

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Курганский государственный университет»

Кафедра «Технология машиностроения, металлорежущие станки
и инструменты»

Инструменты для обработки отверстий

**Методические указания к выполнению лабораторной
работы, практических занятий, контрольных работ,
курсового и дипломного проектирования**

Курган 2018

Кафедра: «Технология машиностроения,
металлорежущие станки и инструменты»

Дисциплина: Дисциплины конструкторско-технологического цикла,
курсовое проектирование, выпускная квалификационная
работа технических направлений и специальностей
подготовки:
15.03.01, 15.03.04, 15.03.05, 20.03.01, 23.03.01, 23.03.03,
27.03.01, 27.03.04, 15.04.01, 15.04.05, 27.04.06, 23.04.03,
23.05.01, 23.05.02

Составил: доц., канд. техн. наук А.М. Гениатулин

Данные методические указания подготовлены на основе
свободно распространяемых в сети Internet материалов,
упражнений, примеров.

Утверждены на заседании кафедры

«02» ноября 2017 г.

Рекомендованы методическим советом университета

«20» декабря 2017 г.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Ознакомление с различными типами инструментов для обработки отверстий (сверл, разверток, зенкеров), изучение конструктивных элементов и геометрических параметров режущей части этих инструментов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Изучить общие конструктивные элементы сверл, разверток, зенкеров.
2. Изучить режущие элементы сверл, разверток, зенкеров.
3. Изучить инструменты для измерения конструктивных и геометрических параметров сверл, разверток, зенкеров.
4. Ознакомиться с типами сверл, разверток, зенкеров.
5. Провести измерение конструктивных и геометрических элементов сверл, разверток, зенкеров.
6. Выполнить эскизы сверла, развертки, зенкера.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. ОСЕВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОТВЕРСТИЙ

Отверстия, применяемые в деталях машин, различают по форме поперечного и продольного сечения, размерам, требуемой точности и качеству (параметрам шероховатости) обработанной поверхности. Отверстия могут быть сквозные и глухие, не имеющие выхода с другой стороны детали. Отверстия образуют как в целом материале, так и обрабатывают предварительно имеющиеся с целью увеличения их диаметров, изменения формы, повышения точности, параметра шероховатости и др. Наиболее распространены в машиностроении круглые цилиндрические отверстия с прямолинейной осью.

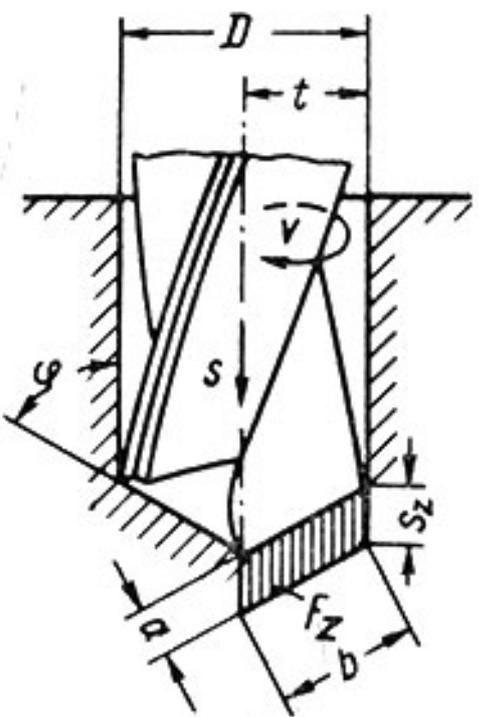
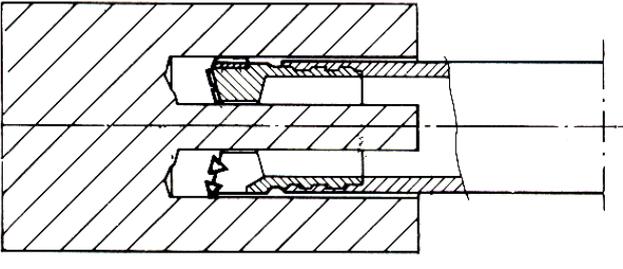
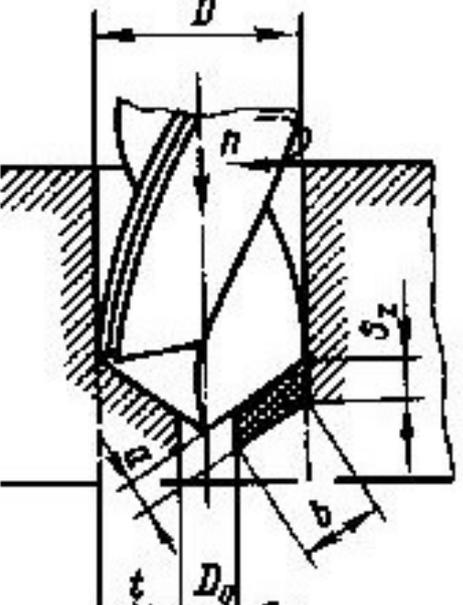
Траектория движения главной режущей кромки при обработке отверстий, за исключением протягивания, образуется в результате сложения двух движений: вращения инструмента вокруг своей оси – главного движения V и поступательного перемещения вдоль нее – движения подачи S .

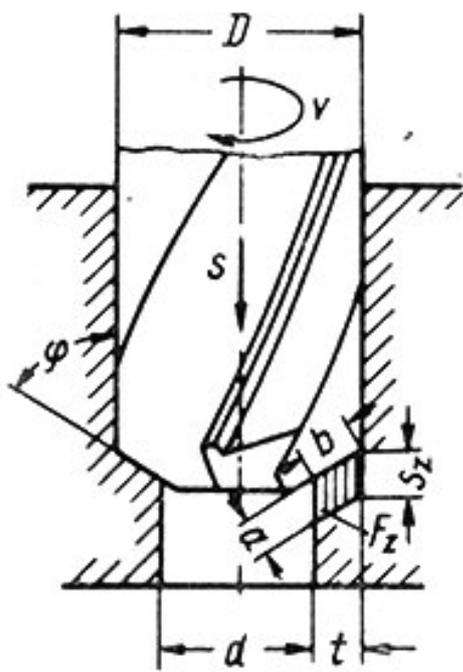
Для обработки отверстий в заготовках применяют инструменты, которые часто называют осевыми вследствие совпадения их осей в процессе обработки с осью отверстия.

К основным методам получения отверстий осевым инструментом относятся сверление, кольцевое сверление, рассверливание, зенкерование, развертывание.

Краткая характеристика этих методов получения отверстий сведена в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Методы получения отверстий

	<p>Сверление в сплошном материале – образование отверстия определенного диаметра в сплошном материале за одну операцию.</p> <p>Наиболее распространенный метод. Формообразование поверхностей при сверлении осуществляется двумя движениями инструмента: вращательным (V) и поступательным (S).</p> <p>Сверлением обеспечиваются 12–11 качества точности и шероховатости обработанной поверхности с $Rz = 80\text{--}20$ мкм.</p>
	<p>Кольцевое сверление также выполняется за одну операцию. В заготовке вырезается кольцевая полость, а в середине остается сердечник. При обработке больших диаметров снижается расход мощности и снижается осевая сила.</p>
	<p>Рассверливание – увеличение диаметра отверстия, предварительно изготовленных ковкой, штамповкой, литьем или сверлением.</p> <p>Рассверливание позволяет повысить точность отверстия, снизить шероховатость и уменьшить увод сверла от оси детали.</p>

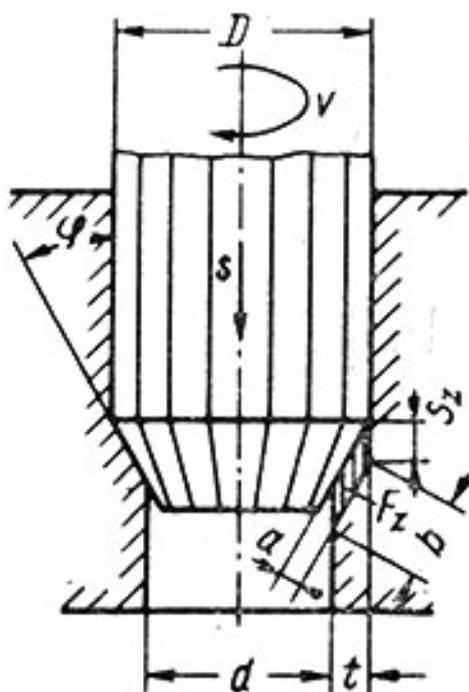


Зенкерование – процесс черновой и получистовой обработки отверстий, предварительно полученных литьем или штамповкой, или сверлением.

Процесс зенкерования предпочтительнее, чем рассверливание или точение отверстий, т.к. зенкер имеет большее число режущих кромок.

Т.к. при зенкеровании снимается небольшой припуск $2z=0,25d$, зенкер имеет меньшие по размерам стружечные канавки, более высокую жесткость, а, следовательно, исправляет положение оси отверстия в пространстве.

Точность обработки цилиндрических отверстий находится в пределах 11–9 квалитетов, а шероховатость обработанной поверхности достигает $Ra = 2,0$ мкм.



Развертывание – это процесс чистовой и отделочной обработки отверстий многолезвийными или однолезвийными развертками.

В процессе развертывания с обрабатываемой поверхности снимается минимальный равномерный припуск по окружности, что обеспечивается плавающим креплением режущего инструмента. Развертывание не повышает точность взаимного расположения.

Развертывают отверстия диаметром $\varnothing(2...500)$ мм с точностью до 6–9-го квалитета и с шероховатостью обработанной поверхности $Ra = 0,32...1,25$ мкм. Припуск на развертывание составляет $0,03...0,30$ мм.

2. СВЕРЛА

Сверла – это осевые режущие инструменты, предназначенные для образования отверстий в сплошном материале, а также для обработки (рассверливания) отверстий. Они широко применяются в машиностроении, занимая по этому признаку второе место после резцов.

Кинематика процесса сверления состоит из двух движений:

- 1) главного – вращательного вокруг оси инструмента (заготовки);
- 2) поступательного – движения подачи вдоль той же оси.

По конструктивному исполнению сверла отличаются большим разнообразием, которое можно отнести к следующим основным типам:

- 1) перовые (ленточные);
- 2) спиральные (с винтовыми канавками);
- 3) специальные (для сверления глубоких отверстий, кольцевые, комбинированные и другие).

2.1. Перовые сверла

Режущая часть перового сверла выполнена в виде пластины, которая заточивается под углом $2\varphi = 118$ (рис. 2.1 а). При этом образуются две главные и две вспомогательные режущие кромки. Заточкой двух плоских задних поверхностей создается задний угол $\alpha = 10 - 12^\circ$. При пересечении этих поверхностей образуется поперечная режущая кромка (перемычка). Если передние поверхности плоские, то передние углы на главных режущих кромках имеют отрицательные значения, что нежелательно из-за возрастания силовой нагрузки на сверло и появления вибраций.

Достоинствами перовых сверл являются простота конструкции, повышенная жесткость.

К недостаткам перовых сверл можно отнести:

- 1) затрудненные условия отвода стружки;
- 2) плохое направление сверла в отверстии;
- 3) небольшой запас на переточку;
- 4) большие отрицательные передние углы, требующие подточки по передней поверхности, что снижает прочность сверла.

Примеры совершенствования конструкций перовых сверл показаны на рис. 2.1, б, в. Конструкция на рис. 2.1, б применяется для сверления неглубоких ступенчатых отверстий на станках-автоматах; позволяет сократить число операций и, следовательно, инструментов.

Вторая конструкция (рис.2.1, в) представляет собой сборное перовое сверло с режущей сменной пластиной, закрепляемой в стержне любой длины. Для улучшения отвода стружки предусматривается ее деление по ширине с помощью стружкодробящих канавок на задних поверхностях. Через патрон и от-

верстие в стержне можно подавать под давлением СОЖ, которая одновременно с отводом тепла из зоны резания вымывает стружку из отверстия.

Набор быстросменных пластин, разных по диаметру, позволяет сократить номенклатуру сверл и расходы на их изготовление. Такие сверла в последние годы стали широко применяться на многооперационных станках с ЧПУ при рассверливании отверстий, для обработки поволоков, ступенчатых и фасонных отверстий и отверстий малых диаметров (меньше 1...1,5 мм).

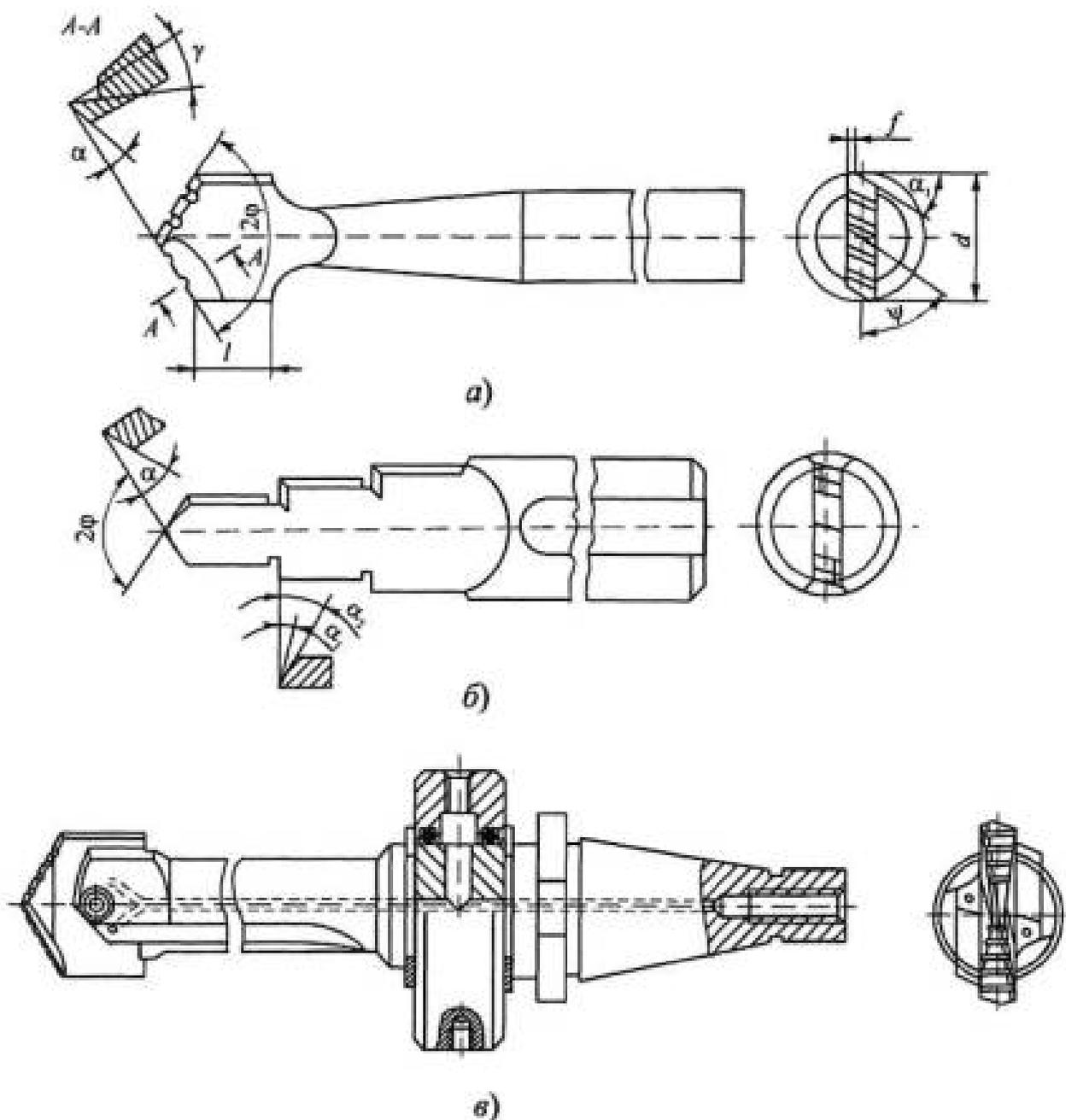


Рис. 2.1. Перовые сверла:
а – цельное; б – для сверления ступенчатых отверстий;
в – сборное, с внутренним напорным охлаждением

2.2. Спиральные сверла

Спиральные сверла используются для обработки отверстий диаметром до 80 мм, обеспечивают точность, соответствующую 11...12 качеству, и шероховатость $Rz=20...80$ мкм.

Из всех известных конструкций сверл спиральные сверла нашли наибольшее применение благодаря следующим достоинствам: 1) хорошему отводу стружки из обрабатываемого отверстия из-за наличия винтовых канавок; 2) положительным передним углом на большей длине главных режущих кромок; 3) большому запасу на переточку; 4) хорошему направлению сверла в отверстии благодаря наличию калибрующих ленточек на наружной поверхности калибрующей части инструмента.

Основные конструктивные элементы и геометрические параметры спиральных сверл показаны на рис. 2.2, 2.3.

Сверло имеет два винтовых зуба (рис.2, 2, б), на которых имеются:

- 1-1', 3-4 — главные режущие кромки сверла; 2-2' — поперечная кромка сверла; 3-3' — вспомогательные кромки сверла.
- главная задняя поверхность сверла;
- передняя поверхность сверла — винтовая поверхность;
- направляющая ленточка;
- вспомогательная поверхность;
- спинка зуба.

Рабочая часть состоит из режущей части с двумя главными режущими кромками, которая предназначена для срезания всего припуска; калибрующей части, предназначенной для направления сверла в работе, обеспечивающей удаление стружки и служащей запасом на переточку.

За рабочей частью следует шейка, которая облегчает шлифование хвостовика, и используется для нанесения маркировки сверла: диаметра, материала режущей части, товарного знака завода-изготовителя.

Хвостовик служит для закрепления сверла на станке. Хвостовики бывают двух типов: конические (типа Морзе) для сверл $d = 6...80$ мм и цилиндрические для сверл $d = 0,1...20$ мм. Конические хвостовики обеспечивают передачу большего крутящего момента, лучше центрируют и позволяют быструю установку.

Лапка служит для выбивания сверл из отверстия шпинделя станка или из переходной втулки.

