

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучить назначение, конструкцию и геометрию основных типов многолезвийных режущих инструментов (сверл, зенкеров, разверток, фрез).

2. Приобрести практические навыки в замерах конструктивных элементов и геометрических параметров и выборе области рационального применения инструментов.

3. Закрепить полученные теоретические знания при изучении раздела «Обработка конструкционных материалов резанием» курса «Материаловедение. Технология конструкционных материалов».

2. ОБОРУДОВАНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА

1. Набор многолезвийного режущего инструмента (сверло, зенкер, развертка, фреза).

2. Оборудование и приборы для измерения конструктивных элементов и геометрических параметров режущих инструментов: штангенциркуль, микромер, угломер универсальный или оптический, масштабная линейка, оптическая делительная головка, индикатор со штативом, кронциркуль, транспортир, копировальная бумага, учебные плакаты.

3. Учебная литература [1–5].

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Пользуясь данными методическими указаниями и рекомендуемой литературой, накануне занятий следует самостоятельно изучить типы, назначение, геометрию и область применения многолезвийных режущих инструментов.

2. Выяснить, из каких материалов изготавливаются их режущие части (лезвия).

3. Ознакомиться с измерительным инструментом, указанным в разделе 2, и научиться им пользоваться.

4. Произвести замеры геометрических параметров и конструктивных элементов инструментов в соответствии с протоколами (табл. 1–3).

5. Убрать рабочее место.

6. Оформить и сдать отчет в соответствии с указаниями, изложенными в разделе 4.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Дать краткую характеристику изучаемого инструмента, указать его назначение и тип, материал режущей части.
2. Заполнить протоколы измерений (табл. 1, 2, 3).
3. Выполнить эскизы соответствующего инструмента в двух проекциях с необходимыми сечениями, указав его конструктивные элементы и геометрические параметры.
4. Определить область рационального применения изучаемого инструмента.

Таблица 1. Протокол измерений конструктивных элементов и геометрических параметров сверла и зенкера

Конструктивные элементы и геометрические параметры	Обозначение и размерность	Результаты измерений	
		Сверло	Зенкер
1	2	3	4
Диаметр инструмента:			
у режущей части	d , мм		
у шейки	d_1 , мм		
по затылованной поверхности	d_2 , мм		
большого основания конуса	d_3 , мм		
хвостовика			
Общая длина инструмента	L , мм		
В т. ч.: рабочей части	ℓ , мм		
режущей части	ℓ_1 , мм		
шейки	ℓ_2 , мм		
хвостовика	ℓ_3 , мм		
лапки	ℓ_4 , мм		
Конусность рабочей части	$k = \frac{d - d_1}{\ell}$		
Толщина перемычки:			
при вершине	a , мм		
у хвостовой части	a_1 , мм		
Высота ленточки	$h = \frac{d - d_1}{2}$, мм		

Окончание табл. 1

1	2	3	4
Ширина ленточки	f , мм		
Номер конуса Морзе хвостовика	№		
Угол при вершине сверла	2φ , град		
Угол наклона перемычки	Ψ , град		
Угол наклона винтовой канавки	ω , град		
Главный передний угол:			
на расстоянии $R_{x1} = R$	γ_{x1} , град		
на расстоянии $R_{x2} = 0,5R$	γ_{x2} , град		
Главный задний угол:			
на расстоянии $R_{x2} = 0,5R$	α_{x2} , град		

Таблица 2. Протокол измерений конструктивных элементов и геометрических параметров развертки

Конструктивные элементы и геометрические параметры	Обозначение и размерность	Результаты измерений
1	2	3
Диаметр развертки:		
номинальный	d , мм	
у шейки	d_1 , мм	
Общая длина развертки	L , мм	
Длина рабочей части	ℓ , мм	
В т. ч.: режущей	ℓ_2 , мм	
калибрующей	ℓ_3 , мм	
направляющего конуса	ℓ_1 , мм	
обратного конуса	ℓ_4 , мм	
шейки	ℓ_5 , мм	
хвостовика	ℓ_6 , мм	

1	2	3
Конусность обратного конуса	$k = \frac{d - d_1}{L_4}$	
Число зубьев	z, шт.	
Главный угол в плане	φ , град	
Главный передний угол	γ , град	
Главный задний угол	α , град	
Угол наклона винтовой канавки	ω , мм	

Таблица 3. **Протокол измерений конструктивных элементов и геометрических параметров фрезы**

Конструктивные элементы и геометрические параметры	Обозначение и размерность	Результаты измерений
Диаметр фрезы	d , мм	
Диаметр отверстия	d_1 , мм	
Ширина фрезы	L , мм	
Число зубьев	z, шт.	
Шаг зубьев	P , мм	
Передний угол	γ , град	
Задний угол	α , град	
Угол наклона винтовой канавки	ω , град	
Угол наклона зуба	λ , град	
Главный угол в плане	φ , град	
Вспомогательный угол в плане	φ' , град	

5. ОСЕВЫЕ РЕЖУЩИЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Осевым режущим инструментом называется лезвийный инструмент для обработки с вращательным главным движением резания D_f и движением подачи вдоль оси главного движения резания D_s (ГОСТ 25751-83). Как правило, осевой режущий инструмент применяется при работе на сверлильных станках и обеспечивает следующие виды работ (рис. 1).

