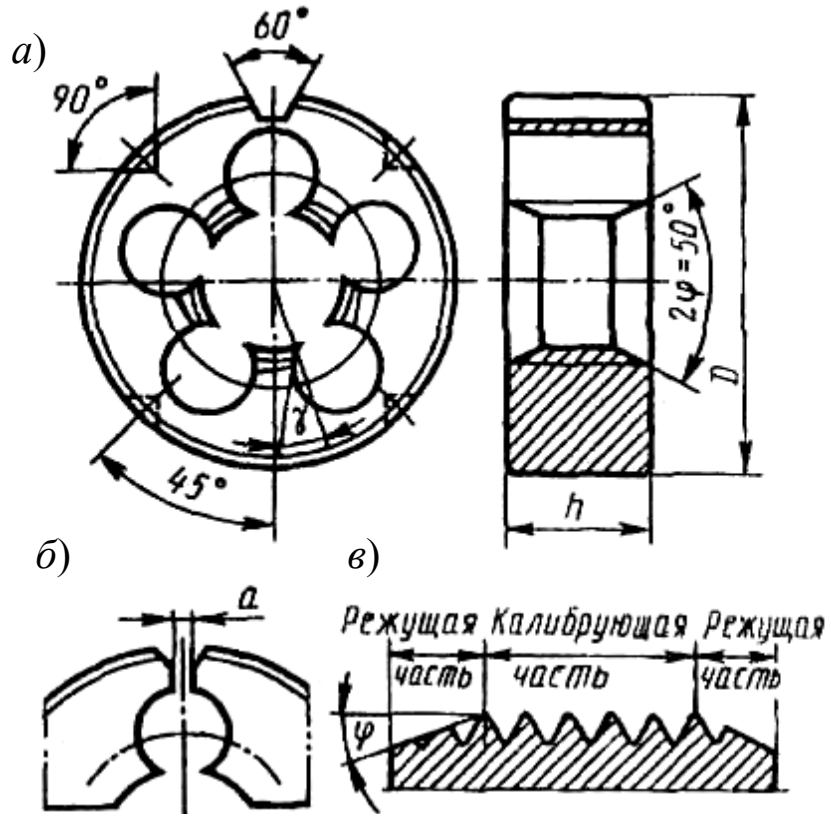


Рис. 7.7. Части и элементы круглых плашек: а – круглой (до разрезания); б – разрезанная круглая плашка; в – профиль резьбы рабочей части

Круглые плашки закрепляют для работы в воротках стопорными винтами или крепят в резьбонарезных патронах. Для этого на наружном цилиндре плашки существуют конические углубления и угловой паз. Последний позволяет разрезать плашку шлифовальным кругом по перемычке и частично регулировать по диаметру. Крепят плашку в специальном воротке (плашкодержателе) с одним или двумя крепежными и тремя установочными винтами (рис. 7.8, а). Крайние винты служат для уменьшения

(сжатия), средний – для увеличения (разжима) размера плашки. Нарезание резьбы производят за один проход. Раздвижные (призматические) плашки (рис. 7.8, б) состоят из двух половинок – полуплашек 1 и 2. На боковых сторонах полуплашек имеются угловые пазы, которыми они устанавливаются в направляющие выступы клуппа (специального воротка) и поджимаются винтом. Этим же винтом можно изменять расстояние между полуплашками и обеспечивать диаметр резьбы в нужных пределах. Нарезание резьбы можно производить в несколько проходов, что значительно облегчает процесс резания.

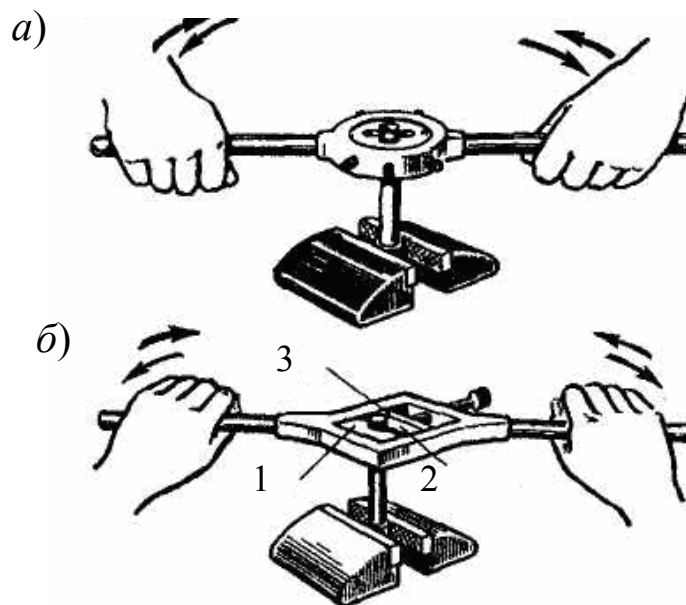


Рис. 7.8. Приемы ручного нарезания резьбы плашками: *а* – круглой; *б* – раздвижной призматической

При выборе диаметра заготовки под наружную резьбу нужно учитывать следующее:

- если диаметр выполнен больше требуемого, то увеличивается давление на зубья плашки, что приводит либо к срыву резьбы, либо к поломке зубьев плашки;

- при значительно меньшем диаметре заготовки резьба не имеет полного профиля.

Для получения качественной резьбы диаметр выбирают по таблицам справочника или принимают на 0,1 мм меньше наружного диаметра резьбы.

8. ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ПРИ ЗУБОДОЛБЛЕНИИ, КОНСТРУКЦИИ ЗУБОРЕЗНЫХ ДОЛБЯКОВ

Одним из распространённых методов формообразования зубчатых колёс является их нарезание на специальных зубодолбёжных станках с применением зуборезных долбяков.

