

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ

Часть 1

Методические указания
к выполнению лабораторных работ
для студентов направления подготовки
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
всех форм обучения

Севастополь
СевГУ
2019

УДК 621.9.02 (075.8)
Р33

Р е ц е н з е н т:

А.Ю. Тараховский - канд. техн. наук, доцент
кафедры «Технология машиностроения»

Составитель: Д.Е. Сидоров

Р33 **Режущий инструмент:** метод. указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» всех форм обучения. Часть 1 / Сост. Д.Е. Сидоров. – Севастополь: СевГУ, 2019. – 36 с.

Методические указания предназначены для оказания помощи студентам при выполнении лабораторных работ.

УДК 621.9.02 (075.8)

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Технология машиностроения», протокол № 17 от 05 июня 2019 г.

Рекомендованы в качестве методических указаний учебно-методическим центром и научно-методическим советом СевГУ.

Изд. № 213/19. Объем 2,25 п.л.

РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2019

СОДЕРЖАНИЕ

1. Лабораторная работа №1. Изучение геометрии и конструкции спиральных сверл.....	4
2. Лабораторная работа №2. Изучение геометрии и конструкции зенкеров	14
3. Лабораторная работа №3. Изучение геометрии и конструкции разверток	23
Библиографический список.....	35

1. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИЗУЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ И КОНСТРУКЦИИ СПИРАЛЬНЫХ СВЕРЛ

(Продолжительность выполнения – 2 часа)

Цель работы:

1. Изучить конструкции типовых сверл;
2. Изучить конструкцию и геометрию спирального сверла;
3. Ознакомление со средствами и техникой измерения конструктивных элементов и основных углов сверла.

1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Сверла – Осевой режущий инструмент для образования отверстия в сплошном материале и (или) увеличения диаметра имеющегося отверстия.

Сверлением обеспечивается 12...11 квалитет точности и шероховатость обработанной поверхности с $Ra = 80...20$ мкм.

Кинематика процесса сверления состоит из двух движений: главного – вращательного вокруг оси инструмента (заготовки), поступательного – движения подачи вдоль той же оси.

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

- 1) перовые (лопаточные);
- 2) спиральные (с винтовыми канавками);
- 3) специальные (сверла для глубокого сверления отверстий ($L > 5D$); шнековые сверла; сверла одностороннего резания; эжекторные сверла для глубокого сверления; сверла кольцевого сверления; сверла, оснащенные пластинками из твёрдого сплава; центровочные; бесперемычные; пушечные; ружейные; комбинированные и др.).

Наиболее широкое распространение получили спиральные сверла.

Спиральные (винтовые) сверла были впервые показаны на Всемирной торговой выставке в 1867 г. американской фирмой Морзе.

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, которая производится по задним поверхностям и может выполняться вручную или на специальных заточных станках, в том числе станках-автоматах;
- 4) хорошему направлению сверла в отверстии из-за наличия калибрующих ленточек на наружной поверхности калибрующей части инструмента.

Производство спиральных сверл осуществляется в специализированных цехах или на заводах в условиях крупносерийного или массового производства.

Поэтому, несмотря на сложное конструктивное исполнение, себестоимость этих сверл невелика.

1.1.1. Конструктивные и геометрические параметры спирального сверла

На рисунке 1.1 представлено спиральное сверло с обозначением всех основных частей. Рабочая часть сверла снабжена канавками, а режущая часть – режущими кромками, выполняющими основную работу резания.

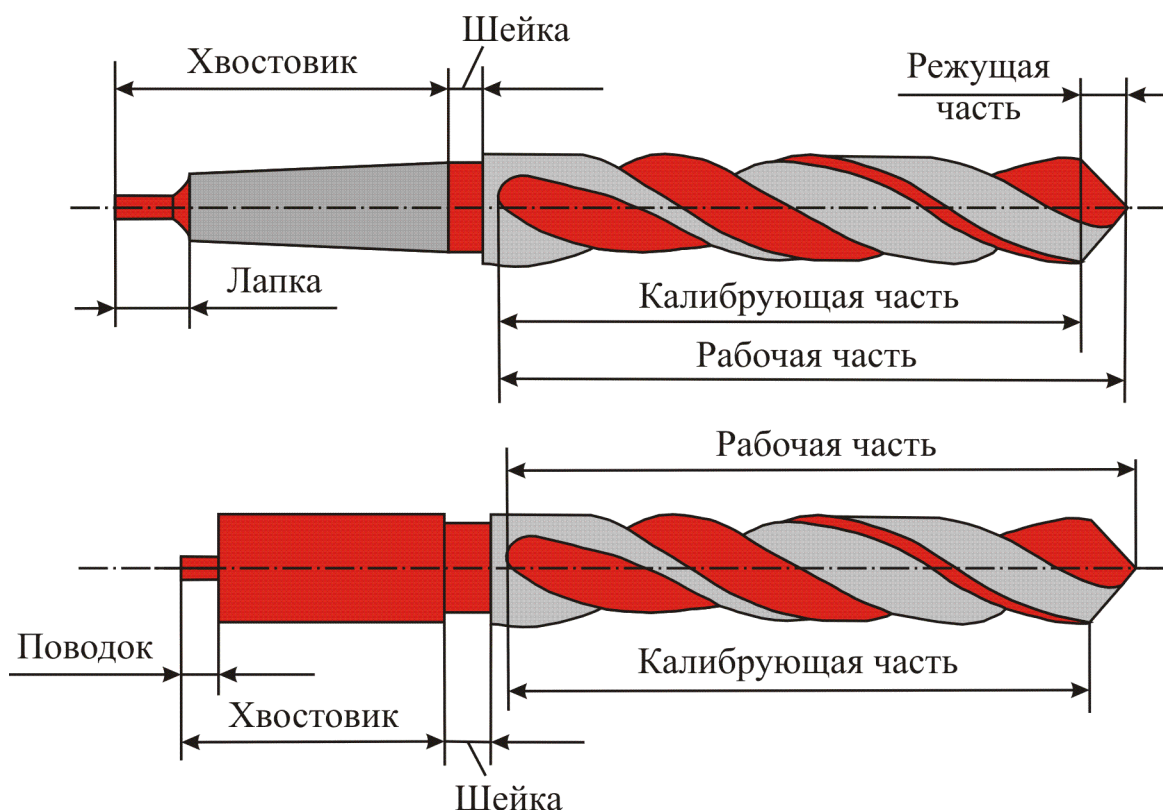


Рисунок 1.1 – Конструкция спирального сверла

В соответствии с рабочими поверхностями у сверла различают две главные режущие кромки, две вспомогательные режущие кромки (ленточки) и поперечную режущую кромку (перемычку) на стыке двух задних поверхностей.