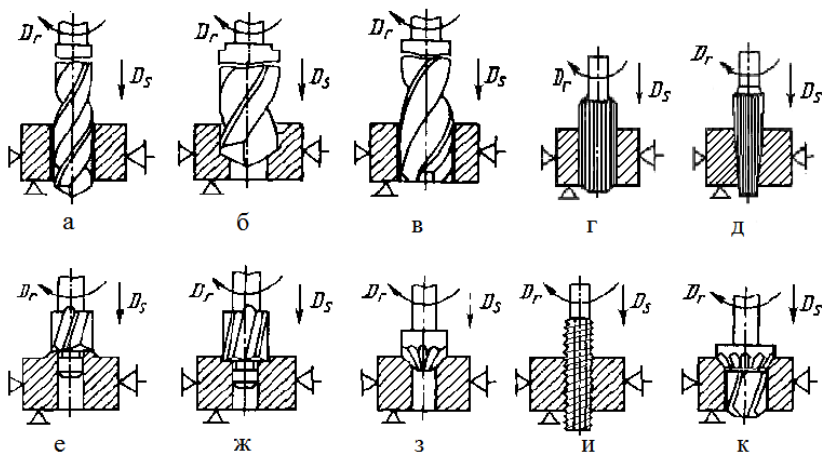


Рис. 1. Схемы обработки заготовок осевым многолезвийным инструментом: а – сверление; б – рассверливание; в – зенкование; г, д – развертывание соответственно цилиндрического и конического отверстия; е, ж – цекование; з – зенкование; и – нарезание резьбы; к – обработка отверстия сложного профиля комбинированным инструментом (комбинированный зенкер)

5.1. Сверла

Сверло – осевой многолезвийный режущий инструмент для обработки отверстия в сплошном материале и увеличения диаметра имеющегося отверстия (ГОСТ 25751-83).

В зависимости от конструкции и назначения сверл они подразделяются на спиральные (винтовые), перовые, шнековые, кольцевые, эжекторные, ружейные с наружным или внутренним отводом стружки, комбинированные, центровые и др. [1–5].

Сверла изготавливаются из быстрорежущих сталей P18, P12, P9, P6M5, P9K5, P9M4K8, P10K5Ф5 и др., легированных сталей 9ХС, а также оснащаются пластинами из твердых сплавов ВК6, ВК8, ВК10М, ВК6М и др.

5.1.1. Спиральные сверла

Наиболее широкое распространение получили спиральные сверла (рис. 2). Сверло состоит из рабочей части ℓ , включающей режущую

хвостовиком, при помощи которого они устанавливаются в коническом отверстии шпинделя или переходной конической втулке.

Конические хвостовики различают по номерам конуса Морзе (табл. 4).

Лапка служит упором для сверла от прокручивания, а также выбивания из шпинделя станка или переходной втулки.

Шейка расположена между хвостовиком и рабочей частью сверла. На ней дается характеристика сверла: материал режущей части и диаметр нового сверла по ленточкам у режущей части.

Таблица 4. Наружные конусы

Номер конуса Морзе	0	1	2	3	4	5	6
Диаметр большего основания конуса, мм (примерно)	9,21	12,24	17,98	24,05	31,54	44,73	63,76

Рабочая часть имеет две винтовые канавки, по которым отводится стружка из образуемого сверлом отверстия. Режущая часть (см. рис. 2) имеет пять режущих кромок: две главные 7, поперечную 6 и две вспомогательные 5. Главные режущие кромки расположены симметрично оси сверла и образованы пересечением его передних 2 и задних 3 поверхностей, которые, в отличие от токарного резца, имеют соответственно винтовую и криволинейную форму. Для уменьшения трения сверла о стенки отверстия спинки зубьев сверла занижены, а вдоль каждого из них оставлены узкие направляющие ленточки, образующие вспомогательные задние поверхности 4, которые при пересечении с передними поверхностями образуют вспомогательные режущие кромки 5. Они принимают участие в резании по толщине сечения среза. Поперечная режущая кромка 6 образуется пересечением задних поверхностей 3.

Рабочая часть спирального сверла имеет переменный наружный диаметр, уменьшающийся по направлению к хвостовику. Коническая форма сверла устраняет возможность защемления его в просверливаемом отверстии, а также уменьшает его трение об обработанную поверхность.

В соответствии с ГОСТ 25762-83 конструктивные особенности спирального сверла рассматриваются в координатных плоскостях и характеризуются углом при вершине 2ϕ , углом наклона винтовой ка-

навки ω , главным передним углом γ , главным задним углом α и углом наклона поперечной кромки ψ (см. рис. 2, б).

Угол в плане φ рассматривается в основной плоскости P_v . Он определяется между плоскостью резания P_n и рабочей плоскостью P_s . На практике обычно измеряется угол при вершине сверла 2φ , который определяется между проекциями главных режущих кромок на основную плоскость P_v . Этот угол при сверлении конструкционных сталей и чугунов, твердых бронз, органического стекла принимается равным $116...120^\circ$, сталей и сплавов жаропрочных и коррозионно-стойких – 127° , латуней и мягких бронз – 130° , алюминия и других мягких цветных металлов – $130...140^\circ$, текстолита – 70° , стеклотекстолита – $70...90^\circ$, гетинакса – 90° , полиэтилена – 110° , эбонита – $80...90^\circ$, мрамора и других хрупких материалов – 80° .

Поперечная кромка затрудняет работу сверла, так как она не режет, а сминает металл. Угол наклона поперечной кромки при правильной заточке сверла составляет $47...55^\circ$. Он расположен между проекциями поперечной и главной режущей кромок на плоскость, перпендикулярную к оси сверла (см. рис. 2, б).

Угол наклона винтовой канавки ω – угол, заключенный между касательной к винтовой поверхности канавки и линией, параллельной оси сверла. Его величина определяется условиями схода стружки по передней поверхности, а также прочностью сверла. Чем больше наклон канавок, тем лучше отводится стружка, но при этом жесткость сверла и прочность его режущих кромок уменьшаются. Чем меньше диаметр сверла, тем меньшей принимается величина угла ω . Для сверл общего назначения $\omega = 18...30^\circ$. Для сверления вязких материалов (медь, алюминий и др.) $\omega = 35...45^\circ$, пластмасс – $8...20^\circ$. Величина угла ω непостоянна: чем ближе к оси сверла, тем она меньше.