Зуборезный долбяк представляет собой зубчатое колесо, снабжённое режущими кромками. При обработке инструмент совершает возвратно-поступательные движения относительно заготовки. После каждого двойного хода, заготовка и инструмент поворачиваются относительно своих осей. Таким образом, инструмент и заготовка как бы "обкатываются" друг по другу. После того, как заготовка сделает полный оборот, долбяк совершает движение подачи к заготовке. Этот процесс происходит до тех пор, пока не будет удалён весь необходимый слой металла.

Зуборезные долбяки предназначены для нарезания зубьев прямозубых и косозубых зубчатых колёс наружного и внутреннего зацепления, зубчатых венцов шевронных колёс с канавкой и без неё, зубчатых колёс блоков, зубчатых колёс с выступающими фланцами, ограничивающими свободный выход инструмента и зубчатых реек.

Долбяки изготавливают пяти типов (рис. 8.1):

- дисковые прямозубые (тип I);
- дисковые косозубые (тип II);
- чашечные прямозубые (тип III);
- хвостовые прямозубые (тип IV);
- хвостовые косозубые (тип V);

и трёх классов точности AA (прецизионные), A и B.

Долбяки дисковые прямозубые (тип I), чашечные прямозубые (тип III) с делительными диаметрами – 75, 100, 125, 160, 200 мм изготавливаются трёх классов точности (AA, A и B). Долбяки косозубые дисковые (тип II) и прямозубые чашечные (тип III) с делительным диаметром – 50 мм изготавливаются только классов точности A и B.

Долбяки хвостовые прямозубые (тип IV) изготавливаются классов точности A и B, а косозубые (тип V) – только класса B.

Для изготовления долбяков всех типов и классов точности применяются быстрорежущие стали с баллом карбидной неоднородности не более 3 единиц (по ГОСТ 19265) и пластины из твердых сплавов. Хвостовые долбяки изготавливаются сварными – режущая часть из быстрорежущих сталей, хвостовая – из стали марок 45 или 40Х.

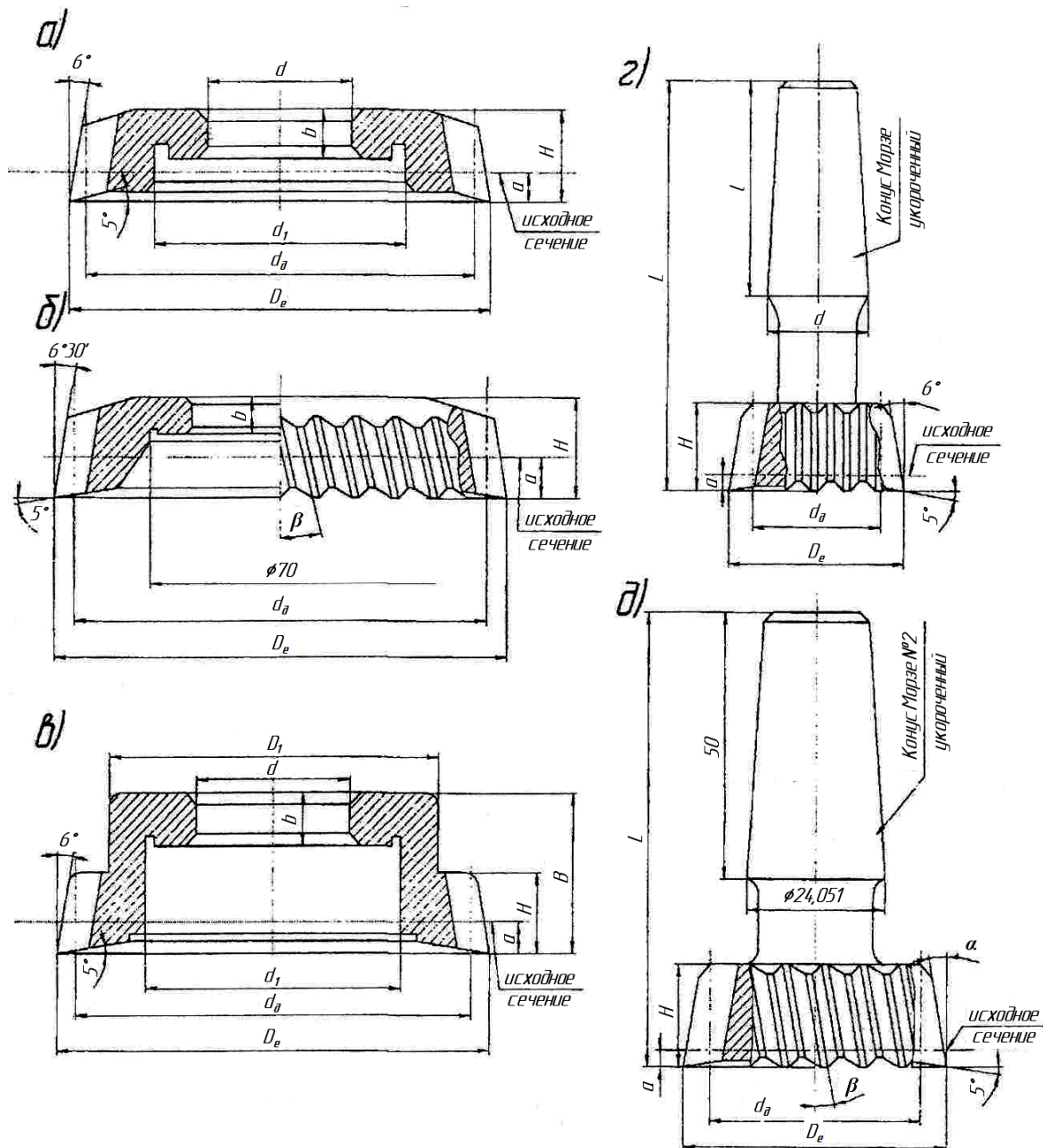


Рис. 8.1. Разновидности долбяков: а – дисковый прямозубый долбяк; б – дисковый косозубый долбяк; в – чашечный прямозубый долбяк; г – хвостовой прямозубый долбяк; д – хвостовой косозубый долбяк

На рис. 8.2 показаны все конструктивные и геометрические элементы дискового прямозубого долбяка.