Ось сверла – теоретическая продольная центровая линия сверла.

Хвостовик сверла – часть сверла, предназначенная для закрепления и передачи крутящего момента. (Обычно хвостовики имеют коническую форму, а для сверл диаметром менее 10 мм – цилиндрическую). У сверл $D > 8$ мм хвостовики изготавливают из конструкционной стали 45 или 40Х, свариваемой с рабочей частью. Хвостовики термически не обрабатывают.

Лапка сверла – плоский конец конического хвостовика, предназначенный для крепления в прорези переходной втулки (концевая часть конического хвостовика, служащая упором при выбивании сверла из конического отверстия шпинделя станка или из переходной втулки. Лапки сверл для упрочнения

закаливают).

Поводок сверла – плоский конец цилиндрического хвостовика, применяемый для привода сверла (концевая часть цилиндрического хвостовика, предназначенная для дополнительной передачи крутящего момента при резании).

Корпус сверла – часть сверла от хвостовика до вершины режущей кромки.

Шейка сверла – часть корпуса с уменьшенным диаметром (промежуточная часть между хвостовиком и телом сверла, содержащим рабочую часть).

Общая длина сверла – расстояние между двумя плоскостями, нормальными к оси сверла и проходящими через поперечную режущую кромку и через конец хвостовика.

Длина рабочей части сверла – расстояние между двумя плоскостями, нормальными к оси сверла и проходящими соответственно через поперечную режущую кромку и выход стружечных канавок.

Стружечная канавка сверла – канавка в корпусе сверла, которая при пересечении с задней поверхностью образует главную режущую кромку, обеспечивая отвод стружки и доступ смазочно-охлаждающей жидкости к главной режущей кромке.

Перо сверла – винтовая часть корпуса, включающая как ленточку, так и спинку.

Ширина пера сверла – расстояние между вспомогательной режущей кромкой ленточки и кромкой у спинки, измеренное под прямым углом к вспомогательной режущей кромке ленточки.

Сердцевина сверла – центральная часть сверла, расположенная между канавками от вершины сверла до хвостовика.

Толщина сердцевины сверла – минимальный размер сердцевины, измеренный в плоскости, перпендикулярной к оси.

Направляющая ленточка – часть цилиндрической или конической образующей поверхности наружного диаметра сверла.

Ширина ленточки сверла – расстояние, измеренное перпендикулярно к вспомогательной режущей кромке ленточки поперек ее.

Главная режущая кромка сверла – кромка, образованная пересечением передней поверхности и главной задней поверхности.

Вспомогательная режущая кромка сверла – кромка, образующая при пересечении ленточки и канавки.

Спинка сверла – часть пера, диаметр которого уменьшен по отношению к диаметру направляющей ленточки для образования вспомогательного заднего угла.

Высота ленточки сверла – расстояние в радиальном направлении между ленточкой и соответствующей спинкой.

Режущая часть сверла – рабочая часть сверла, образующая стружку в процессе работы и состоящая из главной режущей кромки, поперечной режущей кромки, передней поверхности и задней поверхности.

Передняя поверхность сверла – часть поверхности стружечной канавки,

прилегающая к главной режущей кромке.

Главная задняя поверхность сверла – поверхность режущей части сверла, ограниченная главной режущей кромкой, пером, следующей за ним канавкой и поперечной режущей кромкой.

Режущий клин сверла – часть режущей части, расположенная между передней поверхностью и главной задней поверхностью и содержащая главную режущую кромку.

Поперечная режущая кромка сверла – кромка, образованная пересечением задних поверхностей.

Длина поперечной режущей кромки сверла – расстояние между вершинами уголков по поперечной режущей кромке.

Длина главной режущей кромки сверла – минимальное расстояние между уголком у наружного диаметра и уголком поперечной режущей кромки.

Диаметр сверла – результат измерения наружного диаметра между ленточками вблизи уголков.

Обратная конусность сверла – уменьшение наружного диаметра от уголков вдоль направляющих ленточек в направлении к хвостовику.

Утолщение сердцевины сверла – увеличение толщины сердцевины от вершины уголка поперечной режущей кромки вдоль стружечной канавки в направлении к хвостовику на длине рабочей части.

Шаг винтовой канавки сверла – расстояние, измеренное параллельно оси сверла между соответствующими точками на вспомогательной режущей кромке ленточки сверла за один полный оборот ленточки.

Угол наклона винтовой канавки сверла – острый угол между касательной к винтовой линии вспомогательной режущей кромки и осевой плоскостью в желаемой точке измерения

На рис. 1.2 показаны элементы поверхности и кромки сверла.

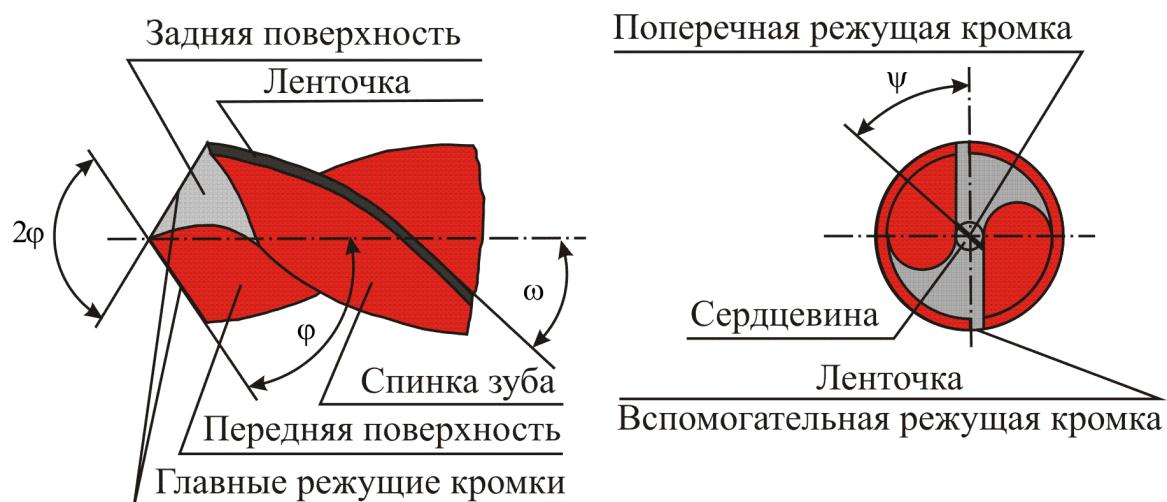


Рисунок 1.2 – Элементы поверхности и кромки сверла

Зуб – выступающая часть сверла, снабженная режущей кромкой.