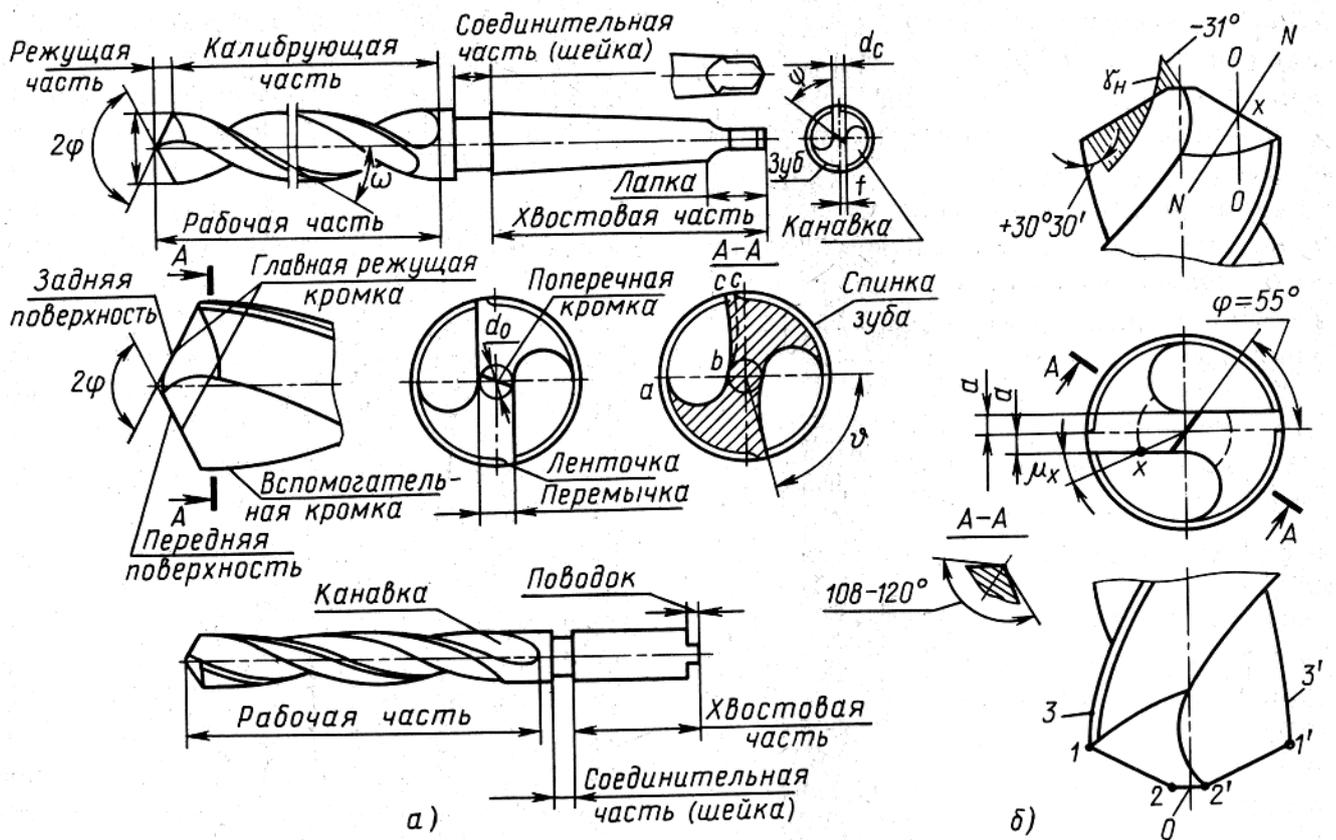


Рис.2.2. Конструктивные элементы спирального сверла

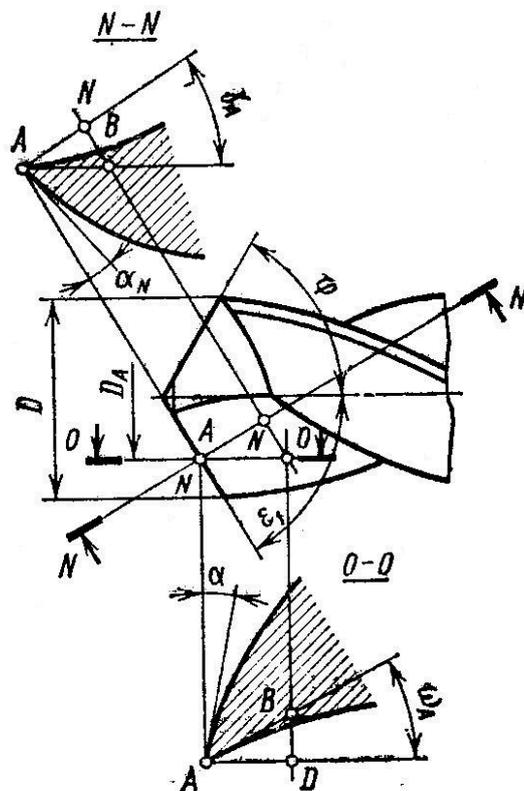


Рис.2.3. Геометрические параметры спирального сверла

Геометрические параметры спиральных сверл

Спиральные сверла имеют сложную геометрию режущей части, что объясняется наличием большого числа кромок и сложных по конфигурации передних и задних поверхностей.

Угол конуса при вершине 2ϕ определяет производительность и стойкость сверла. Играет роль главного угла в плане, подобно ему влияет на составляющие силы резания, длину режущей кромки и параметры сечения срезаемого слоя.

При уменьшении 2ϕ сила подачи снижается, а крутящий момент возрастает. Длина режущей кромки увеличивается – отвод тепла улучшается. Толщина стружки уменьшается. Снижается прочность вершины сверла. Угол 2ϕ выбирается экспериментально в зависимости от обрабатываемого материала (табл.2.1).

Таблица 2.1.

Материал	Угол 2ϕ	Угол ω
Сталь	116...120°	25...35°
Чугун, бронза, латунь	90...100°	10...16°
Вязкие материалы (алюминий, медь и т.п.)	130...140°	35...45°

Угол наклона винтовой стружечной канавки ω , замеренный на наружном диаметре сверла, является одним из важнейших параметров, определяющих величину передних углов в каждой точке главных режущих кромок.

От угла ω зависят:

1. сход стружки, с увеличением этого угла отвод стружки улучшается;
2. прочность и жесткость сверла, с увеличением ω жесткость на изгиб снижается, а жесткость на кручение возрастает;
3. величина переднего угла, с увеличением ω передний угол возрастает.

Международная организация по стандартизации ISO рекомендует три типа сверл:

тип H для обработки хрупких материалов с $\omega = 10...16^\circ$;

тип N для обработки материалов, дающих элементную стружку с $\omega = 25...35^\circ$;

тип W для обработки вязких материалов (алюминий, медь и т.п.) с $\omega = 35...45^\circ$.

Передний угол γ главных режущих кромок в рабочей плоскости О - О (рис.2.3) для каждой точки режущей кромки равняется углу наклона винтовой канавки на диаметре рассматриваемой точки:

$$\text{tg } \gamma_{\text{пр}i} = \text{tg } \omega_i = \frac{r_i}{r} \text{tg } \omega.$$

С точки зрения процесса резания степень деформирования металла при переходе в стружку определяется углами в сечении, нормальном к режущей кромке – в главной секущей плоскости N-N. Пользуясь формулой пересчета углов в сечении О-О к N-N, найдем, что передний угол в главной секущей плоскости N-N

$$\text{tg } \gamma_{N_i} = \frac{\text{tg } \gamma_{\text{пр}i}}{\sin \varphi} = \frac{r_i}{r} \frac{\text{tg } \omega}{\sin \varphi}.$$

Как видно из формулы, передний угол зависит от угла ω и уменьшается на режущей кромке от периферии к центру. На поперечной кромке передний угол имеет отрицательные значения.

Задний угол α на главных режущих кромках создается путем заточки перьев сверл по задним поверхностям, которые могут быть оформлены как части плоской, конической или винтовой поверхности.

У спиральных сверл принято рассматривать задний угол в статике в цилиндрическом сечении, как угол зазора между касательной к задней поверхности и поверхностью резания (рис. 2.3, 2.4).

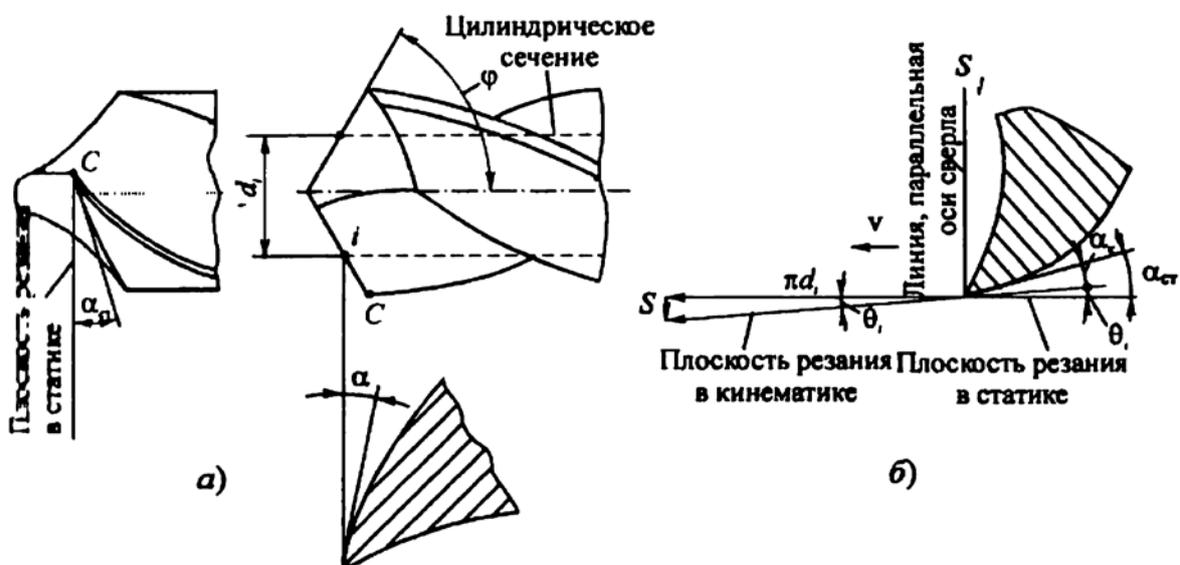


Рис.2.4. Задние углы в статике и кинематике спирального сверла в цилиндрическом сечении

Кинематический задний угол α_p (Рис.2.4) определяют как угол между продолжением развертки винтовой линии траектории результирующего движения резания и касательной к задней поверхности сверла. При этом

$$\alpha_{к_i} = \alpha_{ст_i} - \theta_i ,$$

где θ_i – угол скорости резания.

Угол скорости резания увеличивается с ростом подачи и уменьшением диаметра рассматриваемой точки:

$$\operatorname{tg} \theta_i = S / \pi d_i .$$

Для выравнивания кинематических задних углов инструментальный задний угол делают переменным вдоль режущей кромки. На периферии он равен $8 \dots 14^\circ$, а у сердцевины $20 \dots 25^\circ$.

Методы заточки спиральных сверл

Одноплоскостная заточка (рис. 2.5, а) – наиболее простая в технологическом плане, но требует больших задних углов, дает прямолинейную поперечную кромку, не обеспечивающую правильного центрирования сверла при работе без кондуктора. Значения заднего угла и угла наклона поперечной кромки зависят от угла при вершине и заднего угла на периферии. Используют для мелких сверл диаметром до 3 мм, когда ширина перьев мала.

Двухплоскостная заточка отличается тем, что часть задней поверхности, прилегающая к главной режущей кромке, затачивается с оптимальными задними углами, а конец пера – под значительно большими углами (рис. 2.5, б). Это обеспечивает большую прочность режущих клиньев, устраняет возможность затирания поверхности детали и лучшие условия засверливания. Распространена для заточки твердосплавных сверл.

Заточка по конической поверхности (рис. 2.5, в) обеспечивает благоприятное изменение инструментальных задних углов вдоль режущей кромки, дает более резкое изменение этих углов, поэтому это способ более распространен. Величина угла α регулируется смещением K оси сверла относительно вершины конуса.

Заточка по винтовой поверхности (рис. 2.5, д) позволяет получить более рациональное распределение значений задних углов и более выпуклую поперечную кромку сверла, что улучшает самоцентрирование сверла. Возможна автоматизация процесса заточки.

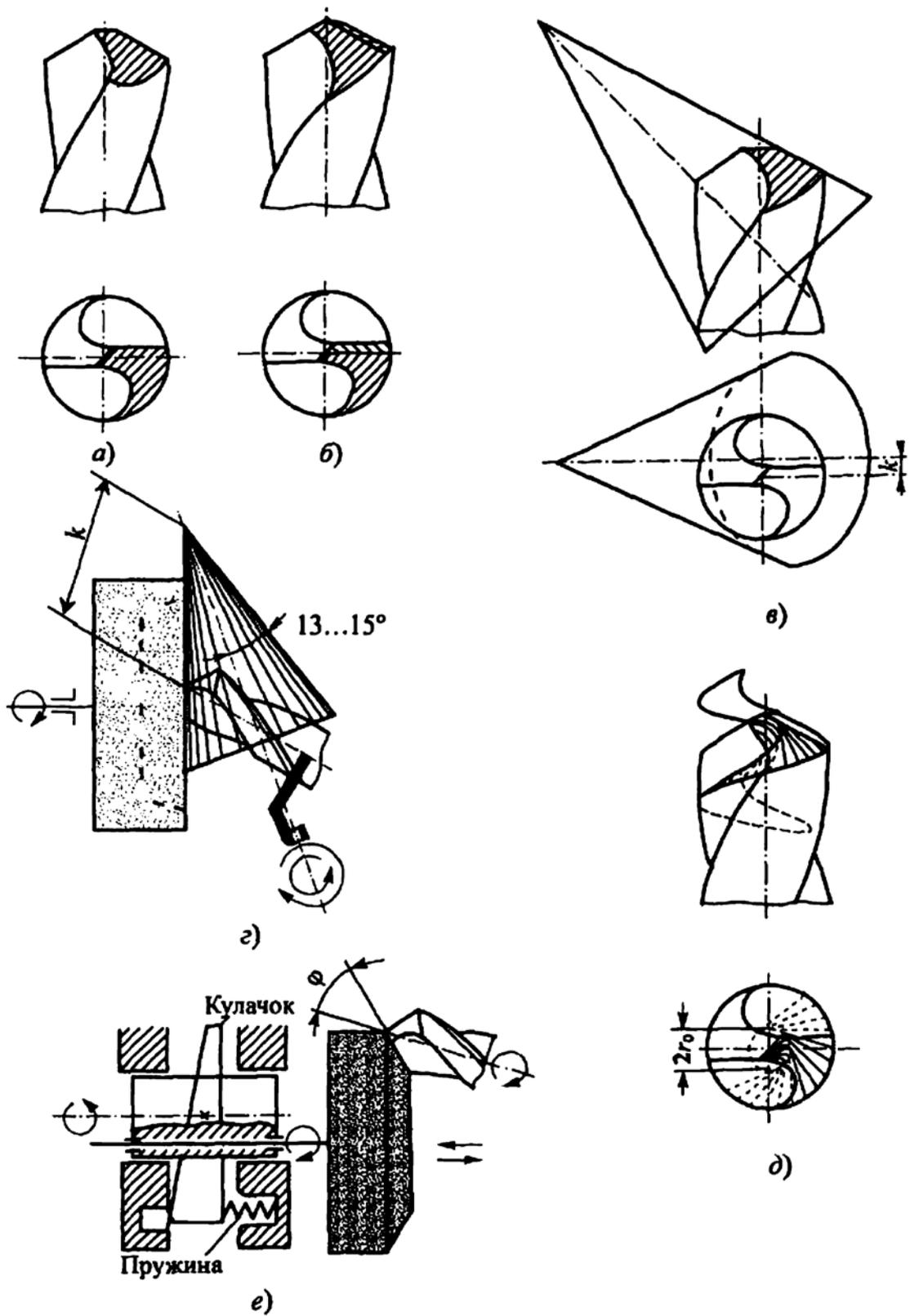


Рис. 2. 5. Методы заточки спиральных сверл:
 а – одноплоскостная; б – двухплоскостная;
 в, г – коническая; д, е – винтовая

Геометрические параметры поперечной режущей кромки

Поперечная режущая кромка сверла формируется при заточке как линия пересечения задних поверхностей перьев. Фактически она состоит из двух полукромки АО и ОВ (рис. 2.6, а), являющихся продолжением до оси двух главных режущих кромок. Передние и задние поверхности этих полукромки являются частью лавных задних поверхностей сверла. При всех методах заточки передние углы на полукромках имеют отрицательные значения.

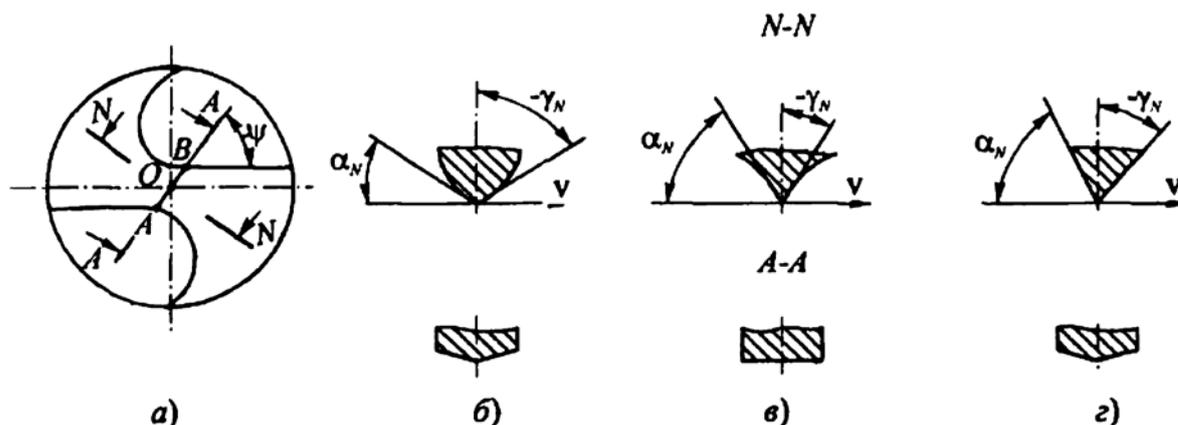


Рис. 2.6. Геометрические параметры поперечной режущей кромки спирального сверла:

а – вид сверла с торца; б – коническая заточка; в – винтовая заточка; г – двухплоскостная заточка

Другой геометрический параметр поперечной режущей кромки – угол ψ ее наклона к главной режущей кромке. От него зависит длина поперечной кромки:

$$AB = d_0 \sin \psi.$$

Угол ψ тесно связан с задним углом α на периферии сверла, его диаметром и методом заточки. Это угол может служить одним из критериев правильности заточки сверла (таблица 2.1).