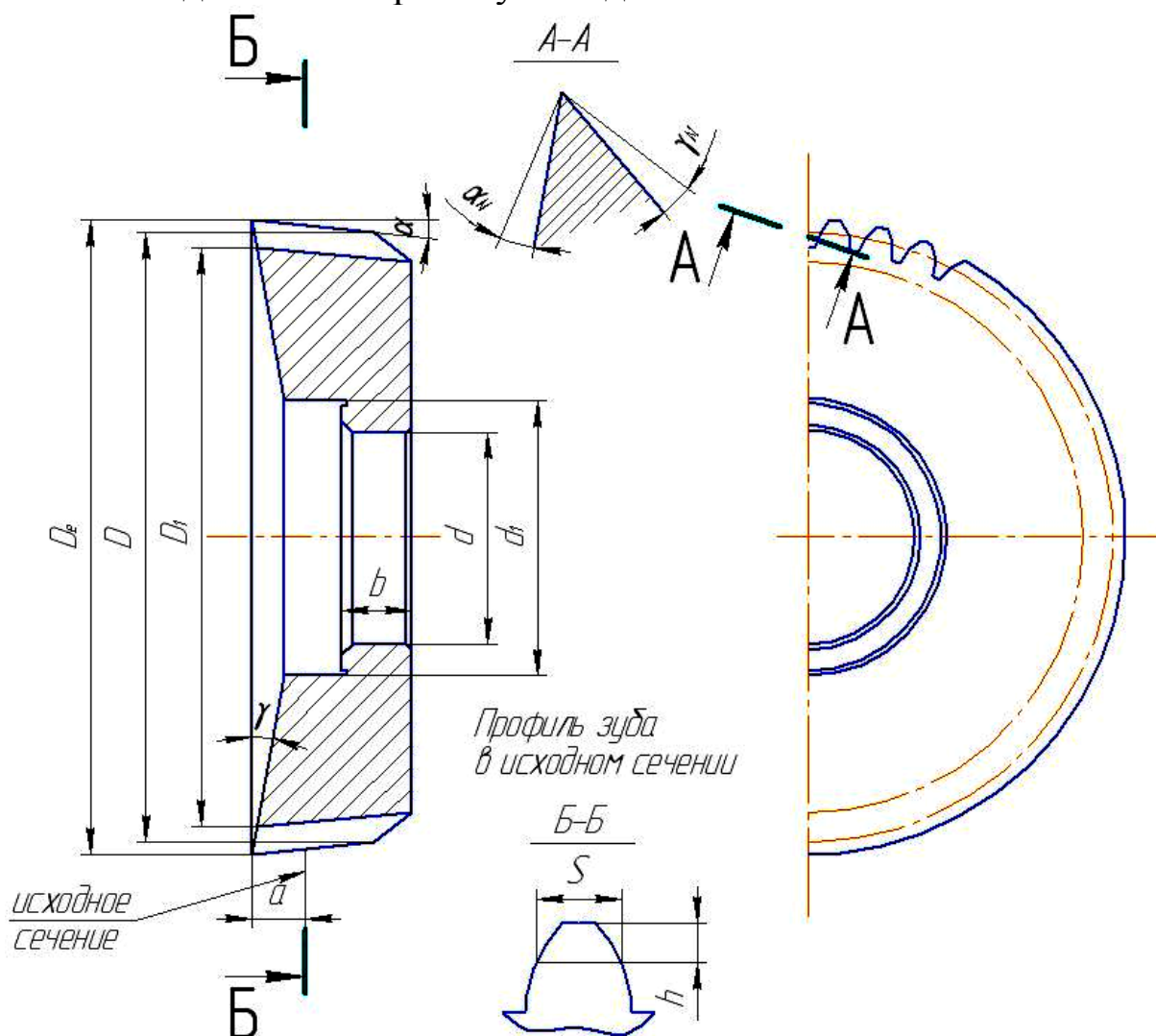


Рис. 8.2. Конструкция и геометрия дискового прямозубого долбяка

Конструктивные элементы долбяка (рис. 8.2):

- D_e : наружный диаметр в плоскости передней поверхности;
- D : делительный диаметр;
- D_1 : диаметр окружности впадин;
- d : посадочный диаметр;
- d_1 : диаметр выточки;
- H : высота долбяка;
- b : ширина посадочного отверстия;

– S : толщина зуба по дуге делительной окружности в исходном сечении;

– h : высота головки зуба в исходном сечении;

– a : исходное расстояние.

Геометрические параметры долбяка (рис. 8.2):

– γ : передний угол;

– α : задний угол;

– γ_N : передний угол в главной секущей плоскости;

– α_N : задний угол в главной секущей плоскости.

Зацепление нарезаемого колеса и долбяка аналогично зацеплению двух эвольвентных зубчатых колес, но имеет свои особенности, диктуемые следующими требованиями:

- обеспечение высокопроизводительного процесса резания;
- соблюдение условий обкатки после многократных переточек долбяка по передней поверхности;
- сохранение необходимой точности изготавливаемых зубчатых колес переточенным многократно долбяком.