Ленточка – выступающая узкая полоска поверхности зуба.

Спинка зуба – углубленная часть наружной поверхности зуба.

Канавка – выемка, служащая для отвода стружки.

Сердцевина – срединная часть сверла, соответствующая окружности, касательной к поверхности обоих канавок. Обычно у свёрл делается утолщение сердцевины к хвостовой части сверла. Коэффициент утолщения 1,4 – 1,8. Это придает прочность сверлу.

Передняя поверхность – поверхность канавки, по которой сходит стружка.

Задняя поверхность – торцевая поверхность зуба на режущей части.

Режущая кромка – линия, образованная пересечением передней и задней поверхностей.

Кромка ленточки – линия, образованная пересечением передней поверхности с поверхностью ленточки.

Поперечная кромка – линия, образованная пересечением обеих задних поверхностей.

Обрабатываемая поверхность – поверхность просверленного отверстия.

Поверхность резания – поверхность, образуемая режущей кромкой при её винтовом движении в процессе резания.

Плоскость резания – плоскость, касательная к поверхности резания и проходящая через рассматриваемую точку режущей кромки.

На рисунке 1.3 приводится геометрия режущих элементов сверла.

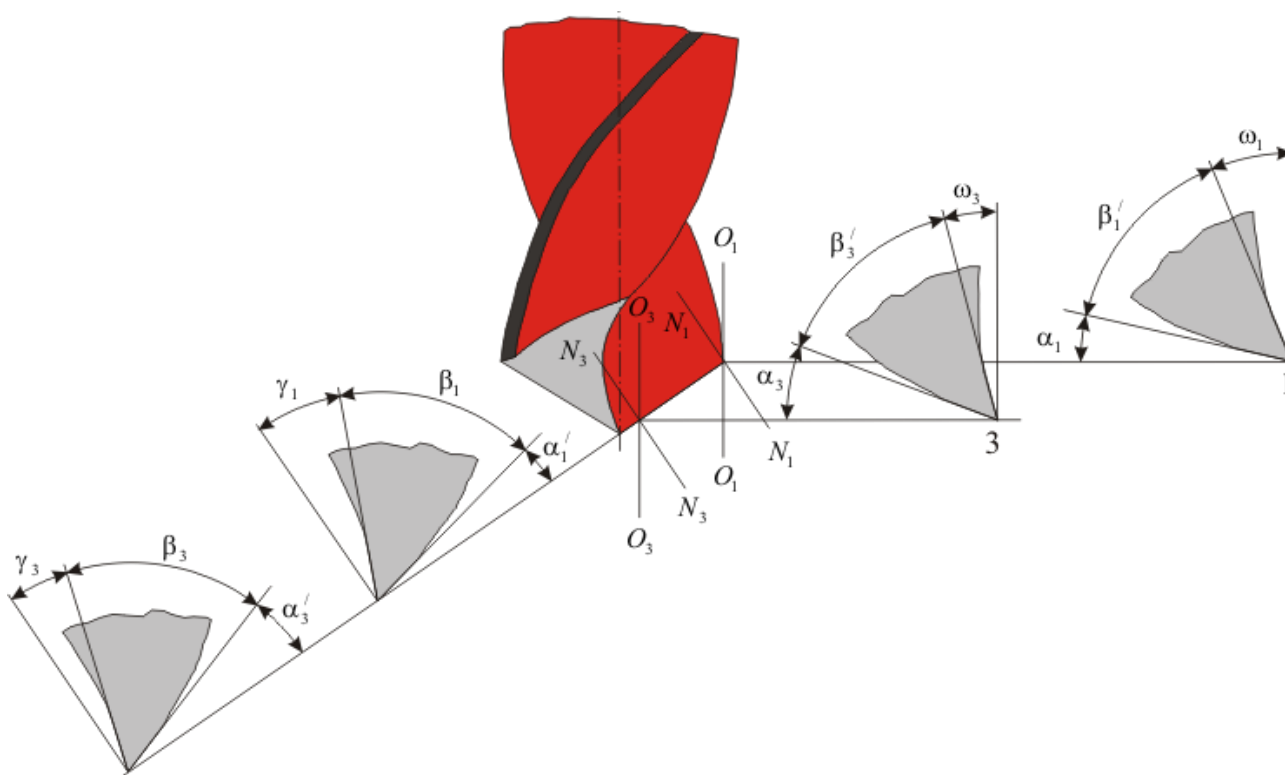


Рисунок 1.3 – Геометрия режущих элементов сверла

Передний угол γ измеряется в плоскости N_1N_1 нормальной к главной режущей кромке. Передний угол образован касательной к передней поверхности в рассматриваемой точке режущей кромки и нормалью в той же точке к поверхности вращения режущей кромки вокруг оси сверла. Передний угол у спиральных сверл имеет переменное значение по длине главных режущих кромок. Это объясняется тем, что передняя поверхность сверла является винтовой линейчатой конволютной, так как она образуется винтовым движением отрезка прямой, наклоненной к оси инструмента. На поперечной режущей кромке передний угол γ отрицательный.

Задний угол α измеряется в плоскости O_1O_1 касательной к окружности, которую описывает данная точка режущей кромки при вращении сверла вокруг своей оси. Плоскость O_1O_1 параллельна оси сверла. Задний угол образован касательной к задней поверхности в рассматриваемой точке режущей кромки и касательной в той же точке к окружности её вращения вокруг оси сверла. Задние углы у сверла различны для различных точек режущей кромки.

Угол наклона поперечной кромки ψ – острый угол между проекциями поперечной и режущей кромок на плоскость, перпендикулярную к оси сверла; поперечную и режущую кромки условно принимают прямолинейными. Обычно $\psi = 50^\circ \dots 55^\circ$.

Угол при вершине 2φ – угол между режущими кромками (играет роль главного угла в плане).

На основании производственного опыта оптимальное значение угла 2φ рекомендуется брать в зависимости от обрабатываемого материала, например, при обработке конструкционных сталей $2\varphi = 116^\circ \dots 120^\circ$, коррозионно-стойких и высокопрочных сталей $2\varphi = 125^\circ \dots 150^\circ$, чугуна, бронзы $2\varphi = 90^\circ \dots 100^\circ$, чугуна высокой твердости $2\varphi = 120^\circ \dots 125^\circ$, цветных металлов (алюминиевые сплавы, латунь, медь) $2\varphi = 125^\circ \dots 140^\circ$.