Таблица 2.1. Влияние диаметра сверла на величину углов α и ψ

Диаметр сверла d , мм	α°	ψ°
2,0...5,0	12	48
5,1...11,0	9	50
11,1...18,0	8	52
18,5...80,0	8	55

Недостатки геометрии спиральных сверл и способы ее улучшения при заточке

К числу основных недостатков геометрии стандартных спиральных сверл, снижающих их стойкость и производительность, можно отнести:

1) уменьшение переднего угла при приближении к центру сверла; 2) неблагоприятная геометрия на поперечной кромке; 3) отсутствие заднего угла на вспомогательной режущей кромке; 4) большое тепловыделение и плохой теплоотвод на периферийных участках режущей кромки, их повышенный износ.

Для уменьшения влияния этих недостатков применяются следующие способы.

1. Подточка цилиндрических ленточек – создается задний угол ($\alpha_1 = 6 \dots 8^\circ$) на вспомогательной режущей кромке с оставлением небольшой фаски шириной = 0,3 - 0,1 мм на длине 1,5...5 мм (рис. 2.7, а). Приводит к увеличению стойкости до 2...3 раз.

2. Подточка поперечной кромки либо уменьшает ее длину, либо уменьшает отрицательное значение передних углов. (рис. 2.7, б). В результате облегчается резание, повышается стойкость сверла. Рекомендуется для обработки сталей малой и средней твердости, особенно для крупных сверл.

3. Перерезание поперечной кромки с образованием новых полукромки обеспечивает снижение осевой силы до 50%. (рис. 2.7, в). Из-за ослабления и разрушения центра сверла этот способ применим лишь при сверлении чугунов.

4. Для снижения неравномерной загрузки на рабочей части применяют сверла с криволинейными режущими кромками, которые могут иметь либо полностью радиусный профиль, либо радиусный профиль, сопряженный с прямолинейным участком. Ввиду сложности заточки таких сверл заменяют криволинейную кромку ломаной, состоящей из двух участков с углом при вершине $2\varphi = 116-120^\circ$, и дополнительной режущей кромкой на периферии под углом $2\varphi_1 = 70-75^\circ$. Двойная заточка режущей кромки уменьшает износ наиболее напряженного участка режущей кромки за счет уменьшения толщины срезаемого слоя на периферии и улучшения теплоотвода (рис. 2.7, г).

На практике применяются и другие способы дополнительной заточки режущей части сверл, используемой с целью повышения их стойкости.

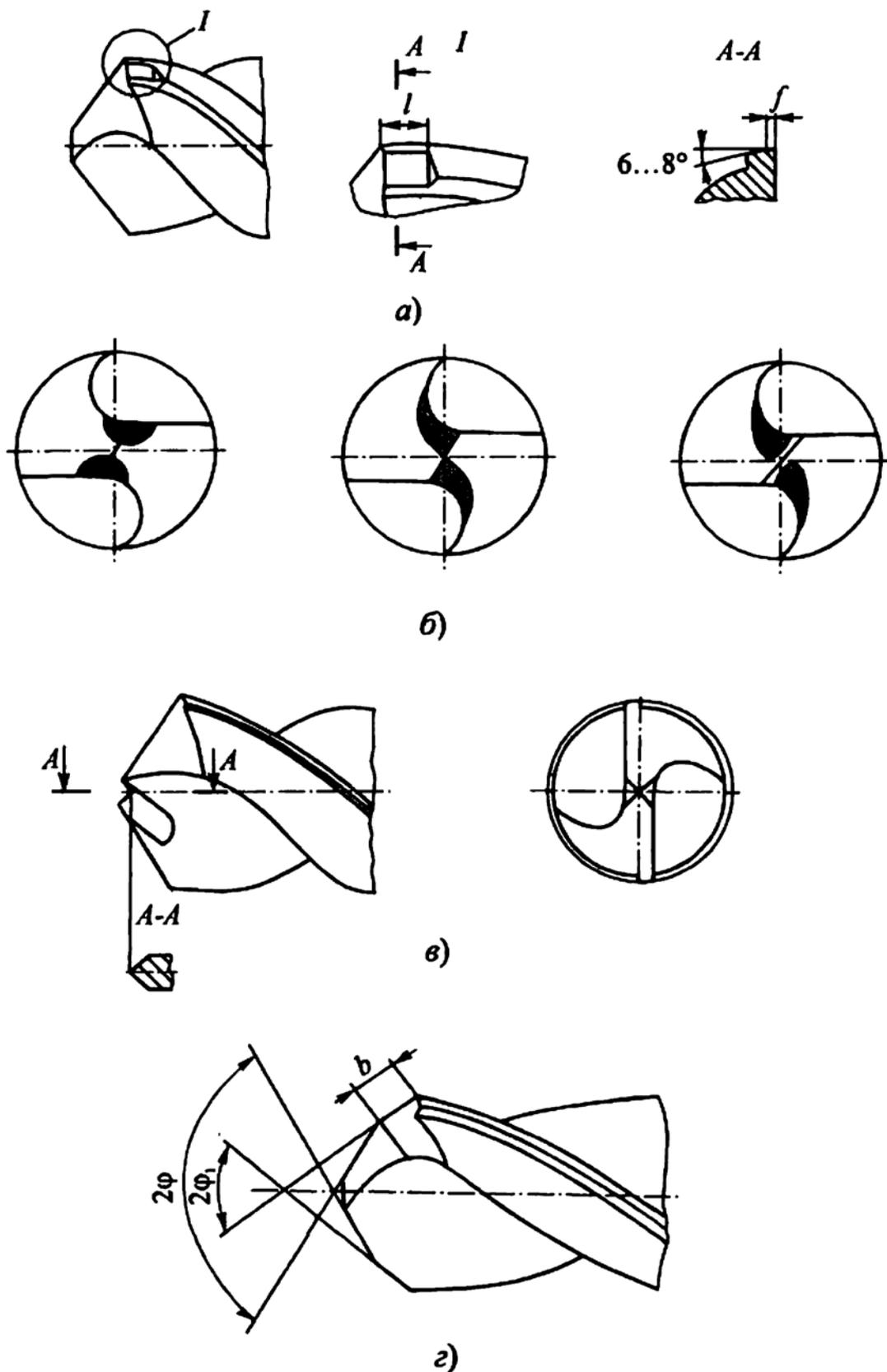


Рис. 2.7. Способы улучшения геометрии спиральных сверл путем заточки:
 а – подточка ленточки; б, в – подточка поперечной кромки;
 г – заточка с двойным углом при вершине

2.3. Особенности конструкций твердосплавных сверл

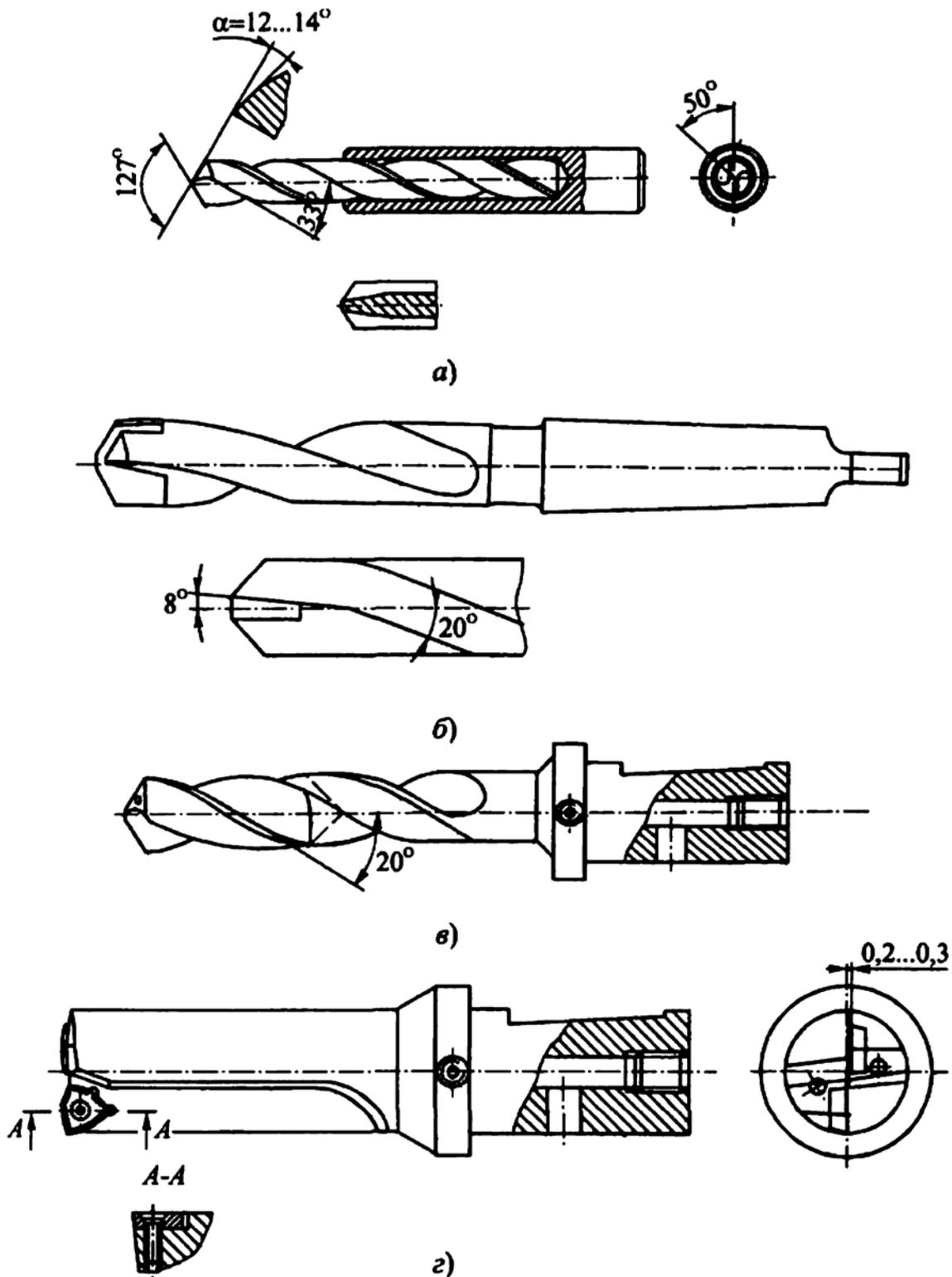


Рис. 2.8. Твердосплавные сверла;
а – цельные; б – с напайными пластинами; в – с коронками;
г – с механическим креплением СМП

Твердосплавные сверла обеспечивают повышение производительности до двух раз по сравнению сверлами из быстрорежущих сталей. Предъявляют повышенные требования к жесткости и виброустойчивости системы СПИД.

Длина твердосплавных сверл меньше, чем у сверл из быстрорежущей стали, что способствует повышению жесткости, кроме того, число переточек твердосплавных сверл ограничено и соответствует длине твердосплавной пластинки.

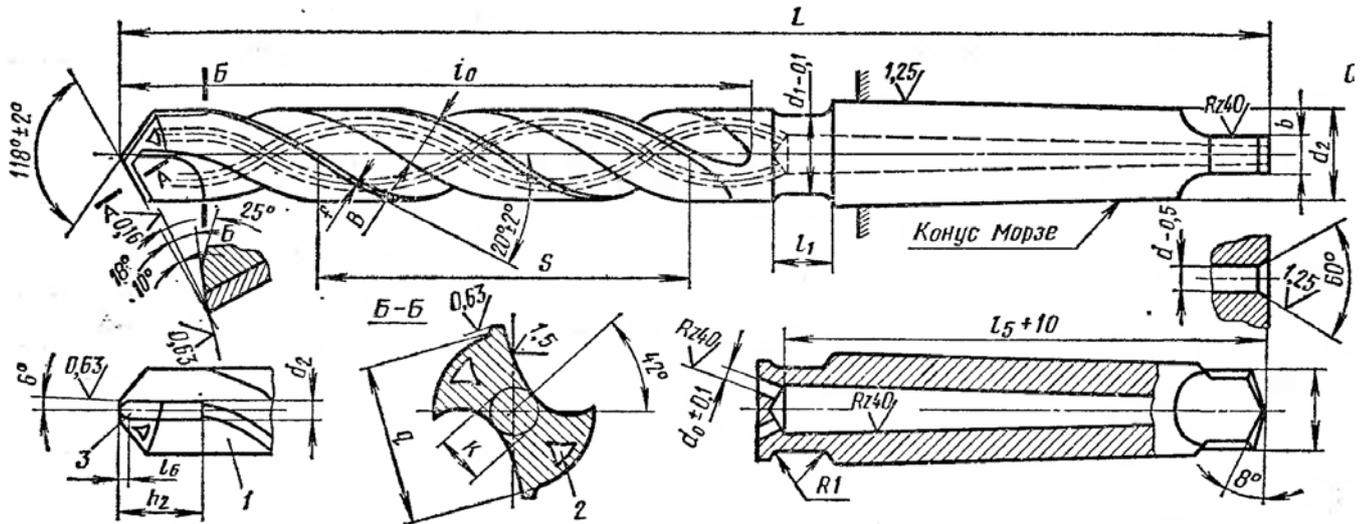


Рис. 2.9. Твердосплавное сверло с внутренним подводом охлаждения

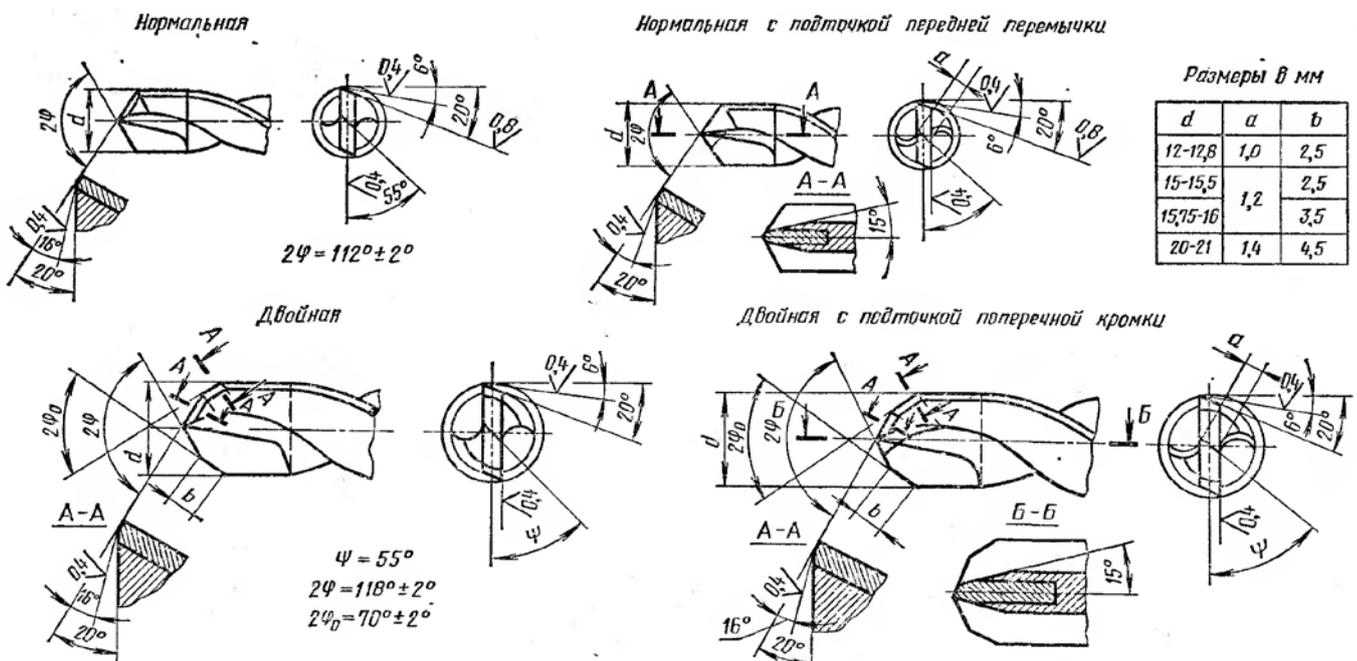


Рис. 2.10. Формы заточки сверл с пластинками из твердого сплава

Мелкогабаритные твердосплавные сверла ($d = 2...6$ мм) изготавливают цельными твердосплавными или составными, когда хвостовик изготавливается из стали (рис. 2.8, а), а рабочая часть - из твердого сплава.

Сверла $d = 10...30$ мм оснащают напайными пластинами или коронками из твердого сплава (рис. 2.8, б, в). При этом корпус сверла изготавливается из стали 9ХС или Р6М5. На корпусах таких сверл направляющие ленточки обычно не делают, так как при высоких скоростях резания, допускаемых твердым сплавом, они быстро выходят из строя и не выполняют роли направляющих сверл.

Обратная конусность предусматривается только на твердосплавной режущей части с созданием вспомогательных углов в плане $\varphi_1 = 25...30'$. Диаметр корпуса сверла занижается на $0,2...0,3$ мм по сравнению с диаметром конца твердосплавной части.

Геометрические параметры режущей части: угол при вершине $2\varphi = 120...140^\circ$, угол наклона стружечных канавок $\omega = 0...20^\circ$, заточка двух- или трехплоскостная с задним углом на главных режущих кромках $\alpha = 7...9^\circ$. Передний угол на твердосплавных пластинах $\gamma = 8^\circ$, а на коронках с винтовыми канавками переменный, как у быстрорежущих сверл, зависящий от угла ω . Хвостовик конический или чаще всего цилиндрический, как более технологичный. Для повышения прочности и жесткости диаметр сердцевины увеличивают до $(0,22...0,3)D$.