Для выполнения перечисленных требований режущие кромки долбяка (одна периферийная – 1 и две боковых – 2) снабжаются передними и задними углами (рис. 8.2). В процессе эксплуатации зубья долбяка изнашиваются и периодически перетачиваются для восстановления своей режущей способности только по передней грани. После каждой переточки режущие кромки будут располагаться в новом сечении долбяка.

Необходимым условием является необходимость нарезания, как новым, так и сточенным долбяком зубчатых колес без нарушения теории эвольвентного зацепления.

Зубья данного долбяка в любом сечении очерчены по одной и той же эвольвенте (диаметр основной окружности у долбяка один). По мере перетачивания долбяка в работу резания и в зацепление с нарезаемым колесом вступают все новые участки одной и той же эвольвенты.

Зуб долбяка в любом сечении, перпендикулярном к оси, имеет один и тот же исходный контур профиля.

9. ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ПРИ ШЛИФОВАНИИ, ШЛИФОВАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Операции шлифования и шлифовальные инструменты применяются, в основном, для чистовых отделочных операций после лезвийной обработки и термообработки с целью получения максимально высокой размерной точности и качества поверхности.

Шлифовальные инструменты разделяются на твердотельные (шлифовальные круги, головки, бруски сегменты) и инструменты на гибкой основе (шлифовальные шкурки и ленты, лепестковые и фибровые шлифовальные круги, абразивные пасты).

Наиболее часто на практике применяются твердотельные шлифовальные инструменты, от характеристики которых зависит эффективность процесса шлифования. Под характеристикой шлифовального инструмента понимают ряд параметров, которые в совокупности отражают конструкцию и внутреннее строение инструмента, а также показывают область назначения и потенциальные возможности его применения. Характеристика инструмента отражается в его маркировке, т. е. в определенном наборе условных символов и цифр, которые непосредственно наносятся на нерабочей поверхности инструмента или приводятся в его сопроводительных документах. Например, характеристика абразивных шлифовальных кругов маркируется следующим образом:

ПП 200×20×76 14А 25 Н С2 7 К5 35м/с А1 ЧАПО
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

где 1 – форма шлифовального круга (ПП – круг прямого профиля);

2 – 200×20×76 – размеры круга, мм (D×H×d, где D и d соответственно наружный диаметр и диаметр посадочного отверстия, а H – высота круга);

3 – марка абразивного материала (14А – нормальный электрокорунд);

4 – зернистость, т. е. средний номинальный размер шлифовальных зерен в данном инструменте, мкм × 10 (25 – зерна имеют средний размер 250 мкм);

5 – содержание основной фракции данной зернистости (Н – содержание основной фракции 45 %);

6 – твердость шлифовального круга в условных единицах (С2 – твердость средняя, вторая);

7 – структура шлифовального круга, показывает процентное содержание зерен в объеме инструмента (7–48 % зерен в объеме инструмента);

8 – тип связки и ее разновидность внутри данного класса (К5 – керамическая связка № 5);

9 – допустимая скорость работы круга, м/с;

10 – класс точности круга (А – высокий класс точности);

11 – класс неуравновешенности круга, показывает в условных единицах допустимую неуравновешенную массу круга в граммах (1 – первый класс неуравновешенности);

12 – марка завода-изготовителя инструмента (ЧАПО – Челябинское абразивное производственное объединение).

Более подробно существующие разновидности параметров характеристики абразивных шлифовальных кругов и их условные обозначения представлены в табл. 9.1.

Таблица 9.1

№ поз.	Наименование параметра характеристики	Условное обозначение параметра и его расшифровка
1	2	3
1.	Форма шлифовального круга (ГОСТ 2424–75)	ПП – прямой профиль; 2П – двусторонний конический профиль; 3П – конический ПВ – плоский с выточкой; ПВК – плоский с конической выточкой; ПВД – плоский с двусторонней выточкой; К – кольцевой профиль; ЧЦ – чашечный цилиндрический; ЧК – чашечный конический; Т – тарельчатый.
2.	Размеры круга (ГОСТ 2424–75)	D×H×d (расшифровка – см. ранее в примере)
3.	Марка абразивного материала	13А, 14А, 15А, 16А – нормальный электрокорунд; 22А, 23А, 24А, 25А – белый электрокорунд; 33А, 34А – хромистый электрокорунд; 37А – титанистый электрокорунд; 38А – циркониевый электрокорунд;

Продолжение табл. 9.1

1	2	3
		43А, 44А, 45А – монокорунд; 91А, 92А, 93А, 94А – хромотитанистый электрокорунд
4.	Зернистость (ГОСТ 3647–71)	200, 160, 125, 100, 80, 63, 50, 40, 32, 25, 20, 16 – шлифзерно (размер равен номеру зернистости × 10, мкм); 12, 10, 8, 6, 5, 4, 3 – шлифпорошки (размер – см. выше); М63, М50, М40, М28, М20, М14 – микропорошки (размер – номер зернистости × 1, мкм); М10, М7, М5 – тонкие микропорошки (размер аналогично предыдущему случаю).
5.	Содержание основной фракции данной зернистости (ГОСТ 3647–71)	В – 55÷60 % основной фракции зерен; П – 45÷55 % основной фракции зерен; Н – 40÷45 % основной фракции зерен; Д – 36÷41 % основной фракции зерен.
6.	Твердость шлифовального круга (ГОСТ 18118–72, ГОСТ 19202–73)	ВМ – весьма мягкий (ВМ1, ВМ2); М – мягкий (М1, М2, М3); СМ – среднемягкий (СМ1, СМ2); СТ – среднетвердый (СТ1, СТ2, СТ3); Т – твердый (Т1, Т2); ВТ – весьма твердый; ЧТ – чрезвычайно твердый.
7.	Структура шлифовального круга	1–60 % зерен в объеме инструмента; 2–58 % зерен в объеме инструмента; 3–56 % зерен в объеме инструмента; 4–54 % зерен в объеме инструмента; 5–52 % зерен в объеме инструмента; 6–50 % зерен в объеме инструмента; 7–48 % зерен в объеме инструмента; 8–46 % зерен в объеме инструмента; 9–44 % зерен в объеме инструмента; 10–42 % зерен в объеме инструмента; 11–40 % зерен в объеме инструмента; 12–38 % зерен в объеме инструмента; 1÷4 структуры именуется плотными, 5÷8 средними, 9÷12 открытыми.