На рисунке 1.4 приводится угол наклона винтовой канавки. Спиральные сверла изготавливают как с правыми, так и с левыми винтовыми канавками. Обычно сверла имеют правые канавки и применяют для правого вращения (винтовая линия имеет подъем слева направо).

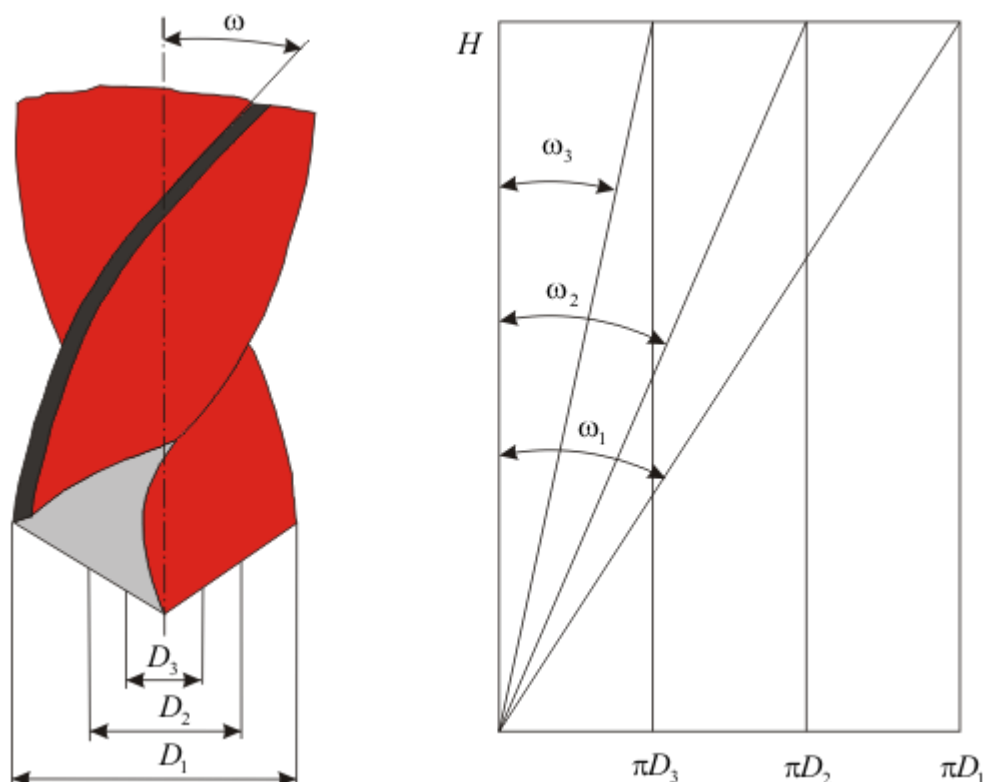


Рисунок 1.4 – Измерение угла наклона винтовой канавки спирального сверла в цилиндрическом сечении

Угол наклона винтовой канавки ω – угол между осью сверла и развернутой винтовой линией кромки ленточки у режущей части. У стандартных сверл этот угол назначается в зависимости от их диаметра: $\omega = 25...28^\circ$ для $D < 10$ мм и $\omega = 28...32^\circ$ для $D > 10$ мм. Так как этот угол оказывает также большое влияние на отвод стружки из зоны резания, то у специальных спиральных сверл его увеличивают до $40...60^\circ$. При проектировании новых конструкций сверл для обработки определенных видов материалов по рекомендациям ИСО значение ω при обработке сталей следует брать равным $25...35^\circ$, чугунов и других хрупких материалов – $10...15^\circ$, алюминия, меди и других вязких легкообрабатываемых материалов – $35...45^\circ$.

Спиральное сверло при постоянном шаге канавки имеет для различных точек режущей кромки различные значения угла ω . У периферии сверла угол наклона винтовой канавки наибольший; по мере приближения к центру сверла он уменьшается.

Величина угла ω определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{\pi \cdot D}{H},$$

где D – диаметр сверла в мм; H – шаг винтовой канавки в мм.

Шаг винтовой канавки H (теоретический) – шаг кромки ленточки,

подсчитанный по углу наклона винтовой канавки.

$\omega = 24^\circ \div 30^\circ$ является средним, применяемым при изготовлении свёрл диаметром от 10 до 80 мм. При более мелких сверлах этот угол уменьшается.

Исследование сверления легких металлов доказало, что для обработки этих материалов спиральным сверлом угол наклона винтовой канавки должен доходить до $40^\circ - 45^\circ$. Эту величину и следует принимать, в особенности для небольших диаметров сверл, так как при $\omega = 40^\circ$ лучше отводится стружка. Вообще при изготовлении спиральных свёрл для легких металлов необходимо обращать внимание не только на более благоприятные условия резания, но и на обеспечение отвода стружки в самом процессе работы.

Для уменьшения трения сверла в отверстии, а также для обеспечения направления сверла служат две ленточки. Чтобы уменьшить трение ленточек в отверстии (чтобы избежать заедания сверла в просверливаемом отверстии), сверлу придают обратную конусность путем шлифования по направлению к хвостовику сверла. Обратная конусность спиральных сверл равна $0,03 \div 0,10$ мм на 100 мм длины.

1.1.2. Измерение спиральных сверл

Для измерения спирального сверла применяют следующие инструменты: универсальный угломер, штангенциркуль, микрометр. Диаметр сверла измеряют микрометром по ленточкам у заборного конуса. Измеряют также диаметр сверла у хвостовика с целью определения обратной конусности.

Угол наклона поперечной кромки ψ обычно измеряют универсальным угломером (рисунок 1.5). Планку 1 прикладывают к главной режущей кромке, а планку 2 – к поперечной кромке.