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{\pi R}{P}, \quad (1)$$

где R – радиус сверла, измеренный на периферии, мм;

P – шаг винтовой канавки, равный $10...14R$, мм.

Угол ω_x в некоторой точке x определяется из выражения

$$\operatorname{tg} \omega_x = \operatorname{tg} \omega \frac{R_x}{R}, \quad (2)$$

где R_x – радиус в некоторой точке x , мм.

Главный передний угол γ образуется при изготовлении сверла.

Он определяется в секущей плоскости P_τ (см. рис. 2, б) между касательной к передней поверхности лезвия в рассматриваемой точке и основной плоскостью P_v , проходящей через главную режущую кромку сверла. Величина угла γ непостоянна. Она зависит от угла наклона винтовой канавки ω , угла в плане φ и радиуса R_x , на котором находится рассматриваемая точка. На периферии сверла угол γ определяется из выражения

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{\operatorname{tg} \omega}{\sin \varphi}, \quad (3)$$

а для любой другой точки режущей кромки –

$$\operatorname{tg} \gamma_x = \frac{\operatorname{tg} \omega_x}{\sin \varphi} = \frac{R_x}{R} \frac{\operatorname{tg} \omega}{\sin \varphi}. \quad (4)$$

Анализ выражения (4) показывает, что по мере приближения к оси сверла угол γ уменьшается. Если по периферии у спиральных сверл он находится в пределах $25 \dots 30^\circ$, то у поперечной режущей кромки может принимать отрицательное значение.

Главный задний угол α получают при заточке сверла по задним поверхностям. Он заключен между касательной к главной задней поверхности сверла в заданной точке режущей кромки и касательной к окружности ее вращения вокруг оси сверла, находящейся в плоскости резания P_n (см. рис. 2).

Главный задний угол α увеличивается от периферии сверла к центру. Как правило, его величина на периферии равна $8 \dots 12^\circ$, а ближе к оси – $20 \dots 25^\circ$. Он измеряется в плоскости $O - O$, параллельной подаче.

Из вышеизложенного видно, что конструкциям спиральных сверл присущи некоторые недостатки:

- величины углов γ и α переменны вдоль режущих кромок сверла;
- поперечная кромка сверла имеет отрицательные передние углы и скорости резания, близкие к нулю, а в центре кромки – равную нулю;
- передний угол на главных режущих кромках уменьшается от вершин лезвия к оси сверла и может быть отрицательным;
- в процессе резания действительные (кинематические) задние углы резко уменьшаются около оси сверла;
- отсутствуют задние углы на ленточках.

В связи с этим применяется свыше 30 различных специальных способов заточек режущей части спиральных сверл. Наиболее распространенные варианты заточек сверл для сверления сталей и чугунов приведены в справочниках и в табл. 5.

Таблица 5. Формы заточки сверла

Диаметр сверла, мм	Наименование формы заточки	Обозначение	Эскиз	Обрабатываемый материал
0,25...12	Нормальная	Н		Сталь, стальное литье, чугун
12...80	Нормальная с подточкой поперечной кромки	НП		Сталь, стальное литье с $\sigma_B < 500$ МПа с неснятой коркой
	Нормальная с подточкой поперечной кромки и ленточки	НПЛ		Сталь, стальное литье с $\sigma_B < 500$ МПа со снятой коркой
	Двойная с подточкой поперечной кромки	ДП		Сталь, стальное литье с $\sigma_B > 500$ МПа с неснятой коркой; чугун с неснятой коркой
	Двойная с подточкой поперечной кромки и ленточки	ДПЛ		Сталь, стальное литье с $\sigma_B > 500$ МПа со снятой коркой; чугун со снятой коркой

Вопросы для самопроверки

1. Типы сверл, их устройство и назначение.
2. Конструктивные элементы спирального сверла и их назначение.
3. Почему диаметр сверла уменьшается в сторону шейки?
4. Как определить номер конуса хвостовика сверла?
5. В каких плоскостях измеряются геометрические параметры сверла?
6. С помощью каких приспособлений закрепляют спиральные сверла?

7. Что в конструкции сверла способствует уменьшению трения сверла о стенки обрабатываемого отверстия?

8. Определение угла в плане 2ϕ . Зависимость его величины от обрабатываемого материала.

9. Угол наклона винтовых канавок ω . Зависимость его величины от размеров сверла и обрабатываемого материала.

10. В какой плоскости измеряется главный задний угол α ? Закономерность его изменения.

11. Определение главного переднего угла γ . Закономерность и причины его изменения.

12. Дать определение углу наклона перемычки ψ .

13. В чем заключается отрицательное влияние перемычки на режущие способности сверла и какими способами его можно уменьшить?

14. Из каких материалов изготавливают сверла?

15. Способы заточки (улучшения геометрии) сверла.

5.2. Зенкеры

Зенкер – осевой режущий инструмент (рис. 3), служащий для повышения точности формы отверстия и увеличения его диаметра (ГОСТ 25751-83).

Зенковка – осевой многолезвийный инструмент (рис. 4, а) для обработки конического входного участка отверстия (ГОСТ 25751-83).

Зенкеры с торцовыми зубьями называются **цековками** (рис. 4, б). Это осевой многолезвийный инструмент для обработки цилиндрического и (или) торцового участка отверстия заготовки (ГОСТ 25751-83).

Зенкерование большей частью является промежуточной операцией между сверлением и развертыванием. Выполнение зенкерования обеспечивает точность обработки в пределах 11...13 квалитетов и шероховатость поверхности R_a , равную 12,5...3,2 мкм. Припуски на зенкерование принимаются равными от 0,5 до 4 мм на диаметр.