Продолжение табл. 9.1

1	2	3
8.	Тип связки	К – керамическая (К0÷К10); МГ – магнезиальная; С – силикатная; Б – бакелитовая (Б, Б1÷Б4, БУ, Б156, БП2); ГФ – глифталевая; ПФ – поливинилформалевая; В – вулканитовая (В, В1÷В5).
9.	Допустимая скорость вращения круга	В 1,5 раза меньше скорости проверки круга на разрыв.
10.	Класс точности круга (ГОСТ 2424–83)	АА – особо высокого качества; А – высокого качества; Б – нормального качества.
11.	Класс неуровненности круга (ГОСТ 3060–86)	1 – соответствует классу точности АА; 2 – соответствует классу точности А; 3, 4 – соответствует классу точности Б.
12.	Марка завода-изготовителя	ЮАЗ – Юргинский абразивный завод; ПАЗ – Приволжский абразивный завод; ЗАК – Запорожский абразивный завод; ИАЗ – Иршавский абразивный завод; МЗШИ – Московский завод шлифовального инструмента; МАЗ – Московский абразивный завод; КАЗ – Косулинский абразивный завод.

Характеристика алмазных и эльборовых шлифовальных кругов (отличие от абразивных) условно обозначается следующим образом:

АПП 150×10×32×5 АСО 160/100 75 % Б1 ТЗАИ,
1 2 3 4 5 6 7

где 1 – форма шлифовального круга;

2 – размеры круга и толщина алмазоносного слоя;

3 – марка зерна;

4 – зернистость;

5 – концентрация алмазов (или эльбора);

6 – тип связки;

7 – марка завода-изготовителя.

Наиболее распространенные разновидности параметров характеристики алмазных и эльборовых шлифовальных кругов приведены в табл. 9.2

Таблица 9.2

№	Наименование параметра характеристики	Условное обозначение, расшифровка и краткое описание
1	2	3
1.	Форма круга (ГОСТ 16187–70÷ГОСТ 16180–70)	АПП (ЛПП) – алмазный (эльборовый) прямого профиля; А1ПП – алмазный прямого профиля без корпуса; А2ПП – алмазный прямого профиля трехсторонний; АПВ – алмазный плоский с выточкой; АЧК – алмазный чашечный конический; АТ – алмазный тарельчатый; АОК – алмазный отрезной.
2.	Размеры круга и алмазоносного слоя (ГОСТ 16167–70÷ГОСТ 16180–70)	$D \times H \times d \times S$, где D – наружный диаметр круга; H – высота круга; d – диаметр посадочного отверстия; S – толщина алмазоносного (эльборового) слоя.
3.	Марка зерен ГОСТ 9206–70	А – алмаз естественный; АС – алмаз синтетический (разновидности – АСО, АСВ, АСП, АСК, АСС); Л – эльбор (разновидности – ЛО, ЛП).
4.	Зернистость	Согласно ГОСТ 9206–70 зернистость алмазных и эльборовых шлифовальных кругов обозначают дробью, в которой числитель соответствует максимальному размеру зерен в данной фракции (в мкм), а знаменатель – минимальному размеру. ГОСТ предусматривает широкий диапазон зернистостей: 400/250, 250/160, 160/100, 100/63, 63/40; Узкий диапазон зернистостей: 630/500, 500/400, 400/315, 315/250, 250/200, 200/160, 160/125, 125/100, 100/80, 80/63, 63/50, 50/40, а также зернистости для микропорошков: 60/40, 40/28, 28/20, 20/14, 14/10, 10/7, 5/3, 3/2, 2/1, 1/0.

Продолжение табл. 9.2

1	2	3
5.	Концентрация алмазов (или эльбора)	Круги делают с концентрацией алмазных зерен в единице объема алмазоносного слоя 50 %, 75 %, 100 %, 150 % (за 100 %-ную концентрацию принято содержание 0,878 мг алмазных зерен в 1 мм ³ алмазоносного слоя).
6.	Тип связки	Б – бакелитовая (Б1÷Б4, Б8, Бр, Б156, БП2); К – керамическая (КЛ, К1, К5, К16); М – металлическая (М1, М1П, М016, М013, М0137, МС15); Р – каучуковая (Р1, Р3, Р9, Р14).
7.	Марка завода-изготовителя	ТЗАИ – Томилинский завод алмазного инструмента; ПЗАИ – Полтавский завод алмазного инструмента; МАЗ – Московский абразивный завод.

Наряду с алмазно-абразивными кругами к шлифовальным инструментам относятся и находят достаточно широкое применение такие инструменты, как головки, бруски, сегменты, шкурки, ленты.