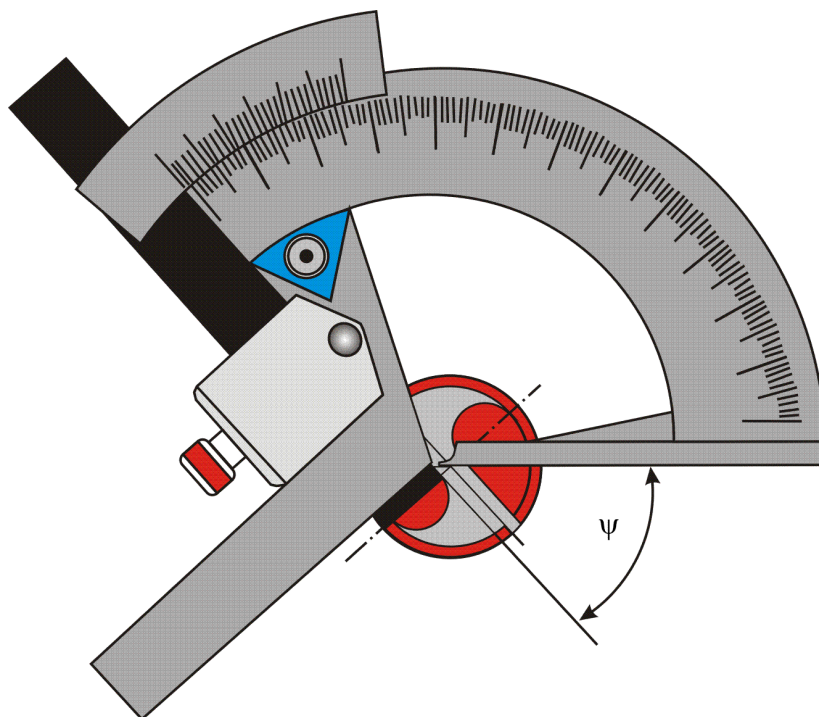


Рисунок 1.5 – Измерение угла наклона поперечной кромки

Результат измерения отсчитывают на шкале угломера. Диаметр сердцевин (поперечной кромки) сверла измеряют штангенциркулем непосредственно у самой вершины сверла. Угол 2φ при вершине спирального сверла измеряют универсальным угломером, как показано на рисунке 1.6. Угол наклона винтовой линии ω определяют по отпечатку, получаемому путем прокатывания сверла на бумаге и измеряемым угломером.

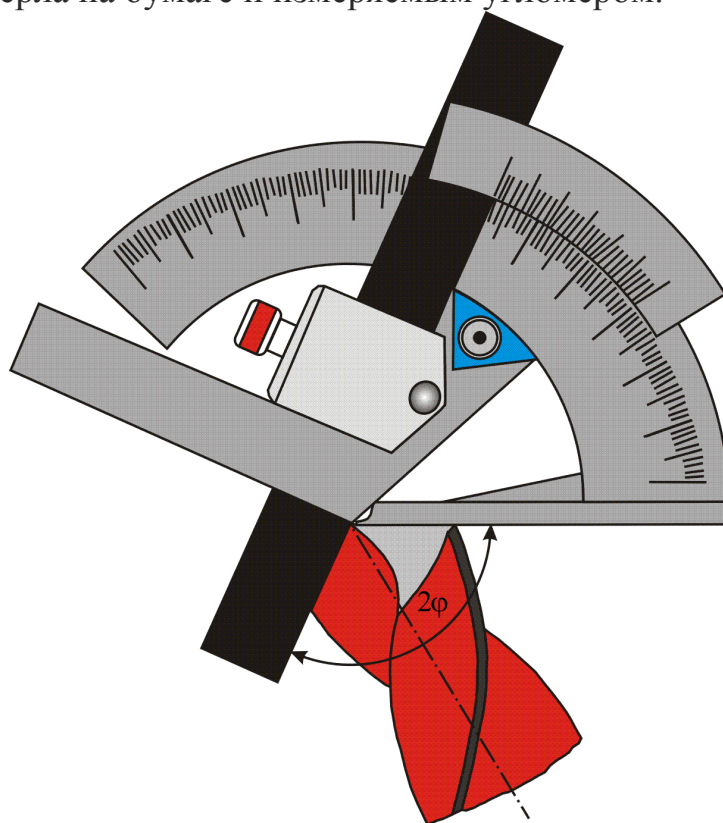


Рисунок 1.6 – Измерение угла при вершине 2φ универсальным угломером

Для построения графика зависимости переднего угла от диаметра (рисунок 1.7) используют формулу:

$$\operatorname{tg} \gamma_x = \frac{D_x \operatorname{tg} \omega_x}{D_1 \sin \varphi},$$

где ω_x – передний угол в плоскости O_1O_1 , град; D_x – диаметр сверла, соответствующий рассматриваемой точке режущей кромки, мм; D_1 – наружный диаметр сверла, мм; φ – половина угла при вершине сверла, град.

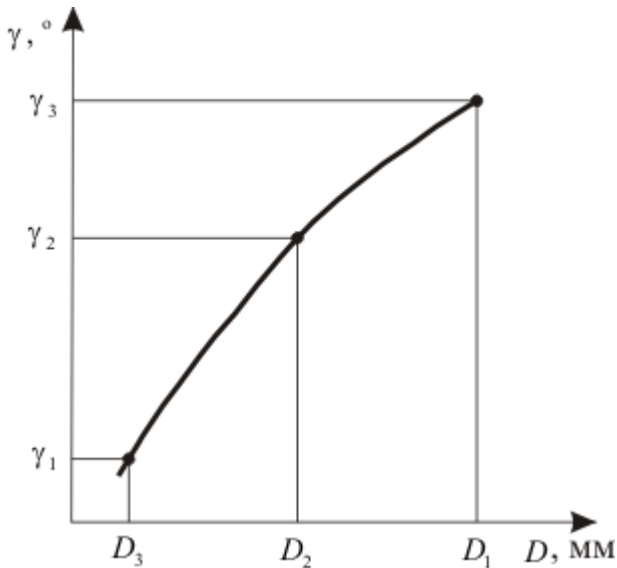


Рисунок 1.7 – График зависимости переднего угла от диаметра сверла

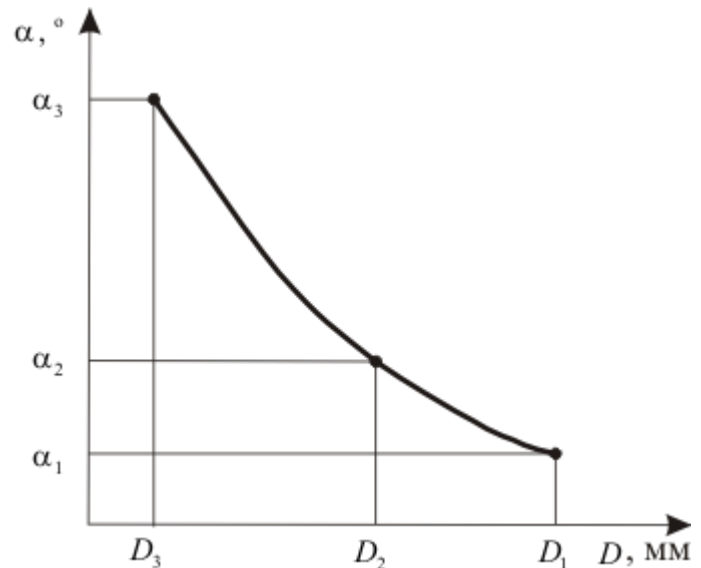


Рисунок 1.8 – График зависимости заднего угла от диаметра сверла

График строят для значений передних углов в 3 точках режущей кромки заданного для обмера сверла:

- 1) периферийной;
- 2) отстоящей от оси сверла на расстоянии 3 мм;
- 3) средней.