Для снижения осевого усилия применяется подточка поперечной режущей кромки с сокращением ее длины до $(0,10...0,15)d$. Так как место пайки пластины и коронки расположено близко от зоны резания, то иногда в процессе сверления наблюдаются случаи отпаивания и разрушения твердосплавной части. Этого можно избежать, если использовать подачу СОЖ через внутренние каналы в корпусе сверла, так как СОЖ снижает температуру резания, интенсивность износа режущих кромок и обеспечивает надежный вывод стружки из отверстия. Такие сверла можно с успехом использовать даже при сверлении труднообрабатываемых сталей.

Наибольшую надежность имеют сверла с напайными твердосплавными коронками и каналами для внутреннего подвода СОЖ, выпускаемые рядом зарубежных фирм. В этом случае длина коронок принимается равной $(1...2)d$, угол при вершине $2\varphi = 120^\circ$, угол наклона винтовых канавок $\omega = 20^\circ$, заточка двух- или трехплоскостная с подточкой поперечной режущей кромки (рис. 2.9, 2.10.)

В последние годы широкое применение нашли сверла, оснащенные неперетачиваемыми пластинами с механическим креплением на корпусе (рис. 2.8, г). Они используются для сверления отверстий глубиной $L = (3...4)d$ и диаметром $d = 20...60$ мм. При этом для повышения надежности сверл в их корпусах выполнены отверстия для подвода СОЖ в зону резания. Стружечные канавки чаще всего делают прямыми, как более технологичные. У сверл небольших диаметров стружечные канавки могут быть и винтовыми с углом наклона $\omega = 20^\circ$.

Применяемые в сверлах твердосплавные СМП позитивного типа с $\alpha > 0$ в форме параллелограмма, ромба, прямоугольника или неправильного треугольника с шестью режущими кромками и центральным отверстием конической формы для крепления винтом. Вдоль режущих кромок на пластинках при прес-

совании делают уступы или мелкие сферические лунки, обеспечивающие надежное дробление стружки. Пластины располагаются с обеих сторон относительно оси сверла таким образом, что делят припуск по ширине с перекрытием в средней части. Одна из пластин обрабатывает центральную часть отверстия, а другая – периферийную (рис. 2. 11). Поперечная режущая кромка у таких сверл отсутствует, а хвостовик делается цилиндрическим даже у сверл больших диаметров.



Рис. 2.11. Общий вид режущих пластин сверла со сменными пластинами

Режущая кромка образована двумя или более пластинками, перекрывающимися друг друга, поэтому она формирует практически плоское дно отверстия. Центральная пластина располагается таким образом, чтобы ее режущая пластина находилась на оси сверла. Расположение центральной пластины с перекрытием оси сверла может привести при сверлении к поломке вершины пластинки, т.к. участок режущей кромки переходящий за ось будет работать с отрицательными задними углами (обратной стороной).

Конструкция пластины оптимизирована в зависимости от положения пластины на сверле (на периферии или в центре) и требований к обработке. Сочетание центральной и периферийной пластин, уравнивающее радиальные составляющие силы резания, позволяет обрабатывать точные отверстия.

2.4. Сверла для сверления глубоких отверстий

Глубоким считается сверление отверстий на глубину, превышающую диаметр сверла в 5 и более раз.

Глубокое сверление производится, как правило, при вращающейся заготовке, реже при вращении инструмента и заготовки вместе.

При сверлении глубоких отверстий возникают проблемы:

- затруднен отвод стружки;
- затруднен отвод тепла, необходимо обеспечить подвод СОЖ в зону резания;

- требуется обеспечить более точное направление сверла в процессе работы.

Сверла для глубокого сверления можно разделить на две группы:

1. Многокромочные сверла с поперечной кромкой, имеющие две главные режущие кромки.

Их преимущество – высокая производительность.

Недостаток – наличие поперечной кромки, вследствие чего появляются вибрации в работе, снижается качество обработки. Возможен увод сверла с оси детали, не обеспечивается прямолинейность оси.

2. Однокромочные сверла или сверла одностороннего резания.

Эти сверла делят на сверла с внутренним подводом СОЖ и наружным отводом стружки и на сверла с наружным подводом СОЖ и внутренним отводом стружки.

Спиральные сверла для глубокого сверления

На практике при сверлении отверстий глубиной до $20d$ на универсальном оборудовании часто используют спиральные сверла удлиненной серии или с нормальной длиной режущей части и длинным хвостовиком, равным глубине отверстия. В этом случае для освобождения сверла от стружки в процессе сверления применяется кинематический ввод-вывод инструмента из отверстия.

С целью уменьшения увода оси отверстия у таких сверл рекомендуется вышлифовывать на спинках четыре ленточки и увеличить насколько возможно диаметр сердцевины (рис. 2.12 а).

Для улучшения отвода стружки без вывода сверла из отверстия используются шнековые сверла (рис. 2.12 б). Такие сверла чаще всего применяются для сверления отверстий глубиной до $(30...40) d$ в деталях из чугуна и других хрупких металлов.

Особенности шнековых сверл:

- Большой угол наклона стружечных канавок ($\omega = 60...65^\circ$).
- Увеличенный диаметр сердцевины сверла $d_c = (0,3...0,35)d$.
- Треугольный профиль стружечных канавок в осевом сечении. Образующая рабочей стороны канавки перпендикулярна оси сверла.
- Уменьшенная в два раза ширина направляющей ленточки по сравнению со спиральным сверлом.
- Подточка передней поверхности.

Для обеспечения надежного стружкодробления без вывода сверл из отверстия при одновременном повышении стойкости применяют также быстрорежущие сверла с каналами для внутреннего подвода СОЖ (рис. 2.12 в).

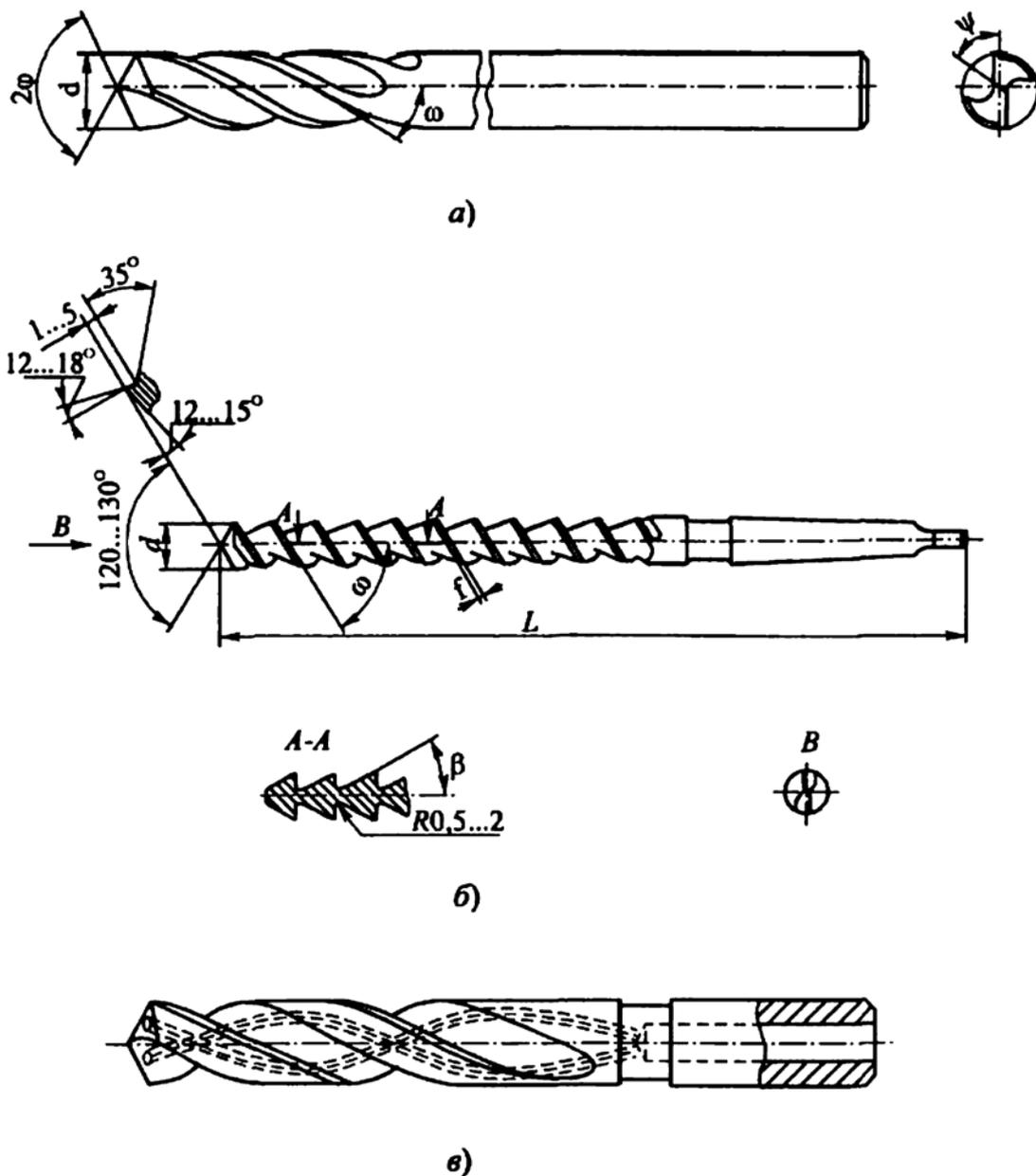


Рис. 2.12. Спиральные сверла для глубокого сверления:
 а – четырехленточное с длинным хвостовиком; б – шнековое;
 в – с внутренним напорным охлаждением

Сверла одностороннего резания

Самым эффективным способом, позволяющим свести до минимума увод и повысить точность отверстий, является способ базирования режущей части инструмента с опорой на обработанную поверхность. С этой целью предусматривается такое расположение режущих кромок, когда заведомо создается неуравновешенная радиальная составляющая силы резания, прижимающая опорные направляющие корпуса к поверхности отверстия, которое образовано впереди идущими режущими кромками (рис. 2.13). Инструменты, работающие по такому принципу, называются инструментами с определенностью базирования или инструментами одностороннего резания.

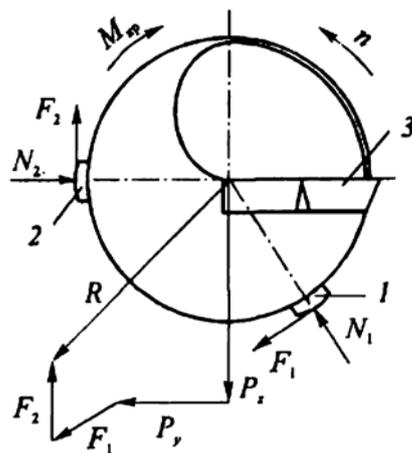


Рис. 2.13. Схема сил, действующих в плоскости сверла с определенностью базирования:
 1,2 – твердосплавные направляющие пластины;
 3 – твердосплавная режущая пластина

К ним относятся пушечные и ружейные сверла, сверлильные головки БТА и эжекторные сверла. Они могут быть с одной или несколькими режущими кромками, но в любом случае суммарная радиальная составляющая силы резания и трения R для осуществления принципа определенности базирования должна быть строго к опорной поверхности и расположена между направляющими пластинами.

Исторически первой и наиболее простой конструкцией сверла глубокого сверления являются пушечные сверла.

Пушечное сверло представляет собой стержень большой длины, передний конец которого срезан примерно до половины диаметра и заточен с торца с задним углом α . Во избежание заедания сверла в отверстии передняя поверхность располагается выше центра на $0,2 \dots 0,5$ мм в зависимости от диаметра сверла (рис. 2.14, а). Сверло имеет главную режущую кромку, направленную перпендикулярно оси отверстия и на $0,5 \dots 0,8$ мм проходящую через центр. Вспомогательная режущая кромка может быть срезана под углом 10° . сверло работает с направлением по предварительно надсверленному отверстию. Для направления сверло имеет цилиндрическую поверхность.

Геометрия сверла не выгодная: передний угол нулевой, а задний – $8 \dots 10^\circ$. Для уменьшения трения направляющей о стенки отверстия со стороны вспомогательной режущей кромки на наружной поверхности срезана лыска под углом 30° и направляющая имеет обратную конусность $0,03 \dots 0,05$ мм на 100мм длины.

Сверло не обеспечивает непрерывного процесса резания, т.к. для удаления стружки и охлаждения сверло периодически необходимо выводить из отверстия.

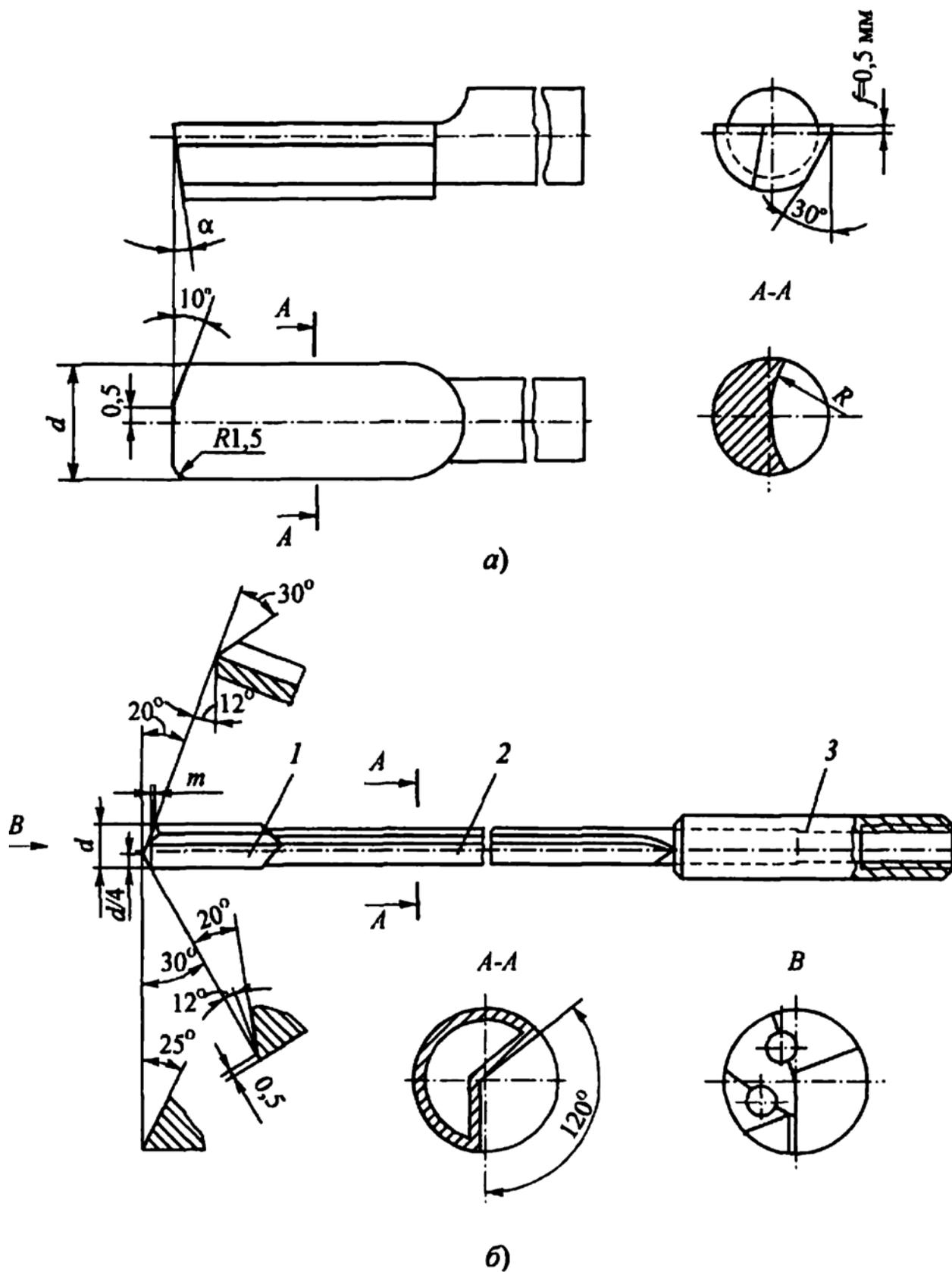


Рис. 2.14. Сверла для сверления глубоких отверстий:
 а – пушечное ($d = 3 \dots 36$ мм); б – ружейное ($d = 1 \dots 30$ мм)

Ружейные сверла (рис. 2.14, б) в отличие от пушечных имеют внутренний канал для подвода СОЖ и прямую (иногда винтовую) канавку для наружного отвода пульпы (смесь стружки и СОЖ).

Применяются для получения точных отверстий с прямолинейной осью .

Основные части сверла:

- режущая часть из быстрорежущей стали или твердого сплава;
- стемпель из углеродистой стали, диаметр которого несколько меньше, чем у режущей и зажимной части;
- хвостовик в виде гильзы, вставляемой в станок и подсоединяемой к системе подачи СОЖ.

Рабочая часть представляет собой трубку с продольным прямолинейным V-образным пазом. Через отверстие в трубке к режущей части сверла под высоким давлением подается охлаждающая жидкость. Отработанная жидкость вместе со стружкой выходит по пазу.

Для облегчения резания и лучшего направления вершина сверла смещена относительно оси сверла на величину a . Смещение образует конус, служащий опорой сверлу и обеспечивает ему направление в процессе резания.

Ружейные сверла обеспечивают высокую точность (7...9 квалитет), прямолинейность оси отверстия, высокое качество поверхности.

К числу недостатков ружейных сверл можно отнести малые поперечную и крутильную жесткости из-за ослабленного канавкой стемпеля. По этой причине приходится снижать подачу, a , следовательно, и производительность процесса сверления.

Технология глубокого сверления БТА предполагает подвод СОЖ по зазору между стенкой обрабатываемого отверстия и наружной поверхностью стемпеля. По этому зазору СОЖ подается в зону резания, где забирает стружку и по отверстию в стемпеле транспортирует ее в стружкоприемник. Таким образом, в данной системе реализуется схема наружной подачи СОЖ и внутренний отвод стружки (рис. 2.15).

Название определено в соответствии с наименованием ассоциации Boring and Trepanning Association (BTA), объединяющей ряд зарубежных стран по теме исследований и разработок систем глубокого сверления. Еще система БТА называется системой STS (от англ. Single Tube System – система с одной трубой).