Шлифовальные головки предназначены преимущественно для обработки внутренних, труднодоступных и сложных по конфигурации поверхностей. Они имеют металлический стержень, служащий для крепления в патроне станка, на который приклеивается или напрессовывается собственно алмазная или абразивная головка. Характеристика головок маркируется в соответствии с ГОСТ 2447 или ГОСТ 17119 следующим образом:

AW 30×50 24A 25H CT1 6 K5 A 35 м/с
1 2 3 4 5 6 7 8 9

где 1 – форма шлифовальной головки (наиболее распространенные разновидности формы головок отражены в табл. 3);

2 – размеры головки D×H (где D – диаметр головки, H – длина головки)

3 – марка абразива (см. табл. 1, поз. 3);

4 – зернистость и содержание основной фракции (см. табл. 9.1, поз. 4 и 5);

- 5 – твердость головки (см. табл. 9.1, поз. 6);
- 6 – структура головки (см. табл. 9.1, поз. 7);
- 7 – тип связки (см. табл. 9.1, поз. 8);
- 8 – класс точности головки (см. табл. 9.1, поз. 10);
- 9 – допустимая скорость вращения головки.

Таблица 9.3

№	Обозначение	Наименование головок
1.	AW	Цилиндрические
2.	DW	Угловые
3.	EW	Конические с углом конуса 60 ⁰
4.	KW	Конические с закругленной вершиной
5.	F-2W	Шаровые

Шлифовальные бруски предназначены для ручной обработки различных изделий, заточки столярного и хозяйственного инструмента, а также для суперфиниширования и хонингования. Их характеристика маркируется по ГОСТ 2456, например, так:

БП 20×25×100 63С 6Н С2 7 Б А
 1 2 3 4 5 6 7 8

где 1 – форма бруска (расшифровка обозначений форм брусков приведена в табл. 4);

2 – размеры бруска (В×Н×L, где В – ширина, Н – высота, L – длина бруска, мм);

3 – марка абразива (см. табл. 9.1, поз. 3);

4 – зернистость и содержание основной фракции (см. табл. 9.1, поз. 4 и 5);

5 – твердость бруска (см. табл. 9.1, поз. 6);

6 – структура бруска (см. табл. 9.1, поз. 7);

7 – тип связки (см. табл. 9.1, поз. 8);

8 – класс точности (см. табл. 9.1, поз. 10).

Таблица 9.4

Разновидности форм шлифовальных брусков

№	Обозначение	Наименование брусков
1.	БП	Прямоугольные
2.	БКв	Квадратные
3.	БТ	Треугольные
4.	БКр	Круглые
5.	БПкр	Полукруглые

Шлифовальные сегменты предназначены для изготовления сборных инструментов, где они крепятся в специальном корпусе и образуют составную режущую поверхность. Сегменты маркируются по ГОСТ 2464 следующим образом:

5С 60×20×200 14А 40Н С1 6 Б А
 1 2 3 4 5 6 7 8

где 1 – форма сегмента (разновидности форм сегментов приведены в табл. 9.5);

2 – размеры сегмента В×Н×L, мм;

3 – марка абразива;

4 – зернистость и содержание основной фракции;

5 – твердость;

6 – номер структуры;

7 – тип связки;

8 – класс точности.

Все указанные позиции (кроме поз. 1) расшифровывается, так же как и в предыдущих случаях (см. табл. 9.1).

Таблица 9.5

Разновидности шлифовальных сегментов

№	Обозначение	Наименование сегментов
1.	5С	Трапецевидные
2.	4С	Плоско-выпуклые
3.	3С	Выпукло-плоские
4.	2С	Вогнуто-выпуклые
5.	1С	Выпукло-вогнутые
6.	СП	Прямоугольные

Шлифовальные шкурки предназначены для ручной, а ленты - для машинной обработки сложных криволинейных поверхностей с переменной кривизной образующих и возможным наличием произвольно расположенных выступов, впадин и пр.

Пример маркировки шкурки по ГОСТ 6456:

Шкурка 1Э	100×200	П2	15А	25Н	М	А,
1	2	3	4	5	6	7

где 1 – вид шкурки (неводостойкая шкурка с электростатическим способом нанесения зерен);

2 – размер шкурки В×L, мм;

3 – вид основы шкурки (бумажная основа);

4 – марка абразива (см. табл. 9.1, поз. 3);

5 – зернистость и содержание основной фракции (см. табл. 9.1, поз. 4 и 5);

6 – вид связки (мездровый клей);

7 – класс точности.

Пример обозначения ленты по ГОСТ 5009:

ЛБ	200×1000	15А	25Р	А	У2Г	Б
1	2	3	4	5	6	7

где 1 – вид ленты (бесконечная);

2 – размеры ленты В×L, мм;

3 – марка абразива (см. табл. 9.1, поз. 3);

4 – зернистость и содержание основной фракции (см. табл. 9.1, поз. 4 и 5);

5 – класс точности шкурки, из которой сделана лента;

6 – вид основы ленты (саржевая основа марки У2Г);

7 – класс точности ленты.

9.1. ВЫБОР ШЛИФОВАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ПОД ЗАДАНИЕ УСЛОВИЯ ОБРАБОТКИ

При выборе шлифовальных инструментов под заданные условия и требуемый результат обработки принимают во внимание следующие основные рекомендации:

1. Разновидность шлифовальных инструментов, их форму и размеры выбирают в результате анализа чертежа обрабатываемой детали и ряда соответствующих инженерных и конструктивных соображений (см. предыдущий раздел).

2. Марка алмазно-абразивного материала выбирается на основе рекомендаций, представленных в табл. 9.6.