Для определения величины заднего угла в плоскости O_1O_1 измеряют угол заострения β в плоскости N_1N_1 в данных точках режущей кромки и по формуле

$$\alpha'_x = 90^\circ - (\beta + \gamma_x)$$

находят значение заднего угла в плоскости N_1N_1 .

Затем находят значение заднего угла в плоскости O_1O_1 по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha_x = \operatorname{tg} \alpha'_x \cdot \sin \varphi \cdot \frac{D_x}{D_1},$$

где D_1 и D_x – диаметры периферийной и искомой точек режущей кромки

сверла, в мм; α'_x – задний угол в плоскости N_1N_1 в искомой точке, в град; α_x – задний угол в плоскости O_1O_1 в искомой точке, в град; φ – половина угла при вершине сверла, в град.

По полученным значениям углов α строят график изменения заднего угла в зависимости от диаметра сверла (рисунок 1.8).

Полученные результаты измерений заносятся в протокол. На сверло составляется эскиз со всеми необходимыми проекциями и сечениями.

1.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1.2.1. Нарисовать эскиз сверла с необходимыми сечениями.

1.2.2. Произвести измерение сверла. Результаты измерения занести в таблицу 1.1.

1.2.3. Составить отчет о проделанной работе.

Таблица 1.1 – Протокол измерений

Показатель	Значение
Тип сверла	
Материал сверла	
Длина рабочей части сверла, мм	
Длина калибрующей части сверла, мм	
Длина шейки сверла, мм	
Длина хвостовика сверла, мм	
Диаметр сверла у вершины, мм	
Диаметр сверла у хвостовика, мм	
Расстояние между измерениями диаметров, мм	
Падение диаметра на 100 мм длины сверла, мм	
Диаметр шейки, мм	
Угол между режущей кромкой и поперечным лезвием ψ , град.	
Толщина перемычки у вершины, мм	
Толщина перемычки у хвостовика, мм	
Расстояние между измерениями толщин перемычки, мм	
Утолщение перемычки на 100 мм длины, мм	
Высота ленточки, мм	
Ширина ленточки, мм	
Ширина пера, мм	
Угол наклона винтовой канавки ω , град.	
Угол при вершине 2φ , град.	
Передний угол γ , град.	
Задний угол α , град.	
Номер конуса Морзе (конического хвостовика)	

1.3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

- а) основные теоретические положения, изложенные в разделе 1.1 настоящих методических указаний;
- б) эскиз сверла с указанием всех углов и геометрических размеров;
- в) заполненный протокол измерений (таблица 1.1);
- г) выводы по работе.

1.4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные конструктивные элементы спирального сверла.
2. Дайте определение основных конструктивных элементов спирального сверла.
3. Сколько режущих кромок у сверла с винтовыми канавками?
4. Назовите основные геометрические элементы спирального сверла.
5. Дайте определение основных геометрических элементов спирального сверла.
6. Зачем сверлу придают обратную конусность?
7. Какие приборы применяются для измерения углов сверла?

2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ИЗУЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ И КОНСТРУКЦИИ ЗЕНКЕРОВ

(Продолжительность выполнения – 2 часа)

Цель работы:

1. Изучить основные конструктивные элементы и геометрические параметры зенкеров различных типов и конструкций;
2. Ознакомление со средствами и техникой измерения конструктивных элементов и геометрические параметры зенкеров.

2.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

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

Зенкеры – осевые многолезвийные режущие инструменты, которые применяются для промежуточной или окончательной обработки отверстий, полученных предварительно сверлением, литьем, ковкой или штамповкой, с целью повышения их точности до 11...9-го качества и уменьшения шероховатости обработанной поверхности до $Ra = 2$ мкм.

Зенкеры получили широкое распространение в массовом и крупносерийном производствах.

Кинематика процесса зенкерования состоит из двух движений: главного – вращательного вокруг оси инструмента (заготовки), поступательного – движения подачи вдоль той же оси.

Зенкеры для получения цилиндрических или конических углублений часто называют **зенковками**, а для обработки торцовых поверхностей – **цековками**.

Зенкеры классифицируют по следующим признакам:

а) по виду обработки – цилиндрические зенкеры [применяются для увеличения диаметра отверстий (рис. 2.1, а)], зенковки [применяются для обработки цилиндрических или конических углублений под головки болтов, винтов, а также для снятия фасок (рис. 2.1, б, в), подрезки торцов бобышек и приливов на корпусных деталях (рис. 2.1, г)];

б) по способу крепления зенкера – хвостовые [с цилиндрическим и коническим хвостовиками ($d = 10...40$ мм, $z = 3$)] и насадные ($d = 32...80$ мм, $z = 4$)];

в) по конструкции рабочей части зенкера – цельные, сборные (со вставными ножами, $d = 40...120$ мм) и регулируемые по диаметру;

г) по виду режущего материала – быстрорежущие и твердосплавные;

д) по способу обеспечения размеров – с постоянным размером и регулируемые.

Зенкеры предназначены для обработки:

а) цилиндрических или конических отверстий, предварительно просверленных, прошитых или отлитых (рис. 2.1, а);

- б) цилиндрических углублений, например, под головки винтов (рис. 2.1, б);
 в) конических углублений для центровых гнезд, гнезд под головки винтов, фасок (рис. 2.1, в);
 г) плоских и фасонных торцовых поверхностей (рис. 2.1, г).