Сверла и сверлильные головки БТА отличаются тем, что при малых диаметрах сверления твердосплавные режущие и направляющие пластины напаиваются непосредственно на трубчатый стержень (рис. 2.16, а), а при больших диаметрах – на головки (рис. 2.16, б...д), навинчиваемые на стемпель.

Головки изготавливают различными по конструктивному исполнению: однокромочными (рис. 2.16, б, в), многокромочными (рис. 2.16, г, д), перетачиваемыми, неперетачиваемыми, с напайными или сменными режущими и направляющими пластинами.

Признано, что эта технология самая совершенная из всех технологий сверления глубоких отверстий, хотя и сама сложная. Сложность определяется, прежде всего, необходимостью использовать в работе специальное устройство – маслоприемник, обеспечивающего герметизацию стыка: торец заготовки – направляющая втулка для захода сверла. Сложность маслоприемников возрастает для станков при сверлении вращающихся деталей, когда направляющая втулка должна вращаться вместе с деталью, а маслоприемник, к которому от насосной станции подведены шланги подачи СОЖ, размещен в неподвижной стойке станка. При этом маслоприемник должен обеспечить подвод в зазор между стеблем и отверстием большие количества СОЖ (400 л/мин и более для больших диаметров) при громадных давлениях, при определенных условиях достигающих 10 МПа и более. Естественно, что в конструкциях маслоприемников выбор и проектирование уплотнений всегда является проблемой.

Достоинства сверл БТА состоит в том, что благодаря высокой жесткости трубчатого стебля подача, по сравнению с ружейными сверлами, увеличивается в 2...4 раза, а стружка, удаляемая из зоны резания по внутреннему каналу, не портит обработанную поверхность.

К недостаткам сверл БТА следует отнести трудности с надежным удалением стружки через относительно небольшое по сечению входное отверстие в режущей части, при закупоривании которого процесс сверления становится невозможным.

Считается экономически выгодным использовать технологию сверления глубоких отверстий с наружным подводом СОЖ в диапазоне диаметров от 7 до 120 мм при относительных длинах отверстий $250 d$ и более. Уводы оси отверстия при использовании этой технологии не превышают 0,1 мм на 1000 мм.

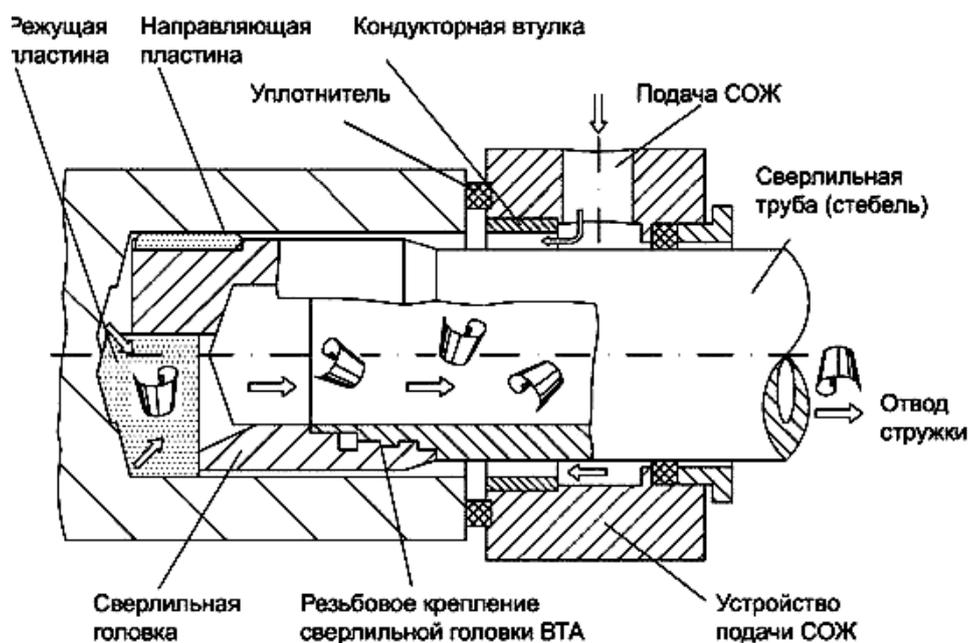


Рис.2.15. Принципиальная схема глубокого сверления систем БТА (Boring and Trepanning Association) и STS (Single Tube System)

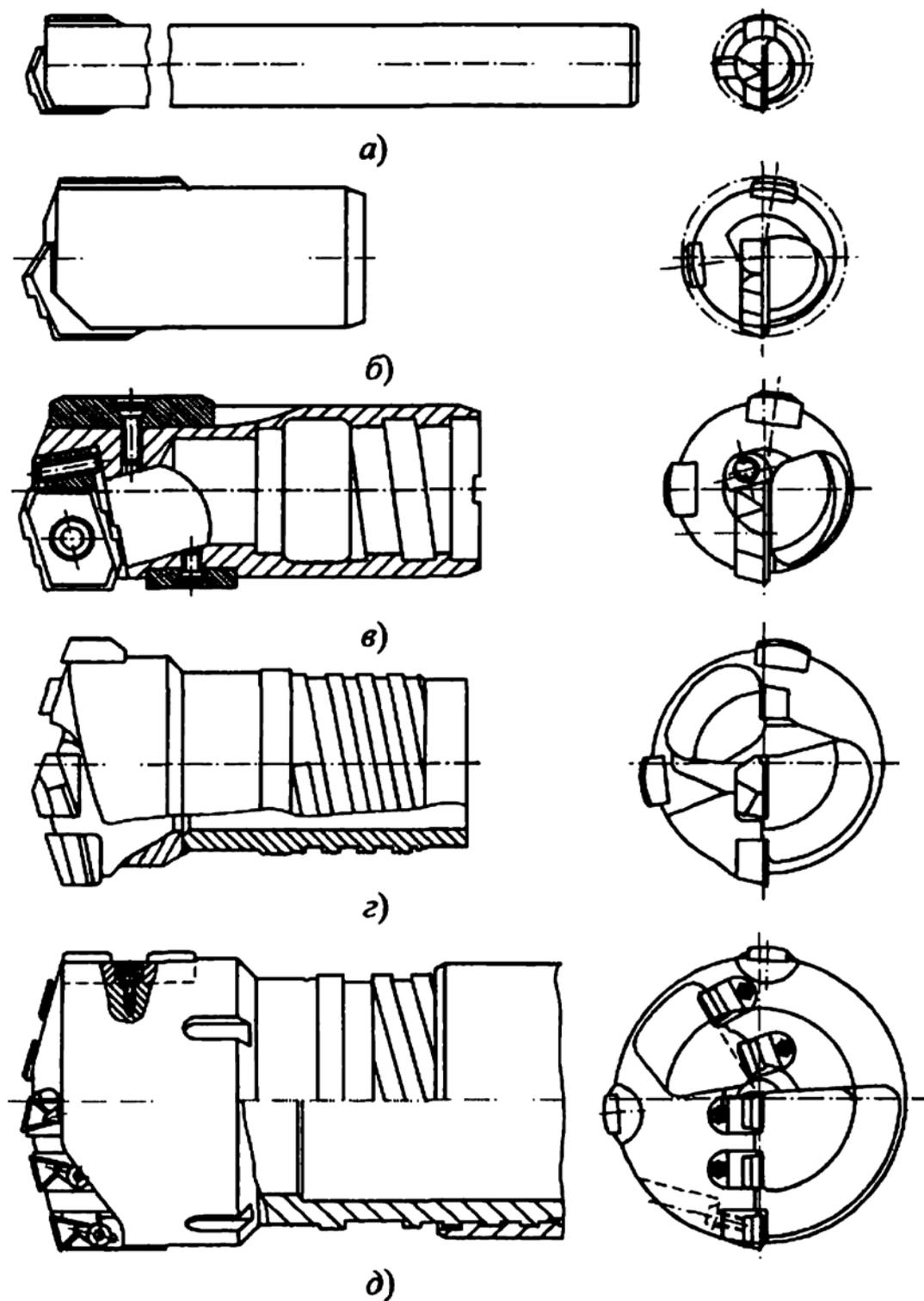


Рис. 2. 16. Сверлильные головки БТА:
 а – однокромочное сверло с напайной Г-образной твердосплавной пластиной ($d = 6...18$ мм); б – однокромочная напайная головка ($d = 18...30$ мм);
 в – однокромочная головка с механическим креплением режущих и направляющих пластин ($d = 18...65$ мм); г – многокромочная напайная головка БТА ($d = 18...65$ мм); д – многокромочная головка с механическим креплением режущих и направляющих пластин ($d > 65$ мм)

Эжекторные сверла

Технология эжекторного сверления глубоких отверстий предполагает использование инструмента, имеющего два стебля (две трубы). Поэтому ее также называют системой DTS (от англ. Double Tube System система с двумя трубами). В основе эжекторного сверла лежит сверлильная головка с твердосплавными ножами, навинченная на сверлильную трубу. Внутри наружного стебля находится внутренний стебель. Они служат для разграничения потоков СОЖ. Жидкость под давлением 2...3 МПа насосом подается в полость между наружным и внутренним стеблем к режущей части сверла. Основное количество СОЖ (около 70%) нагнетается через отверстия к режущей части сверла, что обеспечивает смазку и охлаждение опорной втулки и ножей. Остальная жидкость через щели во внутреннем стебле попадает в центральную полость. В результате перепада давления создается разрежение внутри корпуса сверла. Основной поток жидкости со стружкой из зоны резания как бы засасывается жидкостью в центральной части и движется с большей скоростью.

Принципиальная схема эжекторного сверления показана на рис. 2.17.

Эжекторное сверление обеспечивает практически те же результаты по производительности, точности и качественным характеристикам отверстий, что и глубокое сверление с внутренним и наружным подводом СОЖ. Но позволяет выполнять сверление на универсальных станках (токарных, сверлильных, горизонтально – расточных и др.), лишь дополнив их насосной станцией, стационарной или перемещающейся по мере надобности от одного станка к другому. При эжекторном сверлении не требуется герметизировать зазоры между заготовкой и кондукторной втулкой, что упрощает наладку и обслуживание станка. Эжекторное сверление можно применить для получения отверстий в самых разнообразных деталях, включая и случаи сверления прерывистых отверстий, например, в коленчатых валах, траках и др.

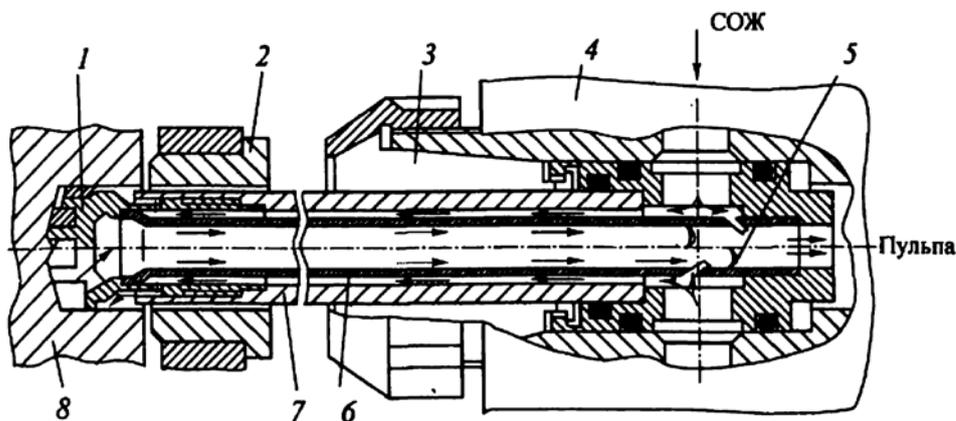


Рис. 2.17. Схема работы эжекторного сверла:

**1 – режущая головка; 2 – кондукторная втулка; 3 – цанга; 4 – зажимной патрон;
5 – сопла эжектора; 6 – тонкостенная труба; 7 – стебель; 8 – заготовка**

Эжекторные сверла $d=18...65$ мм чаще всего оснащают напайными твердосплавными пластинами, а $d=65...185$ мм и более - механически закрепляемыми СМП.

Сверла и головки для кольцевого сверления

При сплошном сверлении отверстий диаметром свыше 50 мм образуется большой объем стружки, требующий значительных затрат мощностей и инструментальных материалов. Усилия резания при этом резко возрастают. Чтобы избежать этого, используют способ кольцевого сверления, заключающийся в прорезании кольцевой канавки в заготовке с оставлением нетронутой сердцевины, которая в дальнейшем может быть использована в качестве заготовки деталей.

Простейшая конструкция кольцевого сверла в виде пустотелой трубы, на торце которой располагаются режущие ножи ($z = 3...12$), представлена на рис. 2. 18, а. Зубья режущей части имеют различную заточку для того, чтобы обеспечить разделение стружки по ширине. Трапецевидный зуб срезает среднюю часть, плоский нож срезает боковые части.

Известны и другие конструкции кольцевых сверл, в том числе оснащенные твердосплавными СМП, закрепляемые винтами. Такие сверла применяются для сверления как неглубоких (рис. 2.18, б), так и глубоких отверстий (рис. 2.18, в).

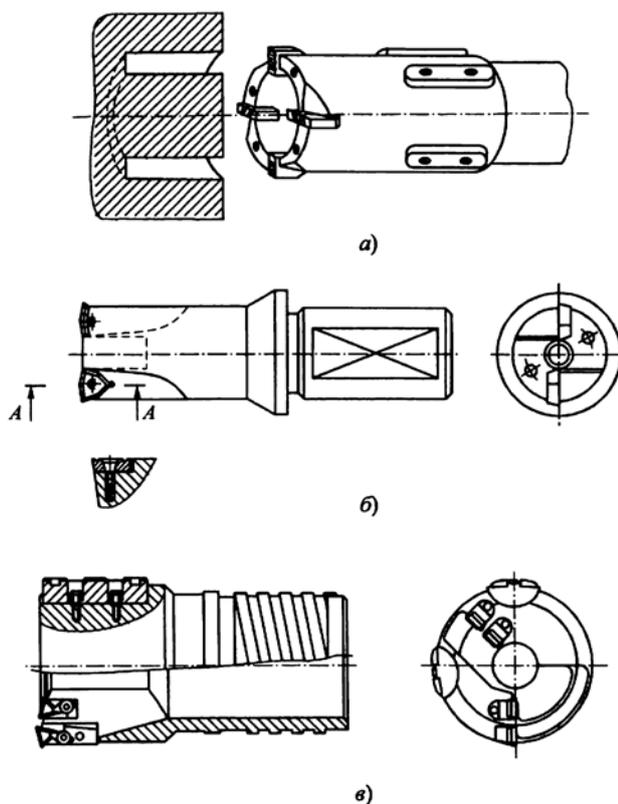


Рис. 2. 18. Кольцевые сверла:

- а – с механическим креплением режущих и направляющих пластин;**
- б – для неглубоких отверстий, оснащенные СМП;**
- в – оснащенные СМП головки одностороннего резания с внутренним отводом стружки для сверления глубоких отверстий**

3. ЗЕНКЕРЫ

Зенкеры – это осевые многолезвийные режущие инструменты, которые применяются для повышения точности формы отверстий, полученных сверлением, отливкой, ковкой или штамповкой; обеспечивают точность, соответствующую 9...10 качеству, и шероховатость $Ra = 40...10$ мкм.

Кинематика рабочих движений зенкеров подобна сверлам. Однако по сравнению с последними зенкеры обеспечивают большие производительность обработки и точность, так как снимают меньшие припуски ($t = 1,5...4,0$ мм, $d = 18...80$ мм), имеют большее число режущих кромок ($z = 3...6$) и направляющих ленточек.

Зенкеры классифицируют по следующим признакам:

а) по виду обработки – цилиндрические зенкеры [применяются для увеличения диаметра отверстий] (рис. 3.1, а); зенковки [применяются для обработки цилиндрических или конических углублений под головки болтов, винтов, а также для снятия фасок (рис. 3.1, б, в); подрезки торцов бобышек и приливов на корпусных деталях(рис. 3.1, г)];

б) по способу крепления зенкера - хвостовые [с цилиндрическим или коническим хвостовиками ($d = 10...40$ мм, $z = 3$)] и насадные ($d = 32...80$ мм, $z = 4$) с коническим посадочным отверстием (конусность 1:30) и торцевой шпонкой для предохранения от проворачивания в работе;

в) по конструкции зенкера - цельные, сборные (со вставными ножами $d = 40...120$ мм);

г) по виду режущего материала – быстрорежущие и твердосплавные.

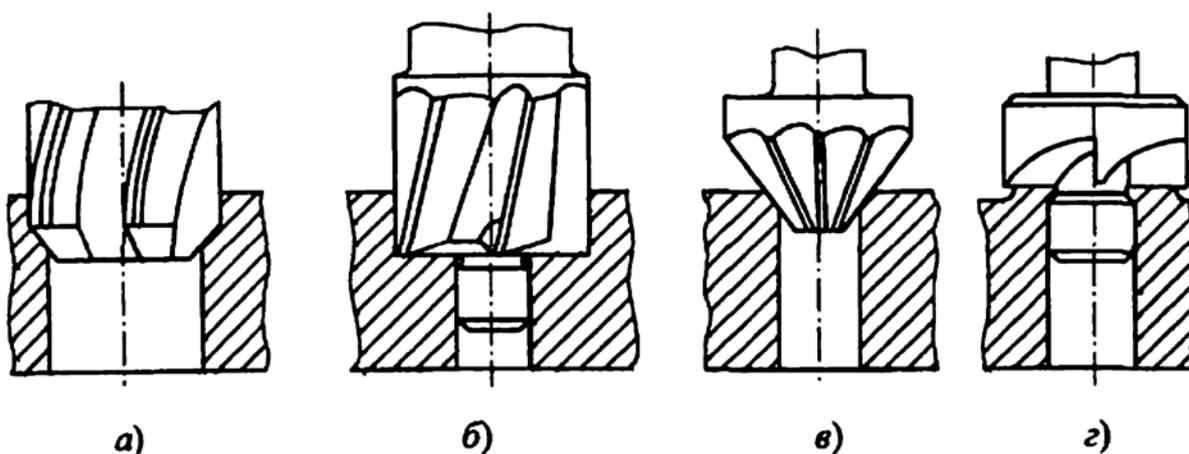


Рис. 3.1. Типы зенкеров:

а – цилиндрический зенкер; б, в, г – зенковки

3.1. Цилиндрические зенкеры

Цилиндрические зенкеры получили наибольшее распространение в металлообработке. Они могут быть хвостовыми (рис 3.2, а) и насадными (рис. 3.2, б).