Зенкеры бывают цельные с коническим хвостовиком (хвостовые зенкеры) (рис. 3) и насадные [1–5]. Цельные зенкеры изготавливаются диаметром до 32 мм, а насадные – от 40 до 100 мм.

Из инструментальных материалов для режущей части зенкеров применяются быстрорежущие стали марок P9, P18, P6M5 или твердые сплавы T15K6, BK8 и др.

5.2.1. Хвостовые зенкеры

Хвостовой зенкер (рис. 3) по внешнему виду похож на сверло и состоит из тех же основных частей.

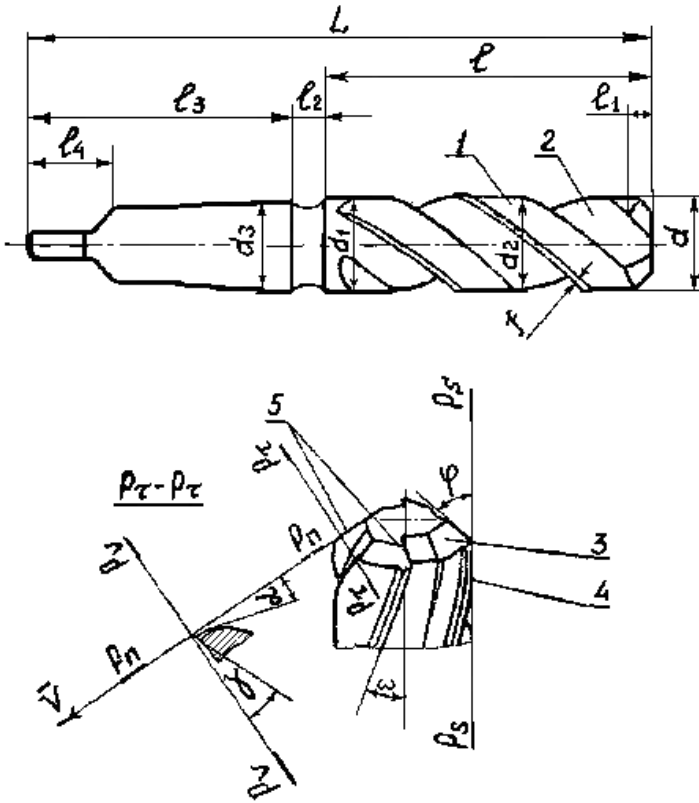


Рис. 3. Элементы конструкции и геометрия хвостового зенкера

Основную работу резания выполняет режущая часть зенкера. Передние углы γ образуются, как и у спирального сверла, за счет винтовой формы стружечных канавок. Их величина зависит от физико-механических свойств обрабатываемого материала и измеряется в главной секущей плоскости P_τ .

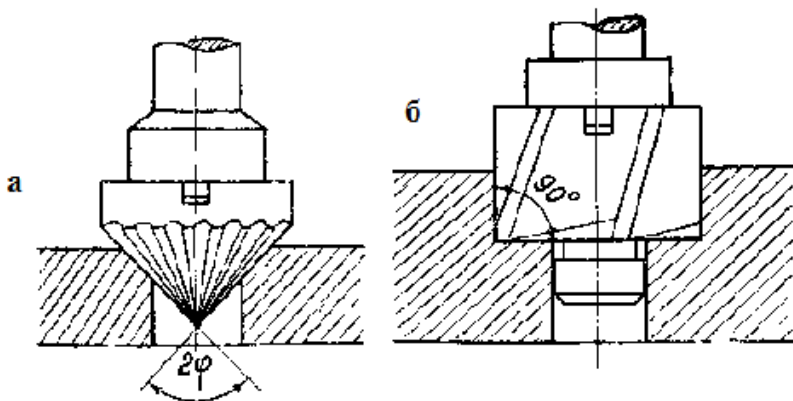


Рис. 4. Зенкеры для обработки конических и цилиндрических торцовых участков отверстия: *a* – зенковка; *б* – цековка

Для зенкеров из быстрорежущей стали при обработке стальных деталей $\gamma = 8...15^\circ$, при обработке чугуна $\gamma = 6...8^\circ$, цветных металлов и сплавов $\gamma = 25...30^\circ$. Для зенкеров, оснащенных пластинами из твердых сплавов, предназначенных для обработки чугунов, $\gamma = 5^\circ$, для обработки сталей твердостью $HV = 2250...2700$ МПа $\gamma = 0...-5^\circ$, закаленных сталей $\gamma = -15^\circ$. Задние углы α в пределах $8...10^\circ$ создают затачиванием главных задних поверхностей зубьев. Они измеряются также в главной секущей плоскости P_r .

Вопросы для самопроверки

1. В каких случаях применяют зенкерование?
2. Какие основные типы зенкеров вы знаете? Назовите их конструктивные особенности.
3. Какой припуск оставляют под зенкерование?
4. Определение главного переднего угла γ .
5. Выбор геометрии зенкера в зависимости от физико-механических свойств обрабатываемой детали.
6. Что в конструкции зенкера способствует уменьшению трения о стенки отверстия?
7. За счет каких конструктивных изменений зенкера повышается точность обработки и снижается шероховатость поверхности обрабатываемого отверстия по сравнению со сверлом?

8. Определение угла в плане ϕ .
9. Зависимость угла наклона винтовой канавки от материала обрабатываемой детали. Определение угла наклона винтовой канавки.

5.3. Развертки

Развертка – осевой режущий инструмент, используемый для повышения точности формы и размеров отверстия и снижения шероховатости поверхности (ГОСТ 25751-83).

Развертками обрабатывают предварительно просверленные, обработанные зенкером или резцом отверстия до точности 6...9 квалитетов и шероховатости $R_a = 1,25...0,63$ мкм.