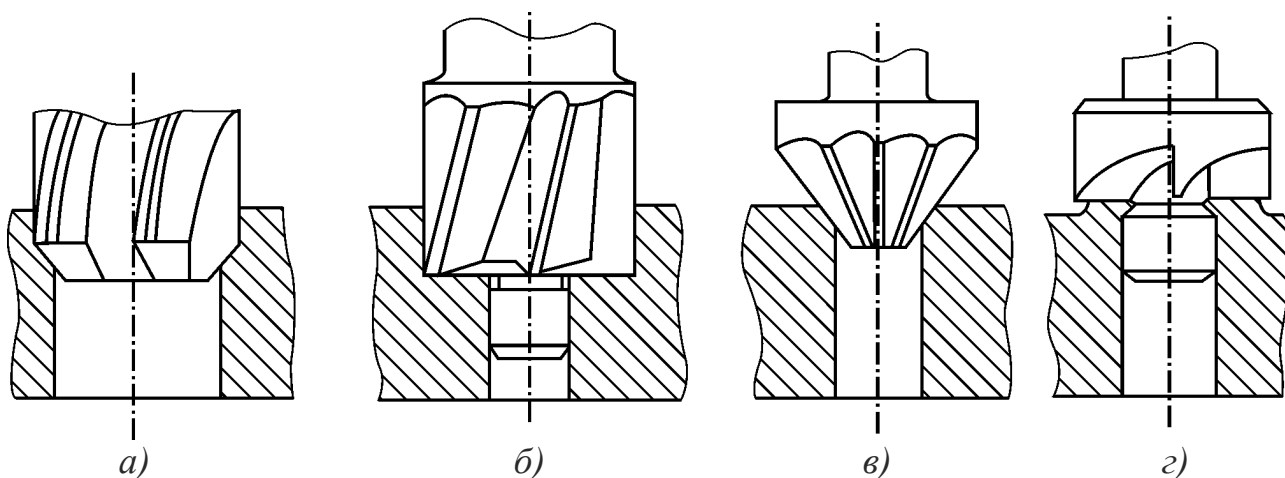


Рисунок 2.1 – Типы зенкоров:

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

По сравнению с расточными резцами зенкеры, являясь мерными инструментами, не требуют настройки на размер, что обеспечивает сокращение вспомогательного времени и повышает точность отверстий. По сравнению со сверлами зенкеры обеспечивают большую производительность обработки отверстий и точность, так как снимают меньшие припуски, имеют большее число режущих кромок ($z=3...4$) и направляющих ленточек. Из-за малой глубины стружечных канавок они имеют большую, чем сверла, жесткость, а отсутствие поперечной кромки позволяет вести обработку с более высокими подачами.

Конические зенкеры отличаются от цилиндрических тем, что зубья у них расположены на конусе, угол которого равен углу конуса обработанной поверхности. Главные режущие кромки — вдоль всего зуба, вспомогательных режущих кромок нет. Зубья конических зенкеров заточены до остра с положительным задним углом.

Насадные зенкеры отличаются от хвостовых только методом крепления. При диаметрах более 25 мм экономически выгоднее вместо хвостовика предусматривать коническое отверстие, которым инструмент насаживается на оправку, устанавливаемую в гнезде шпинделя станка. Крутящий момент передается торцевой шпонкой оправки, входящей в шпоночный паз на торце инструмента.

Сборными делаются как хвостовые, так и насадные зенкеры диаметром свыше 32 мм. Экономичность таких инструментов очень высокая, так как из режущих материалов делается не вся рабочая часть, а только зубья (ножи). При

выходе из строя одного или нескольких зубьев их легко заменить. Можно восстановить размеры после стачивания зубьев и многократно использовать корпуса.

По способу закрепления ножей существует много разновидностей конструкций. У наиболее распространенных, стандартных, в клиновидные пазы корпуса запрессовываются в осевом направлении клиновидные ножи с рифлениями на опорной стороне. Рифления надежно закрепляют нож и создают возможность восстановления диаметра зенкера путем перестановки ножей на одно рифление от оси корпуса. Ножи могут быть целиком из быстрорежущей стали или из стали 40Х с напаянными или приклеенными пластинами твердого сплава.

Регулируемые зенкеры – это инструменты, диаметр которых можно плавно изменять. Применяются они главным образом в условиях единичного и мелкосерийного производства.

Изменять диаметр инструмента позволяют все сборные конструкции, однако это изменение дискретно. Так, у инструментов с рифлениями диаметр можно изменять только на удвоенную величину шага рифлений. Обработка отверстий при выполнении ремонтных работ требует более тонкого регулирования размера, которое достигается специальными конструктивными решениями.

Твердосплавные зенкеры изготавливаются с целью повышения стойкости и производительности по сравнению с быстрорежущими зенкерами. Пластинами твердого сплава могут оснащаться все разновидности зенкеров. Они напаиваются или наклеиваются непосредственно на корпуса или на ножи у сборных конструкций.

Наиболее прогрессивными являются зенкеры с механическим креплением многогранных неперетачиваемых пластин.

Зенкеры с кольцевой заточкой часто используют для обработки точных отверстий. Главные режущие кромки – торцовые кромки уступов. Избыточный припуск снимается угловыми кромками с $\varphi = 45^\circ$.

Преимуществом таких инструментов являются стабильное обеспечение высокой точности (до 7-го качества) и низкой шероховатости (до $Ra = 0,40$ мкм) обработанных поверхностей, более высокая производительность в связи с короткой заборной частью, простота переточек и большое число переточек. Качество обработки такими зенкерами настолько высокое, что часто отпадает необходимость в последующем развертывании.

Тянущие зенкеры широкого распространения не получили. По конструкции рабочей части они ничем не отличаются от стандартных насадных зенкеров. Только присоединительная часть выполнена таким образом, что в

процессе работы их не толкают, а тянут. В результате изменения напряженного состояния стойкость таких зенкеров и качество обработанных ими отверстий выше, чем толкающими зенкерами.

2.1.1. Конструктивные и геометрические параметры зенкера

На рисунке 2.2 представлен цилиндрический зенкер с обозначением всех основных конструктивных частей.