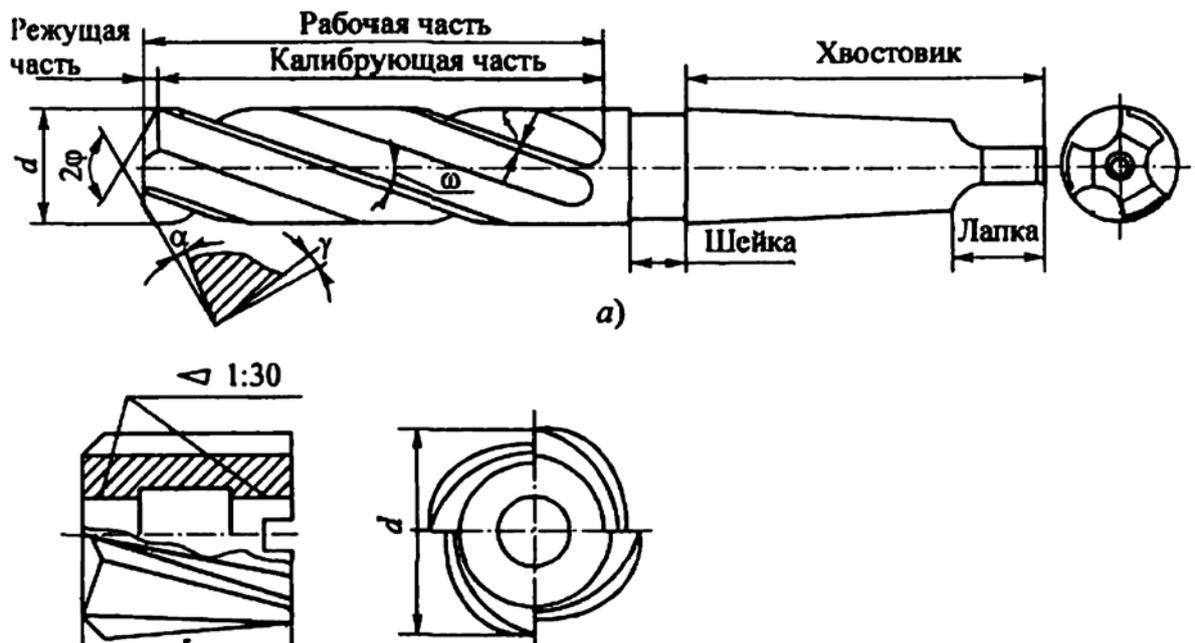


Рис. 3.2. Цилиндрические зенкеры:
а – хвостовой; б – насадной

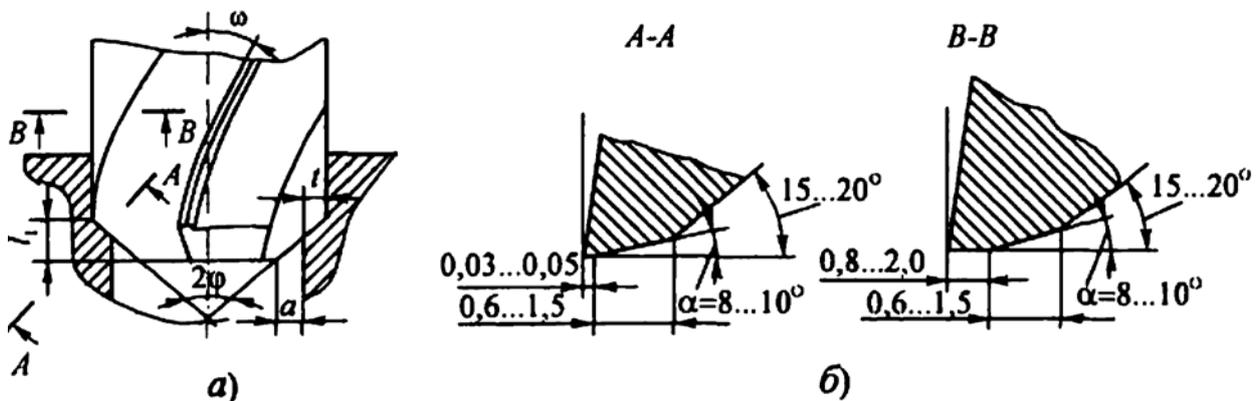


Рис. 3.3. Режущая часть зенкера:
а – элементы режущей части; б – формы заточки зубьев зенкера

К основным конструктивным элементам зенкеров относятся: режущая часть (заборный конус); калибрующая часть, число канавок (зубьев), форма канавок, крепежная часть.

К геометрическим параметрам относятся: угол при вершине 2φ , передние γ и задние α углы, углы наклона канавок ω и главных режущих кромок λ .

Режущая часть зенкера предназначена для удаления припуска. Режущая часть имеет длину (рис. 3.3)

$$l_1 = (t + a) \operatorname{ctg} \varphi = (1,5 \dots 2,0) t \operatorname{ctg} \varphi,$$

где t – глубина резания; a – дополнительная длина для обеспечения предварительного центрирования зенкера в отверстии в начале работы; φ – главный угол в плане (половина угла при вершине).

Калибрующая часть зенкера обеспечивает необходимую точность размера отверстия, направляет зенкер в процессе работы и служит запасом на переточку. На ней расположены направляющие ленточки шириной 0,8...2,5 мм.

Увеличение ширины ленточки ведет к налипанию на нее стружки, что ухудшает процесс резания. Для снижения трения выполняется обратная конусность по ленточкам 0,04...0,1 мм на 100 мм длины в зависимости от диаметра инструмента.

Число канавок. Зенкеры изготавливают, как правило с тремя (хвостовые) или четырьмя (насадные) канавками. Применяются также насадные зенкеры крупных размеров с шестью и более канавками. В тяжелом машиностроении для снятия больших припусков применяют двузубые зенкеры (зенкеры – улитки), насаживаемые на оправки (рис.3.4).

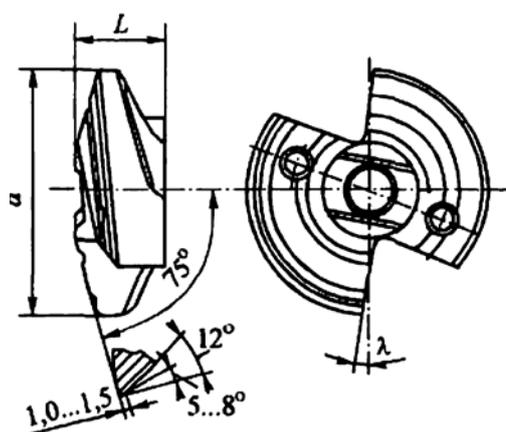


Рис. 3.4. Двузубый зенкер-улитка

Стружечные канавки могут быть:

- прямые (у твердосплавных зенкеров для обработки материалов, дающих стружку надлома),
- косые (у зенкеров со вставными ножами),
- винтовые.

На рис. 3.5 показаны некоторые формы канавок, применяемые разными инструментальными заводами. Криволинейная форма канавок (рис. 3.5, а...д) позволяет упростить изготовление зенкеров и сократить число операций, но требует специальных фасонных фрез. Канавки прямолинейного профиля (рис. 3.5, е) часто используются при оснащении зенкеров напайными твердосплавными пластинами.

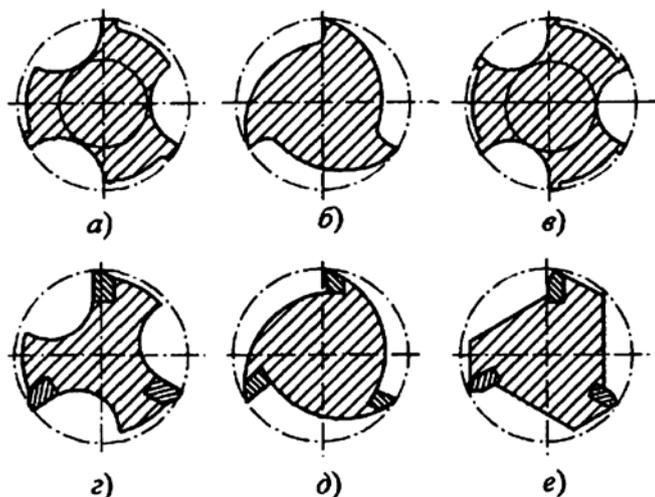


Рис. 3.5. Основные формы канавок зенкеров

Геометрия зенкера

Угол φ при обработке стали принимают равным 60° ; для увеличения стойкости делают переходную кромку с $\varphi_1 = 30^\circ$. При обработке чугуна $\varphi = 45^\circ$. При обработке глухих отверстий $\varphi = 90^\circ$.

Передний угол γ_N ввиду малой длины главных режущих кромок и радиального их расположения можно определить по формуле для спирального сверла без учета изменения радиуса точек кромки

$$\operatorname{tg} \gamma_N = \operatorname{tg} \gamma_{\text{пр}} / \sin \varphi = \operatorname{tg} \omega / \sin \varphi .$$

При проектировании новых зенкеров рекомендуются следующие значения этих углов: при обработке сталей $\gamma_N = 8 \dots 12^\circ$, чугунов $\gamma_N = 6 \dots 10^\circ$, цветных металлов $\gamma_N = 25 \dots 30^\circ$, твердых сталей и чугунов $\gamma_N = 0 \dots 5^\circ$.

Для повышения прочности режущих кромок у зенкеров с напайными твердосплавными пластинами создают угол наклона главной режущей кромки $+\lambda$ (рис. 3.6), предохраняющий от выкрашивания место стыка главных режущих и вспомогательных режущих кромок. Рекомендуется брать угол $\lambda = 12 \dots 15^\circ$. При этом сход стружки происходит в направлении к хвостовику, а режущая кромка имеет превышение r_0 над осевой плоскостью. Отсюда

$$\sin \lambda = \frac{r_0}{r} \sin \varphi .$$

Задний угол на режущей части $\alpha = 6 \dots 10^\circ$. Задняя поверхность, как и у сверл, выполняется плоской, конической или винтовой.

Угол наклона стружечной канавки цельного зенкера $\omega = 15^\circ \dots 25^\circ$.

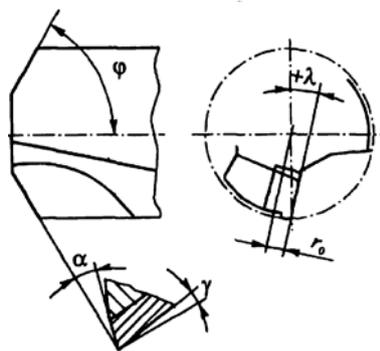


Рис. 3.6. Угол наклона λ главной режущей кромки зенкера

Сборные зенкеры с целью экономии инструментальных материалов оснащают ножами, закрепляемыми в корпусе из конструкционной стали, который обычно крепится на оправке отверстием с конусностью 1:30 и торцевой шпонкой (рис 3.7 а, б).

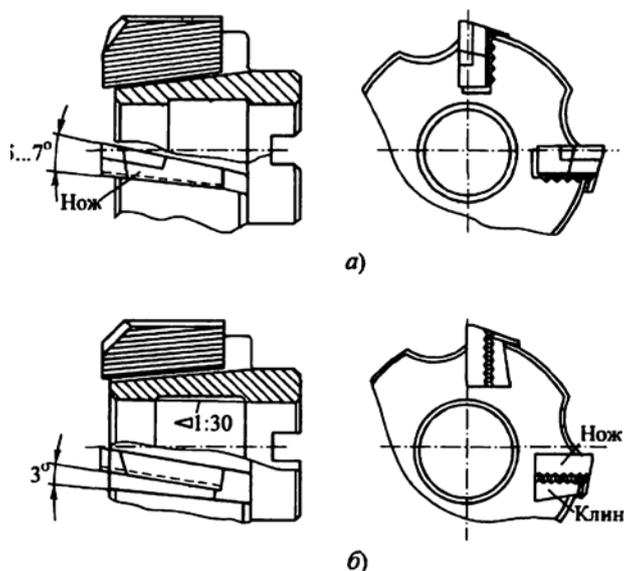


Рис. 3.7. Типы крепления ножей сборных зенкеров:
а – клиновидные рифленые ножи; б – плоские ножи с клиньями

Изготавливаются диаметром 50...100 мм. Твердосплавная пластинка припаивается к ножу, который закрепляется в корпусе с помощью рифлений и клина. Крепление должно обеспечить возможность регулирования ножей в диаметральном и осевом направлениях, прочность и жесткость крепления, простоту изготовления, быстросменность.

Продольные рифления в корпусе и на ноже позволяют производить регулировку в диаметральном направлении. Отсутствие регулировки в осевом направлении сокращает число возможных переточек. Наличие продольных и поперечных рифлений позволяют производить регулировку в диаметральном и осевом направлениях.

Регулировка по диаметру обеспечивается за счет рифлений, а в осевом направлении за счет клиньев.

Твердосплавные зенкеры

Для обработки отверстий малых диаметров ($d=8...15$ мм) используют цельные твердосплавные зенкеры (рис. 3.8, а).

Для отверстий диаметром 12... 35 мм используют хвостовые зенкеры с напайкой пластин непосредственно на корпус инструментов (рис. 3.8, в).

Для отверстий более 35 мм применяются насадные зенкеры с напайными твердосплавными пластинами (рис. 3.8, б).

В последние годы широко используются зенкеры с механическим креплением неперетачиваемых твердосплавных пластин (рис. 3.8, г). Часто они изготавливаются как комбинированные инструменты, позволяющие производить сверление и зенкерование различных по форме поверхностей, в том числе и торцевых фасок (рис. 3.8, д).

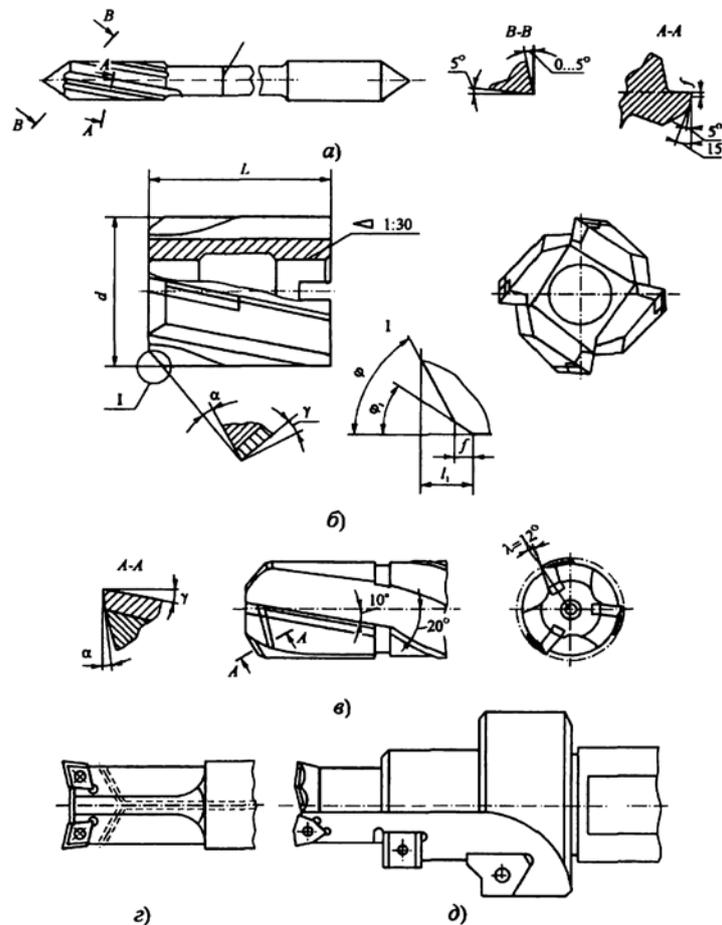


Рис. 3.8. Твердосплавные зенкеры

- а – цельный;
- б – насадной, с напайными твердосплавными пластинами;
- в – хвостовой, с напайными твердосплавными пластинами;
- г – с механическим креплением твердосплавных пластин и внутренним охлаждением;
- д – комбинированный зенкер–сверло

3.2. Зенковки

Зенковки изготавливают из быстрорежущей стали, а иногда оснащают напайными твердосплавными пластинами. Хвостовики зенковок соединяются с режущей частью сваркой и могут быть цилиндрическими или коническими.

На рис. 3.9, а показана зенковка со сменной цапфой, имеющая винтовые стружечные канавки ($z = 4$) и применяемая для обработки цилиндрических углублений. Главные режущие кромки располагаются на торце, вспомогательные - на цилиндре. Задние поверхности - двухплоскостные с двойным задним углом $\alpha_1 = 8^\circ$, $\alpha_2 = 30^\circ$, передний угол $\gamma = \omega = 15^\circ$. Зубья затачиваются остро. На вспомогательных режущих кромках затачивается ленточка шириной $f = 0,3$ мм и двойной задний угол $\alpha_1 = 8^\circ$, $\alpha_2 = 30^\circ$.

У зенковок для конических углублений (рис.3.9, б) главные режущие кромки расположены на конической поверхности, а плоские передние поверхности расположены под углом $\gamma = 0^\circ$. В зависимости от диаметра ($d = 12-60$ мм), число зубьев $z = 4... 12$, а угол при вершине выбирается соответственно форме углубления и чаще всего берется 2ϕ равным 60° , 75° , 90° и 120° .

Диаметр зенковки на торце $d_0 = (0,15...0,18)d$, угол впадины между зубьями $\theta = 90...75^\circ$. Режущая кромка затачивается доостра или с оставлением узкой ленточки шириной $f = 0,03...0,05$ мм и заднего угла $\alpha = 12^\circ$.

Зенковки для подрезки торцовых поверхностей (иногда в литературе такие зенковки называют цековками) имеют режущие кромки только на торце. Вспомогательные кромки у них отсутствуют (рис. 3.9, в). Зенковки изготавливают хвостовыми или насадными. Для обработки чугунов зубья зенковок оснащают напайными твердосплавными пластинами. Направляющие цапфы изготавливают сменными или за одно целое с корпусом инструмента. Диаметры зенковок $d = 14...40$ мм. Из-за тяжелых условий работы число зубьев у зенковок четное и равно $2...4$. Для отвода стружки предусмотрены канавки в форме углублений на торце цилиндрической части. В целях облегчения работы зенковок, имеющих большую длину режущих кромок, рекомендуется на режущих кромках выполнять стружкоделительные канавки, расположенные на зубьях в шахматном порядке.