Припуск на обработку при черновом развертывании принимается равным 0,1...0,4 мм на диаметр, а при чистовом – 0,05...0,2 мм.

Развертки различаются:

- 1) по способу применения (ручные и машинные);
- 2) по форме обрабатываемого отверстия (цилиндрические, конические и ступенчатые);
- 3) по конструкции хвостовика (с коническим и цилиндрическим хвостовиком);
- 4) по характеру крепления (хвостовые и насадные);
- 5) по конструкции рабочей части (цельные, разжимные (регулируемые), с прямым или винтовым зубом, сборные (со вставными ножами)) и т. д. [1–5].

Рабочая часть ручных цельных разверток изготавливается из легированной стали 9ХС или быстрорежущей стали. Рабочую же часть машинных цельных разверток и лезвия сборных разверток изготавливают из быстрорежущей стали или из твердых сплавов типа ТК или ВК.

Хвостовая часть разверток изготавливается из сталей 45 или 40Х.

5.3.1. Хвостовая развертка

Хвостовая развертка (рис. 5), как зенкер и сверло, состоит из рабочей части l , шейки l_5 и хвостовика l_6 , но в отличие от них имеет 6...12 зубьев и более пологую режущую часть l_2 .

Рабочая часть l развертки, в свою очередь, делится на режущую l_2 и калибрующую l_3 части, направляющий l_1 и обратный l_4 конусы. Режущая часть развертки осуществляет основную работу по срезанию припуска в отверстии при помощи режущих зубьев, наклоненных к

оси под углом в плане φ . Величина угла φ зависит от назначения развертки. В машинных развертках при обработке хрупких, твердых и труднообрабатываемых металлов φ принимается равным $3...5^\circ$, при обработке сталей – $12...15^\circ$, при обработке глухих отверстий в упор – $60...75^\circ$. Ручные развертки для облегчения внедрения в металл имеют $\varphi = 30'...2^\circ$.

Калибрующая часть развертки выполняется цилиндрической формы. Она обеспечивает направление развертки в отверстие, точность его обработки и необходимую шероховатость, а также является резервом для переточки инструмента.

Обратный конус предупреждает повреждение отверстия концами зубьев калибрующего конуса и уменьшает трение развертки об обработанную поверхность.

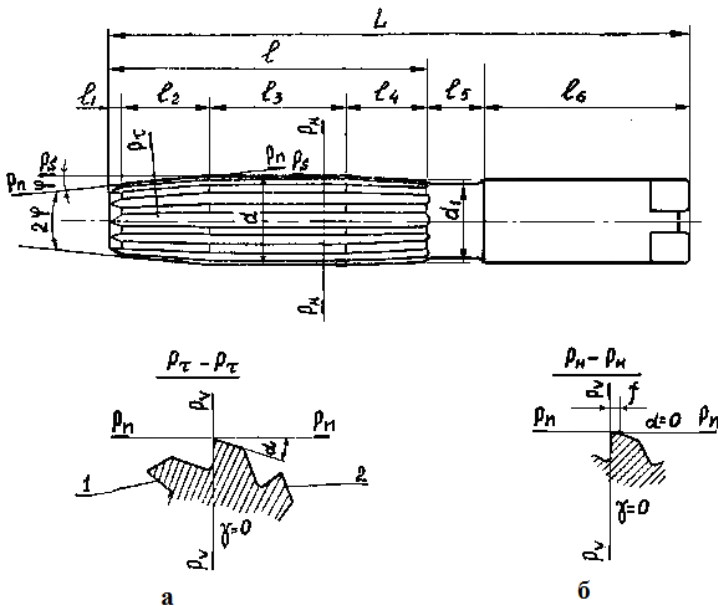


Рис. 5. Элементы и геометрия ручной хвостовой развертки

Форма заточки зубьев развертки по длине разная. Зубья режущей части затачивают до остроты с углом $\alpha = 6...8^\circ$ (см. рис. 5, а). На ка-

либрующей части (см. рис. 5, б) оставляют цилиндрические фаски шириной $f = 0,08...0,5$ мм, которые сглаживают отверстие и улучшают направление развертки. Передний угол γ у чистовых разверток как режущей, так и калибрующей частей обычно принимают равным 0° , а у черновых разверток $\gamma = 5...10^\circ$. При повышенных требованиях к качеству обработки его выполняют отрицательным ($\gamma = -3...-5^\circ$). Передние и задние углы разверток измеряются в плоскости P_τ , перпендикулярной к режущим кромкам.

Вопросы для самопроверки

1. Какие точность размера и шероховатость поверхности обеспечиваются развертыванием?
2. Какие принимают припуски на обработку развертыванием?
3. Классификация разверток по форме обрабатываемого отверстия, конструкции и способу применения.
4. Чем отличаются развертки от зенкеров?
5. Назовите основные элементы развертки.
6. Чем отличается машинная развертка от ручной?
7. В чем состоит преимущество разверток с винтовым зубом?
8. Определение угла в плане ϕ . Его зависимость от типа и назначения развертки.
9. Особенность заточки рабочей части зубьев развертки.
10. Передний угол γ . Его измерение и зависимость от назначения развертки.
11. Определение заднего угла α развертки и методика его измерения.

6. ФРЕЗЫ

Фрезерование является одним из наиболее распространенных видов обработки плоскостей, пазов с прямолинейным и винтовым направлением, шлицев, тел вращения, резки заготовок, образования резьб, а также используется для получения фасонных поверхностей. При черновом фрезеровании обеспечиваются точность до 9...11 квалитетов и шероховатость $R_a = 5...40$ мкм, при чистовом фрезеровании – точность до 8...11 квалитетов и шероховатость $R_a = 1,25...5$ мкм, при тонком – точность до 6...8 квалитетов и шероховатость $R_a = 0,32...1,25$ мкм.