Таблица 9.6

Рекомендации по выбору алмазно-абразивного материала

№	Абразивный материал	Примечание
1	2	3
1.	Алмаз (А, АС)	Шлифование; заточка; доводка твердых сплавов; правка шлифкругов; обработка стекла, керамики, фарфора; заточка лезвий инструментов, обработка цветных металлов и сплавов
2.	Эльбор (ЛО, ЛП, ЛКВ)	Окончательная обработка высокоточных заготовок из инструментальных и труднообрабатываемых материалов
3.	Нормальный электрокорунд (10А÷19А)	Шлифование (черновое, обдирочное) стальных заготовок кругами на органических и неорганических связках
4.	Белый электрокорунд (20А÷29А)	Шлифование (окончательное) стальных закаленных заготовок на органических и (преимущественно) неорганических связках
5.	Хромистый электрокорунд (32А, 33А, 34А)	Шлифование изделий из конструкционных и углеродистых сталей с повышенной производительностью на различных связках
6.	Титанистый электрокорунд (37А)	Скоростное шлифование стальных заготовок кругами на керамической и бакелитовой связках
7.	Циркониевый электрокорунд (38А)	Силовое, обдирочное шлифование стальных заготовок на бакелитовой связке при высоких скоростях и подачах
8.	Монокорунд (43А, 44А, 45А)	Шлифование и заточка труднообрабатываемых сталей и сплавов кругами на керамических связках
9.	Хромотитанистый электрокорунд (91А, 92А, 93А, 94А)	Электрокорунды 91А и 92А аналогичны применению белого электрокорунда, а 93А, 94А – нормального электрокорунда

Продолжение табл. 6

1	2	3
10.	Карбид кремния черный (52С, 53С, 54С)	Обработка заготовок из чугуна, цветных металлов, твердых сплавов, гранита, мрамора шлифовальными инструментами, а также свободными абразивами
11.	Карбид кремния зеленый (62С, 63С, 64С)	Обработка титановых и твердых сплавов, чугуна, алюминия, меди, гранита, мрамора инструментами на всех связках и свободным абразивом

3. Зернистость выбирают, исходя из требований по шероховатости производительности шлифования. Чем меньшую шероховатость требуется получить на обрабатываемой поверхности, тем меньший номер зернистости следует выбирать. Производительность шлифования, наоборот, можно повысить, увеличив номер зернистости.

4. Содержание основной фракции данной зернистости является показателем качества абразива. При шлифовании с повышенными требованиями к качеству обработки целесообразно выбирать инструменты с более высоким содержанием зерен основной фракции.

5. Структуру шлифовального инструмента выбирают, пользуясь следующим обобщенным правилом: чем тверже обрабатываемый материал, тем мягче должна быть твердость инструмента и наоборот.

6. Структуру инструмента выбирают, имея в виду, что чем меньше номер структуры, тем большее число зерен приходится на единицу режущей поверхности инструмента. Поэтому закрытые структуры применяют при профильном шлифовании, где необходимо сохранять заданный профиль инструмента, средние - при круглом, бесцентровом и плоском шлифовании, а открытые - при заточке инструментов.

7. Тип связки влияет на допустимую температуру, скорость, производительность и качество шлифования, а также прочность инструмента. Основные рекомендации по выбору той или иной связки отражены в табл. 9.7.

Таблица 9.7

Рекомендации по выбору связок

№	Связки	Рекомендуемая область применения
1	2	3
1.	Керамическая	Для большинства видов шлифования и разновидностей абразивных инструментов, за исключением обдирки, отрезки и прорезки узких пазов
2.	Магнезиальная и силикатная	Для инструментов, используемых в основном для шлифования труднообрабатываемых вязких сталей в тех случаях, когда требуется высокая самозатачиваемость инструмента без высоких требований к шероховатости обрабатываемой поверхности
3.	Металлическая	Используется преимущественно при производстве инструментов из алмазов и сверхтвердых материалов, т. к. высокая прочность и малая пористость этой связки не позволяют применять её с другими, менее твердыми абразивами вследствие того, что инструмент в этом случае не самозатачивается
4.	Бакелитовая	Применяют для изготовления инструмента, предназначенного по большей части для операций обдирочного шлифования, отрезки и прорезки пазов, т. е. там, где предполагается съём большого количества металла в единицу времени
5.	Вулканитовая	Подразделяется на эластичную и жесткую связки. Первая разновидность применяется в инструментах, используемых для полирования отделочных операций, вторая – для отрезки, прорезки пазов, бесцентрового шлифования (ведущие круги)
6.	Глифталева	По своим свойствам эта связка подобна бакелитовой, но превосходит её по некоторым показателям. Поэтому область её применения включает чистовое и отделочное шлифование
7.	Менздровый, казеиновый клей, жидкое стекло, синтетические смолы и лаки	Шлифовальные шкурки, ленты и полировальные диски

9. Класс точности и неуравновешенности инструментов выбирают исходя из требований по точности и качеству обработки. При этом следует помнить, что классы точности (АА, А, Б) име-

ют подробное описание в ГОСТ 2424, где, в частности, для каждого из них указаны предельные отклонения для наружного диаметра, высоты, диаметра посадочного отверстия, непараллельности, выпуклости и вогнутости торцевых поверхностей и пр. Следует также иметь в виду, что стоимость инструмента с более высоким классом точности всегда выше и её необоснованное завышение скажется на себестоимости обработки изделий.

Класс неуравновешенности непосредственно связан с классом точности инструментов (см. табл. 9.1) и поэтому определяется выбором последнего.

9. Скорость шлифования выбирают исходя из рекомендаций по выбору режимов резания для выбранной схемы шлифования и используемой разновидности шлифовального инструмента с учетом марки обрабатываемого материала. При этом следует помнить, что выбранная скорость шлифования не должна превосходить допустимую скорость вращения взятого инструмента.

Рекомендуемые диапазоны скоростей шлифования для абразивных и алмазных кругов отражены соответственно в табл. 9.8 и табл. 9.9.