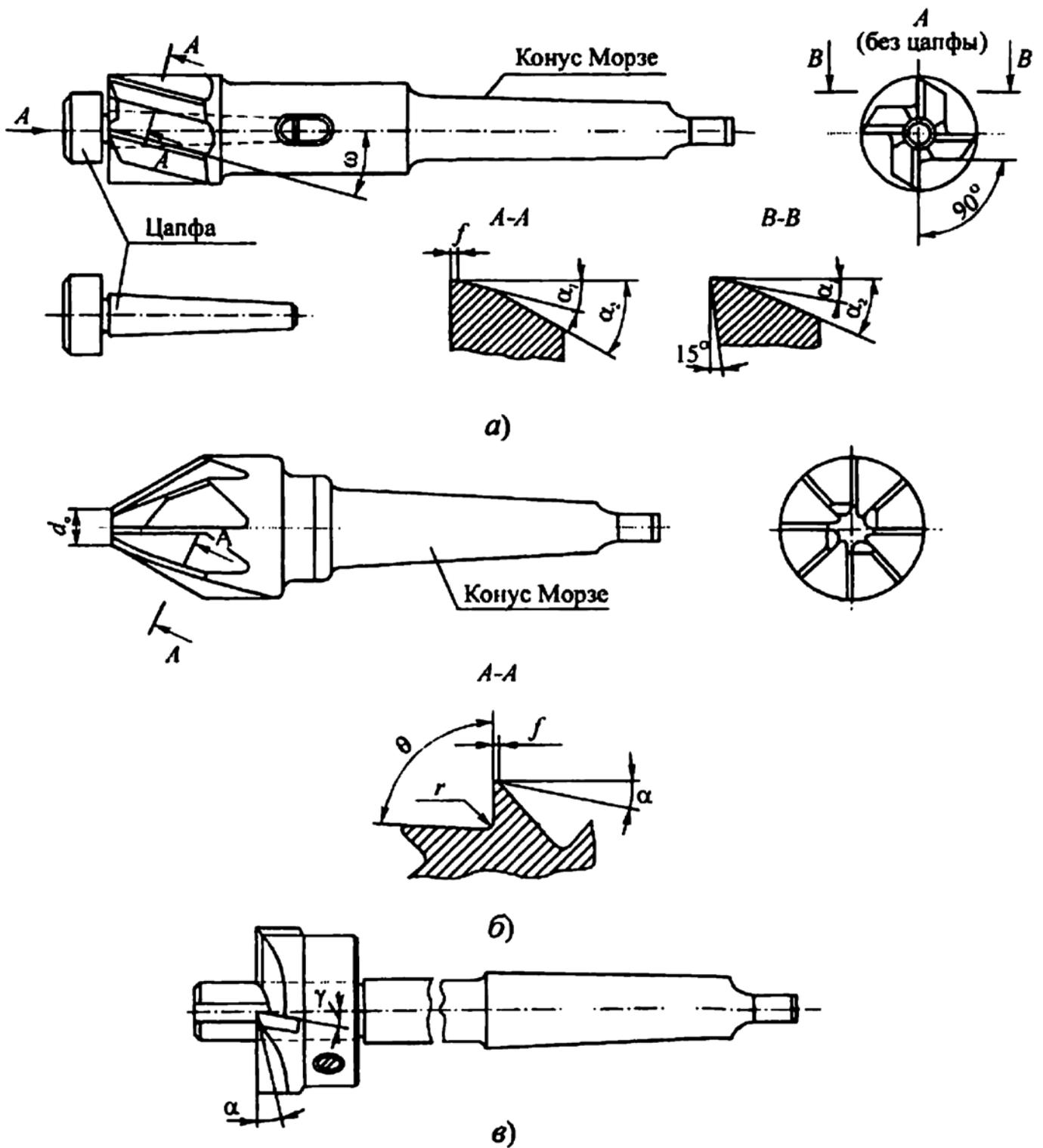


Рис. 3.9. Зенковки:
 а – для цилиндрических углублений; б – для конических углублений;
 в – для подрезки торцов

4. РАЗВЕРТКИ

Развертки – это осевые многолезвийные режущие инструменты, применяемые для чистовой обработки отверстий после сверления, зенкерования или растачивания. Точность отверстий после развертывания соответствует 6...9 качеству, и шероховатость $Ra = 0,32...1,25$ мкм.

Высокая точность и качество поверхности при развертывании обеспечиваются малыми припусками (0,05...0,25 мм для чистовых и 0,15...0,5 мм для черновых) и срезанием весьма тонких стружек, благодаря наличию у разверток сравнительно большого числа зубьев (6...14) и малого угла φ .

Кинематика рабочих движений при развертывании подобна сверлению и зенкерованию.

Развертки классифицируют по следующим признакам:

- а) по виду привода - ручные и машинные;
- б) по способу крепления – хвостовые и насадные;
- в) по виду обрабатываемого отверстия - цилиндрические и конические;
- г) по виду режущего материала - быстрорежущие и твердосплавные;
- д) по типу конструкции - цельные и сборные.

4.1. Развертки цилиндрические

Рабочая часть цилиндрических разверток (рис. 4.1) состоит из режущей и калибрующей частей. На левом торце развертки снимается фаска под углом $\varphi = 45^\circ$, которая облегчает вхождение инструмента в отверстие. Далее следует заборный конус углом в плане φ , зубья на котором снимают припуск, заданный на обработку.

Угол в плане φ заборного конуса оказывает большое влияние на условия работы развертки. Так как он определяет соотношение между шириной и толщиной слоя, срезаемого каждым зубом. Из рис. 4.2 следует, что

$$b = t / \sin \varphi; a = S_z \sin \varphi$$

Угол φ также определяет усилие подачи, поскольку

$$P_x = R_{xy} \sin \varphi,$$

где R_{xy} - равнодействующая радиальной P_y и осевой P_x силы составляющих силы резания.

С уменьшением угла φ сила подачи уменьшается и обеспечивается плавный вход и выход развертки из отверстия. По этим причинам угол φ у ручных разверток принимается равным $1^\circ...2^\circ$. У машинных разверток при обработке стали $\varphi = 12^\circ...15^\circ$, при обработке хрупких материалов (чугуна) $\varphi = 3^\circ...5^\circ$, а при обработке глухих отверстий стали $\varphi = 45^\circ$.

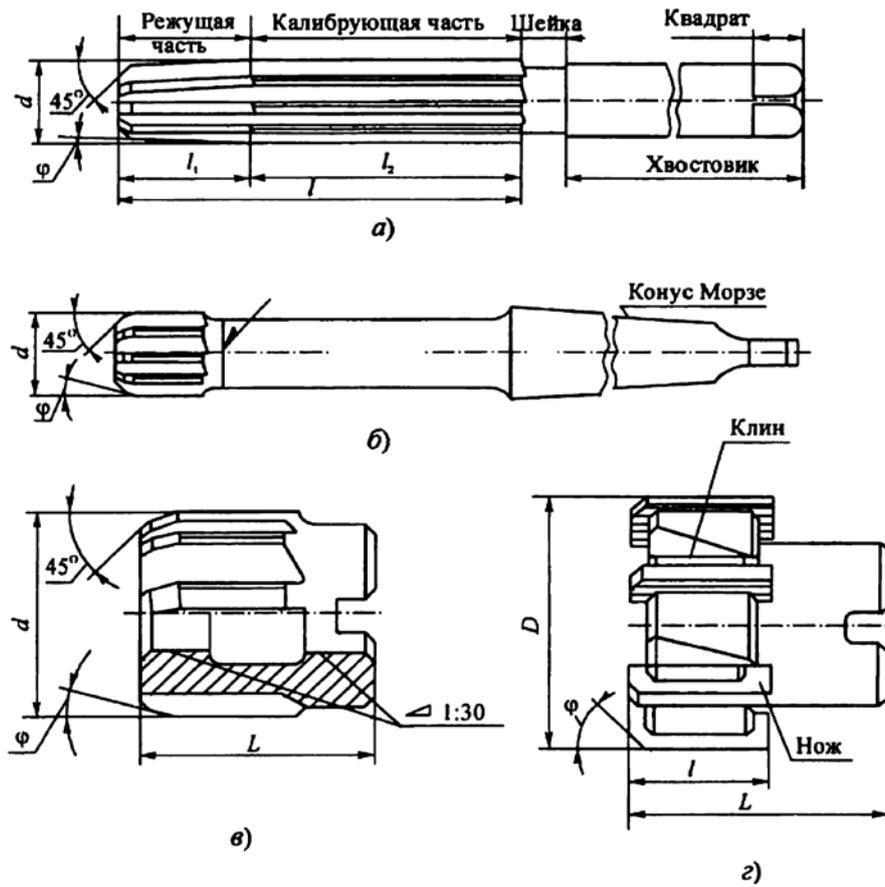


Рис. 4.1. Типы цилиндрических разверток:
 а – ручная; б – машинная; в – насадная; г – сборная

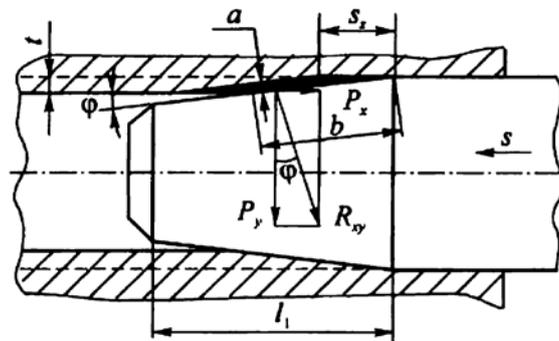


Рис. 4.2. Радиальная P_y и осевая P_x составляющие силы резания и параметры срезаемого слоя при развертывании

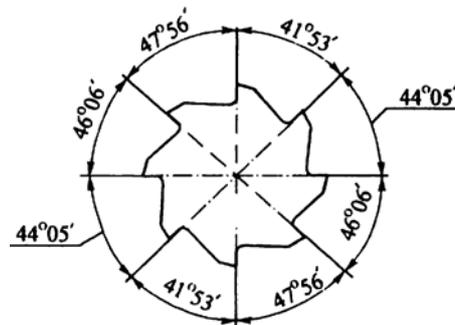


Рис. 4.3. Расположение зубьев развертки ($z=8$) по окружности

Калибрующая часть состоит из двух участков: цилиндрического и участка с обратной конусностью. Длина цилиндрического участка около 50% от длины калибрующей части.

Цилиндрический участок калибрует отверстие, а участок с обратной конусностью служит для направления развертки в работе. Обратная конусность уменьшает трение об обработанную поверхность и снижает разбивку. Т.к. при ручном развертывании разбивка меньше, то и угол обратной конусности меньше, чем у машинной развертки. При этом цилиндрический участок у ручных разверток может отсутствовать.

Цилиндрическая ленточка на калибрующей части калибрует и выглаживает отверстие. Уменьшение ее ширины снижает стойкость развертки, однако повышает точность обработки и снижает шероховатость, т.к. уменьшает трение. Рекомендуемая ширина ленточки $f = 0,08 \dots 0,5$ мм в зависимости от диаметра развертки.

Число зубьев z ограничивается их жесткостью. С увеличением z улучшается направление развертки (больше направляющих ленточек), повышаются точность и чистота отверстия, но снижается жесткость зуба и ухудшается отвод стружки. Z принимается четное - для облегчения контроля диаметра развертки. Число зубьев разверток выбирается в зависимости от диаметра d инструмента.

Так, например, у цельных разверток
$$z = 1,5\sqrt{d} + (2 \dots 4)$$

у сборных разверток -
$$z = 1,2\sqrt{d}$$

Стандартные развертки делают с неравномерным окружным шагом с целью предупреждения появления в развертываемом отверстии продольных рисок (рис. 4.3).

Стружечные канавки у разверток чаще всего выполняют прямыми, что упрощает изготовление и контроль. Передний угол принимают равным нулю..

Задний угол выполняют небольшой ($5^\circ \dots 8^\circ$) для повышения стойкости развертки. Режущую часть затачивают до остра по плоскости, а на калибрующей делают цилиндрическую ленточку для повышения размерной стойкости и улучшения направления в работе.

Профиль канавок между зубьями разверток формируется одно или двугловыми фрезами с углом $\theta = 65 \dots 110^\circ$ (рис. 4.4, а, б). Для средних и крупных разверток применяется профиль с вогнутой спинкой (рис. 4.4, в).

Для обработки прерывистых поверхностей целесообразно применять развертки с винтовым зубом. Направление канавок делается противоположным направлению вращения для избежания самозатягивания и заедания развертки.

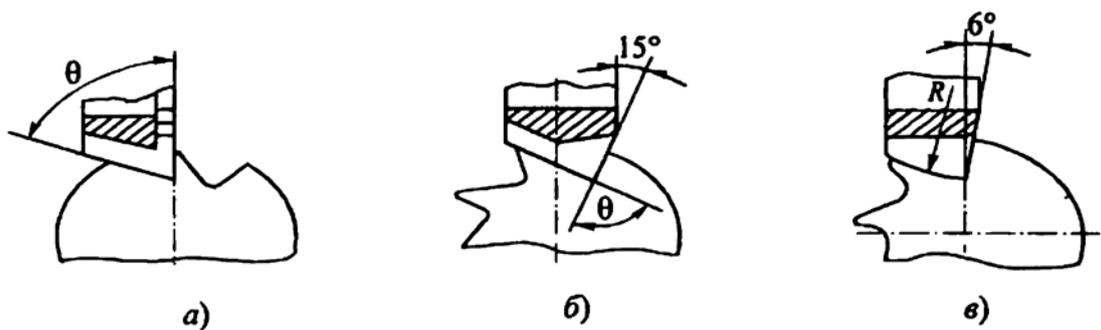


Рис. 4.4. Профили стружечных канавок разверток:
а, б – с прямолинейной спинкой; в – с вогнутой спинкой

4.2. Особенности конструкций других типов разверток

Регулируемые развертки применяются для ремонтных работ.

Ручная разжимная развертка (рис. 4.5, а) имеет на корпусе прорезанные вдоль зубьев шлицы. В корпусе имеется коническое отверстие, куда помещается шарик. Перемещение шарика винтом в осевом направлении вызывает деформацию корпуса и увеличение диаметра развертки. Диапазон регулирования 0,16...0,5 мм в зависимости от диаметра развертки.

Машинные насадные сборные развертки (рис. 4.5, б) можно регулировать по диаметру за счет перестановки ножей по рифлениям. В корпусе выфрезерованы конусные пазы, в которые вставлены ножи. Перемещение ножей в осевом направлении приводит к изменению диаметра развертки. Предел регулирования 0,5...4,5 мм.

На рис. 4.5, в представлена развертка плавающая регулируемая с механическим креплением пластинок из твердого сплава ($D = 50 - 150$ мм). Режущие пластинки 5, точно обработанные по сторонам, устанавливаются в гнездах корпуса и прижимаются к опорным поверхностям с помощью эксцентрика 3. Величина эксцентриситета 1,0 мм. Подкладка 4 предохраняет корпус от повреждения при выкрашивании пластинки. Винты 2, 6 и 7 соединяют половины корпуса и осуществляют регулирование размера блока.

Развертки с кольцевой заточкой нашли широкое применение в тяжелом машиностроении благодаря высокой производительности и надежности в работе. Режущая часть таких разверток не имеет заборного конуса, а состоит из трех участков (рис. 4.6). В начале находится направляющий конус длиной до 2 мм с углом $\varphi = 45^\circ$, снимающим припуск как зенкер. Затем следуют второй и третий участки, выполненные в виде кольцевых поясков шириной $b = 2...4$ мм и диаметром на 0,2...0,4 мм меньшим, чем диаметр калибрующей части.

Котельные развертки (рис. 4.7) применяют при подготовке отверстий под заклепки в двух или более соединяемых листах. Для лучшего направления разверток в отверстия, снижения осевых усилий и уменьшения шероховатости используются винтовые зубья с углом $\omega = 25^\circ...30^\circ$.