Фреза – это лезвийный инструмент для обработки с вращательным главным движением резания инструмента без возможности изменения радиуса траектории этого движения и хотя бы с одним движением подачи, направление которого не совпадает с осью вращения (ГОСТ 25751-83).

Фрезы изготавливаются из быстрорежущих сталей P18, P9, P9Ф5 и др. Они могут оснащаться вставными режущими пластинами, изготовленными из твердых сплавов или сверхтвердых материалов. Для обработки чугунов и цветных металлов применяются пластины группы ВК (ВК4, ВК6, ВК8 и др.). Для обработки деталей из стали фрезы оснащаются пластинами группы ТК (Т15К6, Т14К8, Т5К10, Т5К12В и т. д.). Пластинами из сверхтвердых материалов (ВОК-60, композиты 01, 02, 09, 10 и др.) оснащаются фрезы, предназначенные для полустачевой, чистовой и тонкой обработки деталей, изготовленных из инструментальных и других сталей (50...70 HRC_с), высокопрочных чугунов (HB = 4000...6000 МПа) и твердых сплавов марок ВК15, ВК20, ВК25.

В зависимости от характера выполняемых работ, конструкции и крепления зубьев, расположения зубьев относительно оси и других признаков фрезы подразделяются на цилиндрические, концевые, торцовые, дисковые, отрезные, шпоночные, угловые, фасонные и т. д. [1–3].

Цилиндрические фрезы (рис. 6) применяют для обработки плоских поверхностей на горизонтально-фрезерных станках. Они бывают с правыми или левыми винтовыми канавками, имеют центральное базовое отверстие со шпоночной канавкой, предназначенное для закрепления фрезы на оправке станка. Изготавливаются цилиндрические фрезы диаметром 40...125 мм.

Концевые фрезы имеют наружный диаметр от 1,5 до 80 мм. Отношение диаметра d фрезы к ее длине L равно 0,2...0,5 ($d/L = 0,2...0,5$). Они применяются для обработки открытых пазов, замкнутых профильных углублений и отверстий в заготовках. Концевые фрезы имеют режущие кромки на цилиндрической части и на торце. Предназначены для работы на вертикально-фрезерных станках.

Торцовые фрезы предназначены для обработки плоских поверхностей. Они похожи на концевые фрезы. Отличаются от последних отношением $d/L = 4...6$. Торцовые фрезы выпускаются диаметром от 40 до 630 мм. Применяются на вертикально- и горизонтально-фрезерных, а также агрегатных станках.

Дисковые фрезы предназначены для фрезерования канавок различного назначения. Режущие зубья дисковых фрез выполняются на цилиндрической внешней поверхности, а также в сочетании с одной (двухсторонние) или двумя (трехсторонние) торцовыми поверхностями. Дисковые фрезы выполняются диаметром от 50 до 315 мм.

Отрезные фрезы имеют ширину 1...5 мм и диаметр 60...200 мм. Предназначены для отрезки заготовок и прорезания узких пазов на горизонтально-фрезерных станках.

Шпоночные фрезы имеют диаметр 2...40 мм. Предназначены для фрезерования шпоночных канавок горизонтально- и вертикально-фрезерными станками.

Угловые фрезы предназначены для фрезерования профильных угловых канавок. Зубья угловых фрез расположены на конических поверхностях. Угловые фрезы выпускаются диаметром 35...90 мм. Применяются на универсально-фрезерных станках.

Фасонные фрезы служат для обработки поверхностей сложного фасонного профиля на горизонтально-фрезерных станках. Профиль зуба таких фрез соответствует профилю обработанной поверхности. Фрезы имеют диаметр 45...90 мм.

По направлению зубьев фрезы подразделяются на прямозубые, с наклонными и спиральными зубьями, а в зависимости от формы – на остrokонечные и затылованные.

Остrokонечные фрезы имеют переднюю и заднюю поверхность плоской формы. Они просты в изготовлении и затачиваются по задней поверхности.

У фрез с затылованным зубом передняя поверхность плоская, а задняя выполняется по архимедовой спирали или другой кривой. Эти фрезы затачиваются по передней поверхности, что трудоемко, но при этом сохраняется профиль режущей кромки.

6.1. Цилиндрические фрезы

К основным конструктивным элементам цилиндрических фрез (рис. 6) относятся: наружный диаметр d , ширина фрезы L , диаметр под оправку d_1 , шаг зубьев $P = \pi d / z$, число зубьев z .

Геометрические параметры зубьев фрезы рассматриваются в тех же плоскостях, что и токарных резцов, сверл и пр. Передний угол γ находится в главной секущей плоскости P_τ , перпендикулярной режущей кромке. Его величина зависит от материала зубьев фрезы и физико-

механических свойств обрабатываемого материала. Так, для фрез, изготовленных из быстрорежущей стали, $\gamma = 5...30^\circ$, для фрез с зубьями из твердых сплавов $\gamma = 10...-20^\circ$.

Главный задний угол α заключен между касательной к траектории движения рассматриваемой точки режущего лезвия вокруг оси фрезы и касательной к задней поверхности. Для фрез с винтовым и наклонным зубом иногда главный задний угол α рассматривается в плоскости P_τ . Измеренный угол обозначается α_n и называется нормальным задним углом.

Между углами α и α_n существует следующая зависимость:

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \alpha_n \cdot \cos \omega. \quad (5)$$

Главный задний угол α для фрез из быстрорежущей стали равен $12...30^\circ$, для торцовых фрез с твердосплавными пластинами $\alpha = 10...25^\circ$.