Таблица 9.8

Рекомендуемые диапазоны скоростей шлифования
для абразивных кругов (на керамической связке)

Схема шлифования	Обрабатываемый материал	Скорость шлифования, м/с
Круглое наружное	Цементуемые стали	32–50
Внутреннее	Цементуемые стали	25–35
Круглое бесцентровое	Автоматные стали	32–45
Круглое бесцентровое	Конструкционные стали	27–45
Плоское, круглое, фасонное	Быстрорежущие стали	26–35
Внутреннее	Быстрорежущие стали	15–20
Круглое, фасонное, внутреннее	Чугун	30–50
Фасонное	Жаропрочные и титановые сплавы	35–50

Таблица 9.9

Рекомендуемые диапазоны скоростей шлифования
для алмазных кругов

Схема шлифования	Обрабатываемый материал	Связка круга	Скорость шлифования, м/с
1	2	3	4
Плоское	Твердые сплавы	Металлическая	25–35
Плоское	Твердые сплавы	Органическая	25–30
Круглое наружное	Твердые сплавы	Металлическая	25–35
Круглое наружное	Твердые сплавы	Органическая	25–30
Внутреннее	Твердые сплавы	Металлическая	15–20
Внутреннее	Твердые сплавы	Органическая	20–25
Заточка режущих инструментов	Твердые сплавы	Металлическая	15–20
Заточка режущих инструментов	Твердые сплавы	Органическая	20–25
Плоское	Легированные стали	Органическая	30–40
Круглое	Легированные стали	Органическая	30–50
Заточка	Легированные стали	Органическая	30–40

Оценка эффективности шлифования может осуществляться по различным критериям. Основными из них являются коэффициент шлифования и качество обработки. Коэффициент шлифования – это отношение массы (или объема) снятого обрабатываемого материала к массе (или объему) израсходованного рабочего слоя абразивного инструмента. В некоторых случаях вместо коэффициента шлифования (или наряду с ним) пользуются критерием режущей способности абразивного инструмента (масса или объем снятого обрабатываемого материала за определенное время обработки) и расходом или стойкостью инструмента (соответственно масса или объем израсходованного абразива за некоторое время шлифования; время работы инструмента до полного износа). Качество шлифования оценивают по шероховатости обрабатываемой поверхности, классу точности, а также по наличию прижогов и шлифовочных трещин.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ПРИ ТОЧЕНИИ, КОНСТРУКЦИИ ТОКАРНЫХ РЕЗЦОВ.....	2
2. ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ПРИ СТРОГАНИИ И ДОЛЬБЛЕНИИ, КОНСТРУКЦИИ СТРОГАЛЬНЫХ И ДОЛБЁЖНЫХ РЕЗЦОВ	11
3. ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ПРИ СВЕРЛЕНИИ И РАССВЕРЛИВАНИИ, СПИРАЛЬНЫЕ СВЁРЛА.....	17
4. ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ПРИ ЗЕНКЕРОВАНИИ И РАЗВЁРТЫВАНИИ, КОНСТРУКЦИИ ЗЕНКЕРОВ И РАЗВЁРТОК...	
4.1 ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ПРИ ЗЕНКЕРОВАНИИ, КОНСТРУКЦИИ ЗЕНКЕРОВ.....	22
4.2 ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ПРИ РАЗВЁРТЫВАНИИ, КОНСТРУКЦИИ РАЗВЁРТОК.....	25
5. ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ, КОНСТРУКЦИИ ФРЕЗ.....	30
6. ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ПРИ ПРОТЯГИВАНИИ, КОНСТРУКЦИИ ПРОТЯЖЕК.....	44
7. ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ПРИ РЕЗЬБОНАРЕЗАНИИ, КОНСТРУКЦИИ МЕТЧИКОВ И ПЛАШЕК.....	56
8. ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ПРИ ЗУБОДОЛЬБЛЕНИИ, КОНСТРУКЦИИ ЗУБОРЕЗНЫХ ДОЛБЯКОВ.....	64
9. ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ПРИ ШЛИФОВАНИИ, ШЛИФОВАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ.....	68
9.1 ВЫБОР ШЛИФОВАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ПОД ЗАДАНИЕ УСЛОВИЯ ОБРАБОТКИ.....	76

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кожевников, Д. В. Резание материалов: учебник для вузов по направлению «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / Д. В. Кожевников [и др.]; под ред. С. В. Кирсанова. – М. : Машиностроение, 2007. – 304 с.
2. Режущий инструмент: учебник для вузов по направлению «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / Д. В. Кожевников [и др.]; под ред. С. В. Кирсанова. – М. : Машиностроение, 2004. – 512 с.
3. Режущий инструмент. Курсовое и дипломное проектирование: учеб. пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов / Е. Э. Фельдштейн, М. А. Кориневич, В. И. Шагун / под ред. Е. Э. Фельдштейна. – Минск: Дизайн ПРО, 2002. – 320 с.
4. Ящерицин П. И. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах учебник для машиностроит. специальностей вузов / П. И. Ящерицын, М. Л. Еременко, Е. Э. Фельдштейн. – М. : Высш. шк., 1990. – 512 с.
5. Верещака А. С. Работоспособность режущего инструмента с покрытием / А. С. Верещака. – М. : Машиностроение, 1993. – 328 с.
6. Коротков А. Н. Эксплуатационные свойства абразивных материалов: монограф. – Красноярск: Изд-во Красноярск. ун-та, 1992. – 122 с.
7. Коротков А. Н. Повышение эксплуатационных возможностей шлифовальных инструментов : монограф. – Кемерово, 2006. – 224 с.
8. Васин С. А. Прогнозирование виброустойчивости инструмента при точении и фрезеровании /редкол.: В. А. Гречишников и др. – М. : Машиностроение, 2006. – 384 с.
9. Старков В. К. Обработка резанием. Управление стабильностью и качеством в автоматизированном производстве / В. К. Старков. – М. : Машиностроение, 1989. – 296 с.