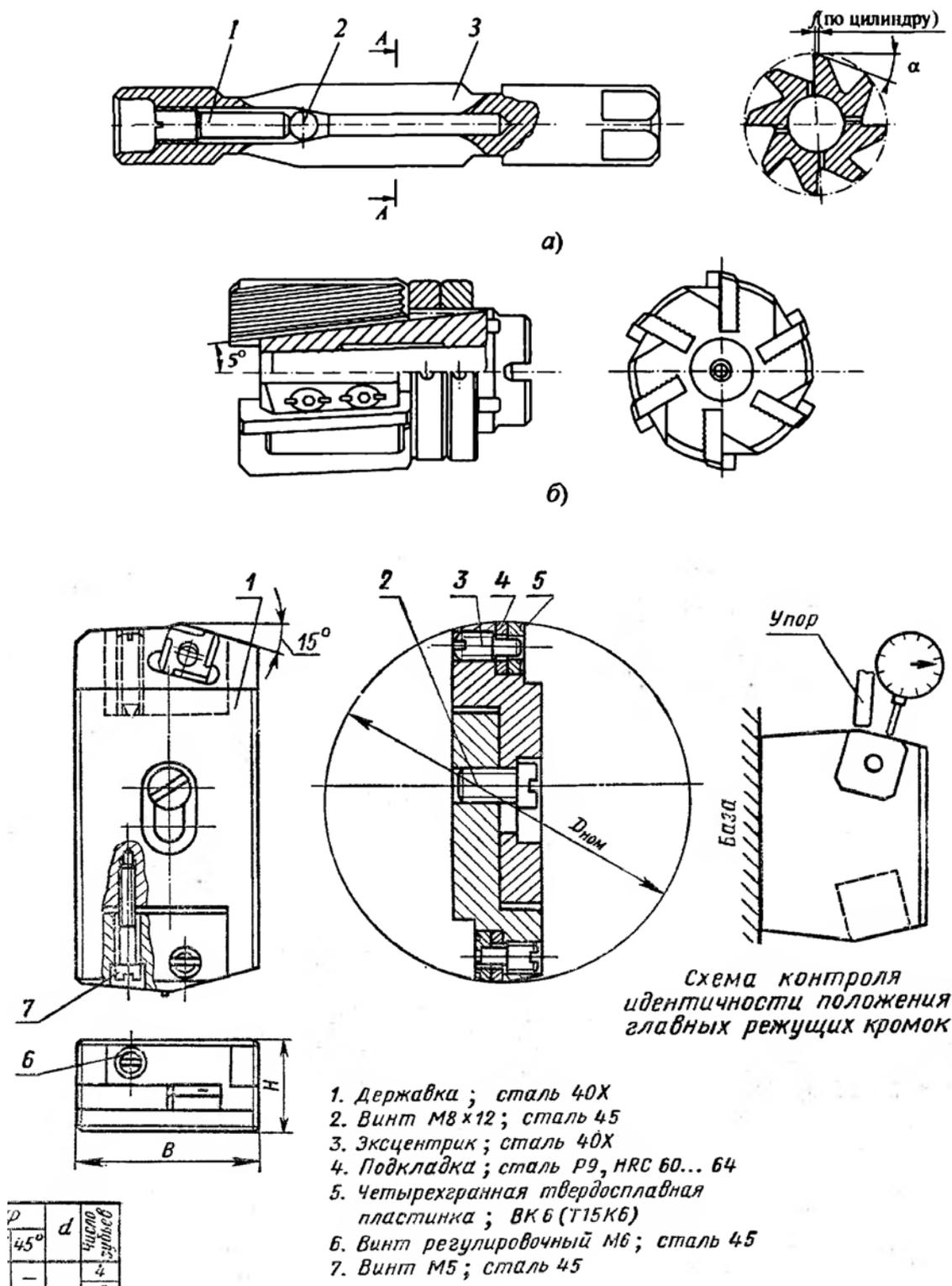


Рис. 4.5. Развертки, регулируемые по диаметру:
 а – ручная; б – машинная насадная сборная;
 в – развертка плавающая регулируемая с механическим креплением пластинок из твердого сплава ($D = 50 - 150\text{мм}$)

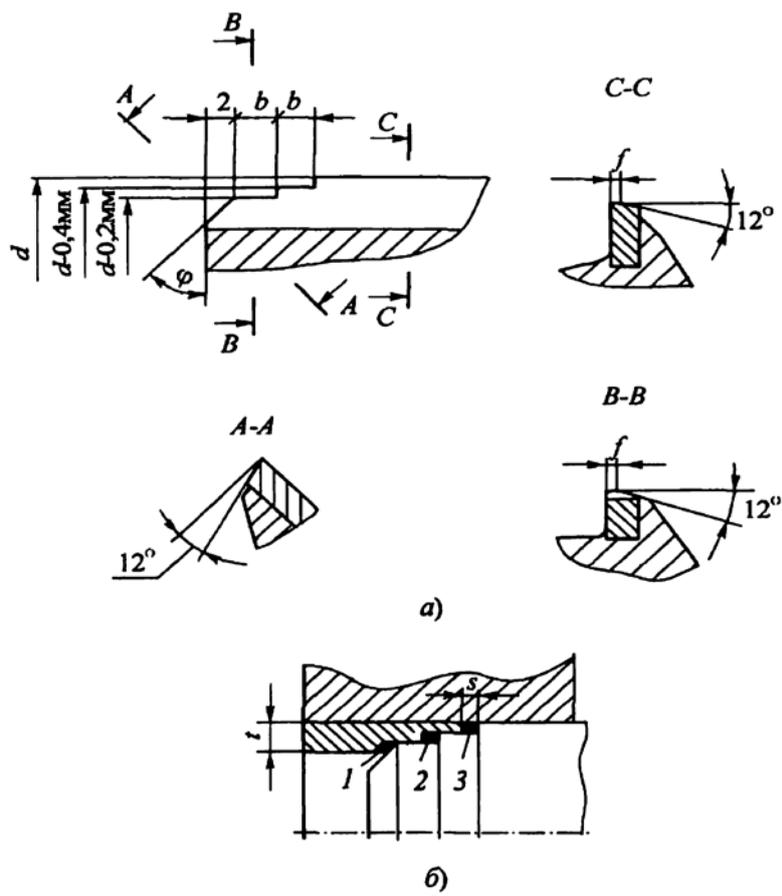


Рис. 4.6. Развертка с кольцевой заточкой

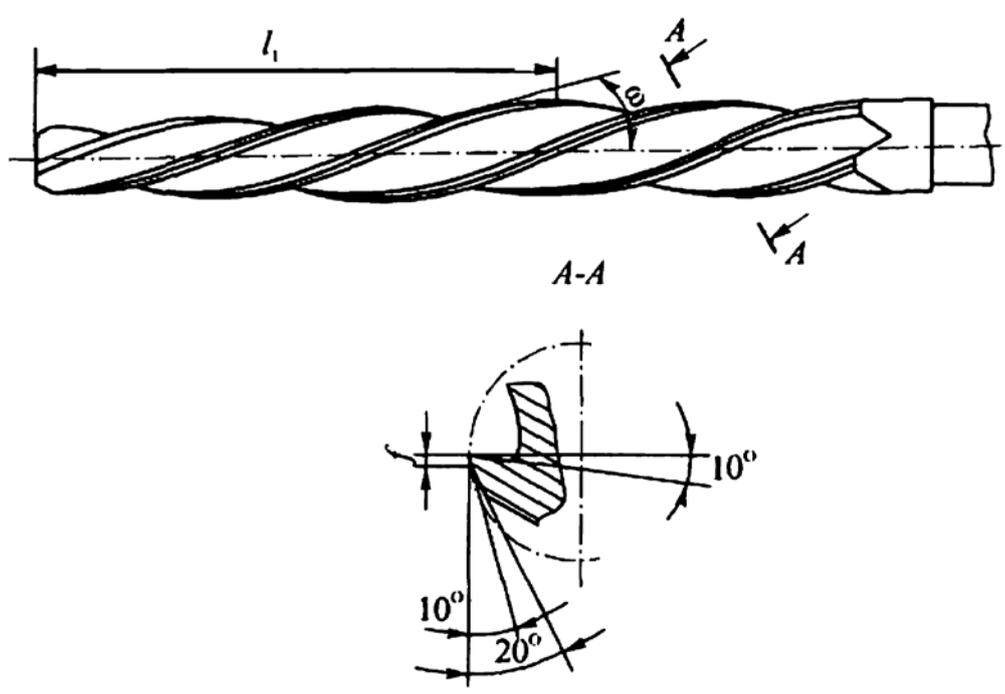


Рис. 4.7. Котельная развертка

Конические развертки применяются для превращения цилиндрического отверстия в коническое или для калибрования цилиндрического отверстия.

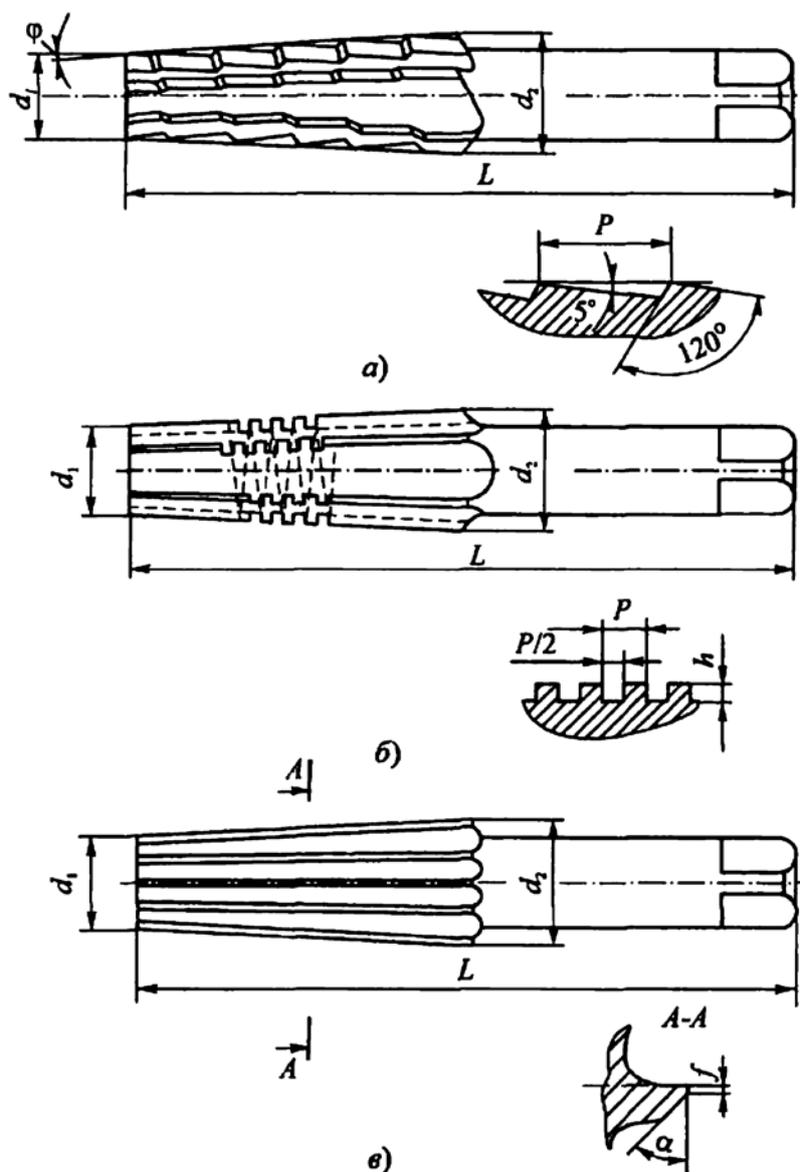


Рис. 4.8. Комплект конических разверток:
а – черновая (№ 1); б – промежуточная (№ 2); в – чистовая (№ 3)

Конические развертки для конусов Морзе (рис. 4.8) работают в комплекте из трех или двух штук:

Черновая развертка (рис. 4.8, а) снимает значительный припуск. Для облегчения работы режущую кромку делают ступенчатой. На конической образующей поверхности нарезают затылованный винтовой зуб. Направление резьбы совпадает с направлением резания. Эта развертка превращает цилиндрическое отверстие в ступенчатое.

Промежуточная развертка (рис. 4.8, б) имеет стружкоразделительные канавки в виде конической прямоугольной резьбы, по направлению противополо-

ложной обдирочной развертке. Шаг резьбы $P = 1,5 \dots 3$ мм в зависимости от номера обрабатываемого конуса. Зубья незатылованные, с ленточкой $f = 1 \dots 2$ мм.

Чистовая развертка имеет прямые зубья по всей длине (рис. 4.8, в). Ленточка минимальна (0,05 мм). Шаг зубьев равномерный.

Твердосплавные развертки

Твердосплавные развертки диаметром до 3 мм изготавливают целиком из твердого сплава в виде трех-, четырех- или пятигранника (рис. 4.9, а) с заборным конусом, без стружечных канавок с отрицательными передними углами на режущих кромках. В этом случае снимаемые припуски чрезвычайно малы, а процесс резания подобен шабрению.

На рис. 4.9, б приведена конструкция развертки с цельной твердосплавной рабочей частью и стальным хвостовиком, соединенным пайкой. Такие развертки изготавливают диаметрами 3...12 мм.

На рис. 4.9, в показана концевая развертка с твердосплавными пластинками, напаянными на корпус, а на рис. 2.8, г - насадная развертка с пластинами, напаянными на ножи, закрепленные винтами на корпусе инструмента. Такие развертки диаметрами 150...300 мм можно регулировать по диаметру с помощью подкладок под ножи.

Учитывая, что при развертывании температура резания невелика, в последнее время вместо пайки стали использовать высокопрочные клеи, что значительно упрощает процесс изготовления разверток и обеспечивает повышение стойкости твердосплавных пластин за счет отсутствия термических напряжений.

Твердосплавные развертки имеют следующие основные отличия от быстрорежущих:

- меньше длина рабочей части (у разверток с напаянными пластинами она равна длине пластин);
- малая длина заборного конуса, так как с целью уменьшения вибраций угол ϕ увеличен до 45° ;
- на режущих кромках при нулевых передних углах затачивают узкие упрочняющие фаски с отрицательным передним углом $\gamma_\phi = -5^\circ$;

Развертки одностороннего резания изготавливают с одним или несколькими ножами и опорными пластинами. Один из вариантов таких разверток показан на рис. 4.10.

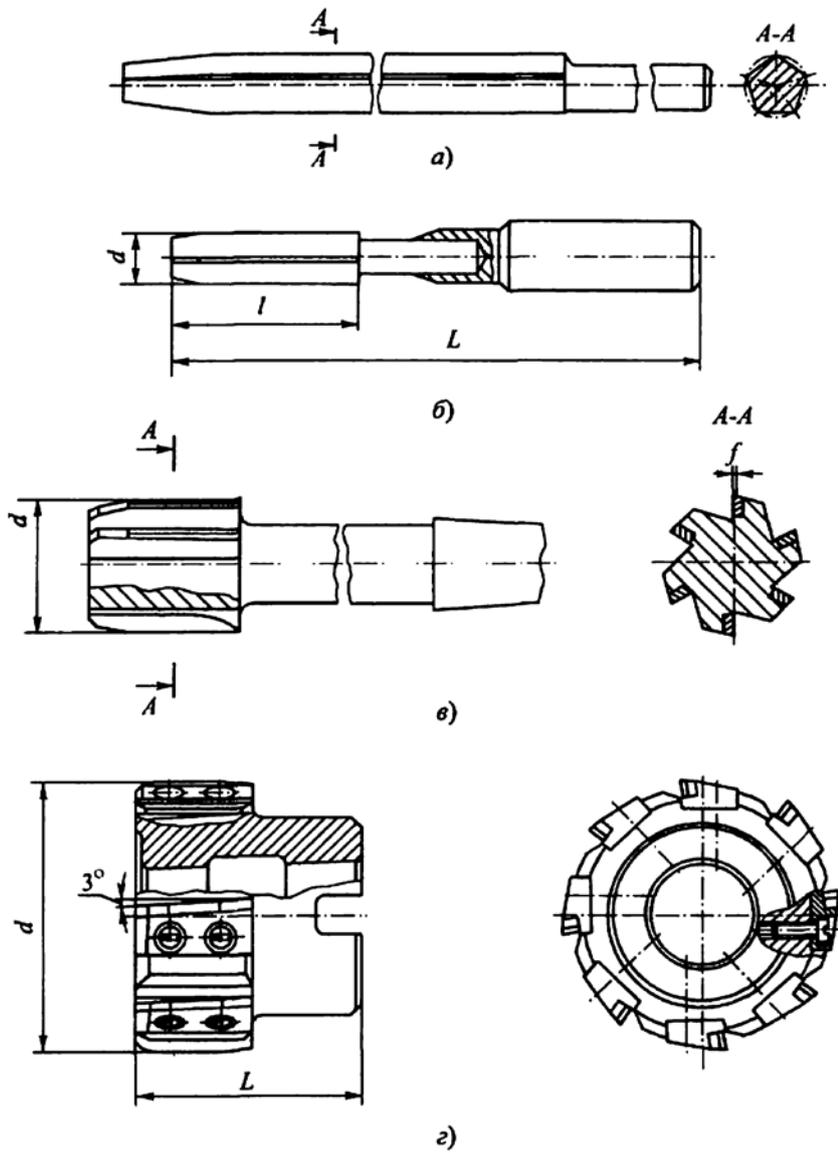


Рис. 4.9. Твердосплавные развертки:

а – гранная цельная; б – с цельной твердосплавной рабочей частью, припаянной к хвостовику; в – хвостовая с напайными твердосплавными пластинами; г – насадная сборная с ножами, оснащенными твердым сплавом

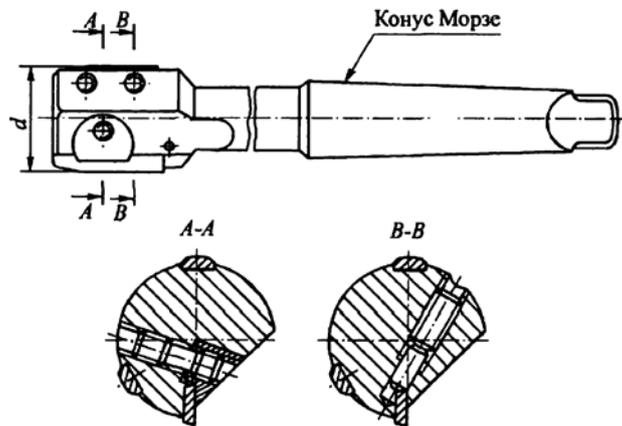


Рис. 4.10. Твердосплавная развертка одностороннего резания

МЕТОДИКА И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с конструкциями сверл, зенкеров, разверток, их классификацией и рабочими движениями, определить их тип.
2. Изучить положение поверхностей, координатных плоскостей и углов режущей части этих инструментов.
3. Определить конструктивные и геометрические элементы выданных инструментов.
4. Заэскизировать предложенные преподавателем инструменты для обработки отверстий.
5. Ознакомиться с приборами для измерения параметров режущей части осевых инструментов.
6. Измерить параметры осевого инструмента (по указанию преподавателя) и занести в таблицу под его эскизом.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Какие инструментальные материалы применяются для изготовлений сверл, зенкеров, разверток?
2. Конструкции инструментов для обработки отверстий.
3. Типы сверл, зенкеров, разверток.
4. Части и элементы сверл, зенкеров, разверток.
5. Режущие элементы сверл, зенкеров, разверток.
6. Геометрические параметры спирального сверла.
7. Геометрические параметры зенкера.
8. Геометрические параметры разверток.
9. Какие существуют конструкции сверл для глубокого сверления?

Гениатулин Агзам Миндыбаевия

Инструменты для обработки отверстий

Методические указания к выполнению лабораторной работы, практических занятий, контрольных работ, курсового и дипломного проектирования

Авторская редакция

Подписано в печать 26.03.18	Формат 60x84 1/16	Бумага 65 г/м ²
Печать цифровая	Усл. печ. л 3,00	Уч. изд. л. 3,00
Заказ № 55	Тираж 25	Не для продажи

БИЦ Курганского государственного университета.
640020, г. Курган, ул. Советская 63/ 4
Курганский государственный университет.