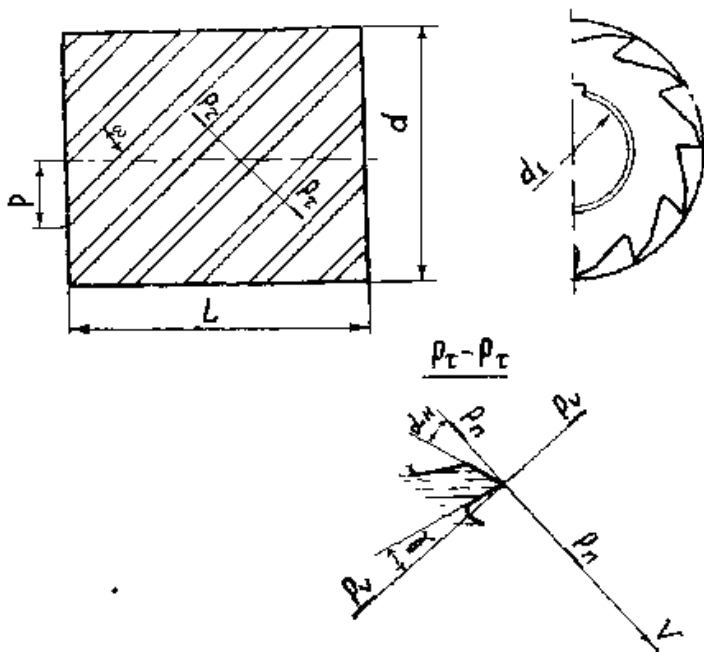


Рис. 6. Элементы и геометрия цилиндрической насадной фрезы

Угол наклона зубьев ω фрезы со спиральным зубом заключен между касательной к винтовой поверхности зуба и линией, параллельной оси сверла. Этот угол обеспечивает равномерную загрузку фрезы при резании и придает направление сходящей стружке.

Главный угол в плане φ рассматривается в основной плоскости P_v между плоскостью резания P_n и рабочей плоскостью P_s . Но так как в цилиндрических фрезах плоскость резания и рабочая плоскость совпадают, то $\varphi = 0$.

Вопросы для самопроверки

1. Типы фрез и их назначение.
2. Какие значения точности и шероховатости поверхности обеспечиваются фрезерованием?
3. Из каких материалов изготавливается режущая часть фрез?
4. Выбор фрезы в зависимости от материала обрабатываемой детали.
5. Конструкция зубьев фрез по форме и направлению, их достоинства и недостатки.
6. Геометрические параметры цилиндрической фрезы.
7. Геометрические параметры торцевой фрезы.
8. Методы измерения угла наклона зубьев.
9. Передний γ и задний α углы фрезы и их измерение угломером 2УРИ.
10. Измерение передних и задних углов у фрез с мелким зубом.
11. Определение главного угла в плане φ у цилиндрической и торцевой фрез.

7. ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

7.1. Измерение параметров сверла и зенкера

Измерение геометрических параметров и конструктивных элементов сверла и зенкера следует проводить в соответствии с протоколом измерений (см. табл. 1). Диаметры инструментов измеряются микрометром, общая длина L и ее составляющие, а также ширина ленточки f – штангенциркулем, толщина перемычки при вершине и у хвостовой части сверла – кронциркулем и масштабной линейкой. Угол при вершине 2φ и угол наклона поперечной режущей кромки сверла ψ измеряются универсальным (рис. 7, а, б) или оптическим угломером.

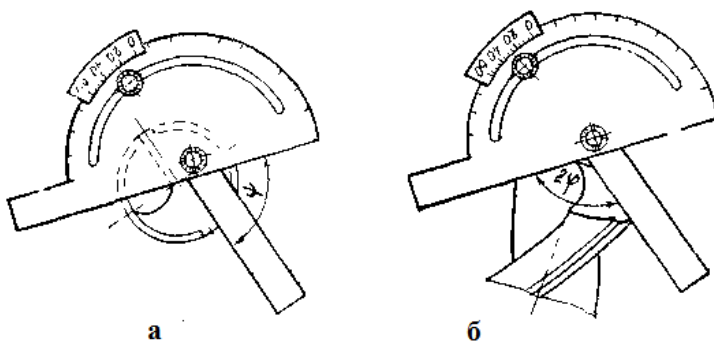


Рис. 7. Измерение углов сверла универсальным угломером:
а – угла наклона поперечной перемычки; *б* – угла при вершине

Угол наклона винтовой канавки ω измеряется методом прокатывания инструмента по копировальной бумаге. На полученных отпечатках разверток сверла и зенкера угол ω определяется при помощи транспортира или универсального угломера. Величина главного переднего угла γ этих инструментов вычисляется по зависимостям (3) и (4).

Измерение главного заднего угла α сверла производится при помощи делительной головки и индикатора (рис. 8). Сверло *3* устанавливается в шпинделе *2* делительной головки *1*, а ножка *4* индикатора *5* закрепляется в выбранной плоскости замера с натягом к главной задней поверхности сверла как можно ближе к его режущей кромке и горизонтально к оси сверла. После этого стрелка индикатора устанавливается на ноль, а сверло совместно со шпинделем поворачивается на угол ρ , который отсчитывается на лимбе *б* делительной головки.

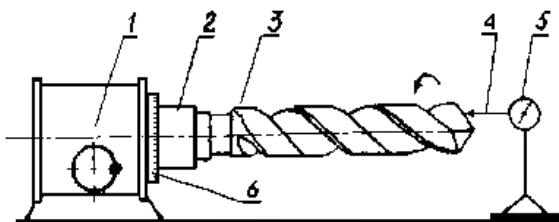


Рис. 8. Измерение задних углов сверла
с помощью делительной головки и индикатора

Наконечник индикатора скользит по задней поверхности сверла, показывая величину ее падения h . Значение угла α определяется по выражению

$$\operatorname{tg} \alpha_x = \frac{57,3}{\rho} \frac{h}{R_x}, \quad (6)$$

где R_x – радиус расположения точки измерения заднего угла α (измеряется штангенциркулем в миллиметрах).

7.2. Измерение параметров развертки

В соответствии с протоколом измерений (см. табл. 2) измерить микрометром номинальный диаметр калибрующей части и диаметр обратного конуса у шейки развертки.

Общая длина развертки, длина рабочей части и ее составляющие измеряются линейкой или штангенциркулем. Главный угол в плане φ замеряется так же, как и у зенкера.

Главные передний γ и задний α углы измеряются с помощью угломера 2УРИ конструкции М. И. Бабчиничера. Устройство угломера и методика измерения им углов приведены в разделе 7.3.

7.3. Измерение параметров фрезы

Первые пять параметров изучаемой фрезы (см. табл. 3) измеряются по аналогии с рассмотренными инструментами. Передний и задний углы измеряются угломером 2УРИ конструкции М. И. Бабчиничера.

Угломер состоит (рис. 9) из дуги 2, на которой с правой стороны закрепляется винтом 4 подвижная планка 3. На дуге 2 нанесена шкала чисел зубьев измеряемых фрез. При измерении фрезы с $z = 60$ зубьев и более используется штрих со знаком ∞ . По дуге перемещается сектор 1 со шкалой задних (до 35°) и передних (до 25°) углов. На секторе имеется планка 6, в пазу которой перемещается измерительный нож 5. Вылет ножа 5 и подвижной планки 3 устанавливается путем их перемещения в направляющих в зависимости от размеров зубьев.

При измерении углов планки 6 и 3 угломера накладывают соответственно на два смежных зуба. Определяя величину переднего угла γ (рис. 9, а), измерительную поверхность ножа 5 следует совместить с передней поверхностью зуба и напротив штриха на секторе 1, соответствующего количеству зубьев изучаемой фрезы (сектор 2), произвести отсчет величины переднего угла.

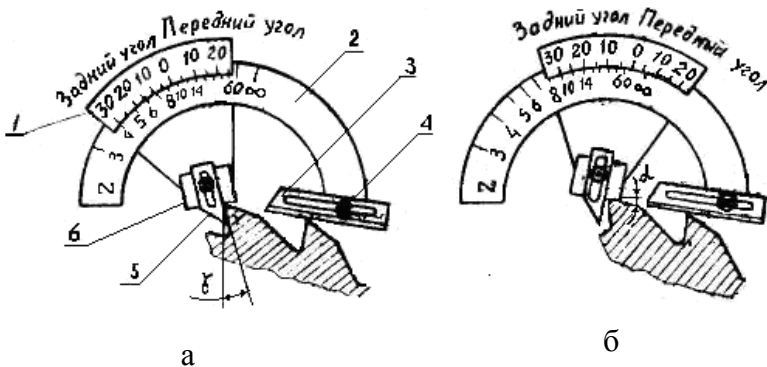


Рис. 9. Измерение передних и задних углов угломером М. И. Бабчиничера

Определяя величину заднего угла α , измерительную поверхность планки 6 совмещают с задней поверхностью зуба (рис. 9, б) и соответственно на секторе 1, в зависимости от количества зубьев фрезы (см. дугу 2), производят отсчет величины угла.

При измерении фрезы с небольшим шагом зубьев подвижную планку 3 можно устанавливать не на смежном зубе, а на зубе, следующем за ним. Тогда отсчет углов будет производиться по штриху, соответствующему уменьшенному в два раза числу зубьев инструмента. Отсчет отрицательных передних углов производится по шкале задних углов. Угол наклона зуба ω измеряется универсальным угломером. Одна линейка угломера прижимается к торцу фрезы, а другая устанавливается по касательной к винтовой линии режущей кромки зуба в точке ее пересечения с плоскостью торца фрезы [4]. Этот угол можно измерять так же, как и других инструментов (см. раздел 6.1), т. е. методом прокатывания фрезы по копировальной бумаге.

Главный и вспомогательный углы в плане φ и φ_1 и угол наклона зуба ω у торцовых фрез измеряются с помощью универсального угломера.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Некрасов, С. С. Обработка материалов резанием / С. С. Некрасов. – Москва : Агропромиздат, 1988. – 336 с.
2. Дальский, А. М. Технология конструкционных материалов / А. М. Дальский. – Москва : Машиностроение, 2005. – 592 с.
3. Фельдштейн, Е. Э. Режущий инструмент : учеб. пособие / Е. Э. Фельдштейн, М. А. Корниевич, М. И. Михайлов. – Минск : Новое знание, 2007. – 400 с.
4. Савенок, Л. И. Конструкционные и геометрические элементы многолезвийных режущих инструментов / Л. И. Савенок. – Горки : БСХА, 1989. – 24 с.
5. Савенок, Л. И. Многолезвийные режущие инструменты и их геометрия / Л. И. Савенок, И. А. Шаршуков. – Горки : БГСХА, 2009. – 28 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель работы.....	3
2. Оборудование рабочего места.....	3
3. Порядок выполнения работы.....	3
4. Содержание отчета.....	4
5. Осевые режущие инструменты.....	6
5.1. Сверла.....	7
5.1.1. Спиральные сверла.....	7
5.2. Зенкеры.....	13
5.2.1. Хвостовые зенкеры.....	14
5.3. Развертки.....	16
5.3.1. Хвостовая развертка.....	16
6. Фрезы.....	18
6.1. Цилиндрические фрезы.....	20
7. Выполнение работы.....	22
7.1. Измерение параметров сверла и зенкера.....	22
7.2. Измерение параметров развертки.....	24
7.3. Измерение параметров фрезы.....	24
Библиографический список.....	26