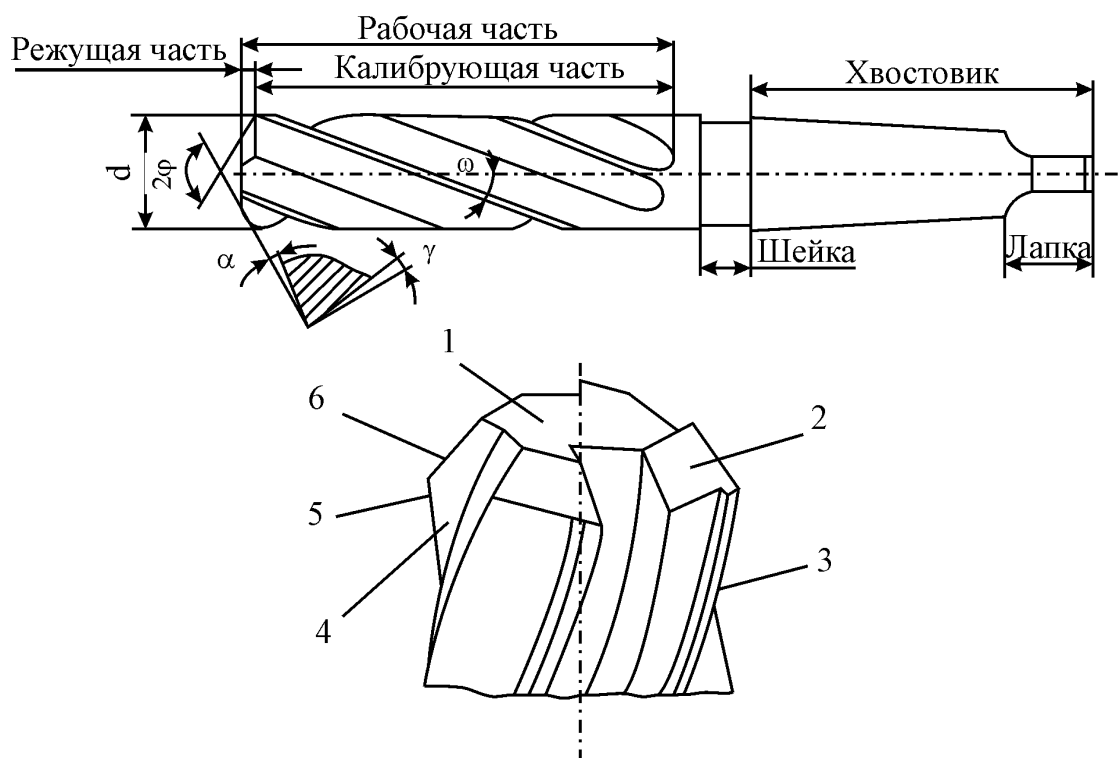


Рисунок 2.2 – Конструкция цилиндрического зенкера:
1 – сердцевина; 2 – задняя поверхность; 3 – ленточка;
4 – передняя поверхность; 5 – вспомогательная режущая кромка;
6 – главная режущая кромка

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

Рабочая часть зенкера снабжена режущими зубьями, состоит из режущей и калибрующей частей.

Режущая (заборная) часть зенкера предназначена для удаления припуска.

Калибрующая часть зенкера обеспечивает необходимую точность размера отверстия, направляет зенкер в процессе обработки отверстия и служит запасом на его переточку. На ней расположены цилиндрические ленточки шириной 0,8...2,0 мм. Радиальное биение ленточек должно быть не более 0,04...0,06 мм.

Для снижения трения и исключения возможности защемления в отверстии

у зенкера предусматривается обратная конусность по ленточкам в пределах 0,04...0,10 мм на 100 мм длины в зависимости от диаметра инструмента. У твердосплавных зенкеров уменьшение диаметра задается в пределах 0,05...0,08 мм на длине режущей пластины, а диаметр корпуса инструмента занижается на 0,01...0,02 мм по отношению к размеру конца твердосплавной пластины.

Увеличение ширины ленточек твердосплавных зенкеров нецелесообразно, так как оно сопровождается налипанием на них мелкой стружки и приводит к снижению стойкости инструмента. При увеличении обратной конусности наблюдаются вибрации и происходит быстрая потеря размера зенкера при его переточке.

Число канавок, как правило, три (хвостовые) или четыре (насадные). 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. Они имеют короткие и большие по объему канавки и служат для обработки отверстий диаметром до 300 мм.

Канавки зенкеров обычно винтовые, но могут быть и прямыми, например у твердосплавных зенкеров для обработки сталей и чугунов высокой твердости. У сборных зенкеров со вставными ножами, в том числе с напайными твердосплавными пластинами, канавки косые, наклонные к оси.

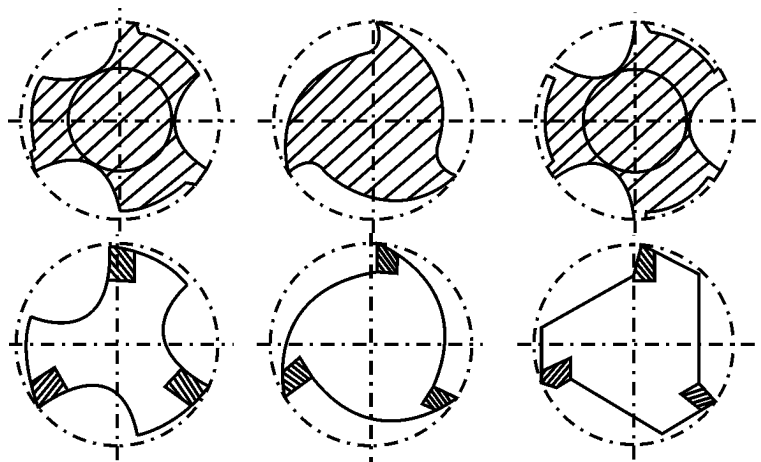


Рисунок 2.3 – Основные формы канавок зенкеров

К геометрическим параметрам относятся: главный угол в плане 2φ , вспомогательный угол в плане φ_1 , передний γ и задний α углы, угол наклона канавок ω .

На рисунках 2.2 и 2.4 приводится геометрия режущих элементов зенкера.

Передний угол γ измеряется в плоскости N_1N_1 нормальной к главной режущей кромке. Рекомендуется принимать в зависимости от обрабатываемого материала: при обработке сталей $\gamma = 8...12^\circ$, чугунов – $\gamma = 6...10^\circ$, цветных металлов – $\gamma = 25...30^\circ$, твердых сталей и чугунов – $\gamma = 0...5^\circ$.

Задний угол α на режущей части у зенкеров делается $\alpha = 6...15^\circ$ (большие значения для малых диаметров). Задний угол на калибрующей части

равен нулю, так как имеется цилиндрическая ленточка.

Главный угол в плане φ (половина угла при вершине) при обработке сталей равен $\varphi = 60^\circ$. С целью повышения стойкости зенкеров рекомендуется дополнительная заточка по уголкам под углом 30° . При обработке чугунов угол $\varphi = 60^\circ$ или $\varphi = 45^\circ$.

Вспомогательный угол в плане φ_1 образуется обратной конусностью (уменьшением диаметра к хвостовику).

Угол наклона винтовой канавки ω принимается равным $\omega = 10...15^\circ$.

Угол наклона главной режущей кромки λ создают для повышения прочности режущих кромок у зенкеров с напайными твердосплавными пластинами. Он предохраняет от выкрашивания место стыка главных режущих и вспомогательных кромок. Рекомендуется брать угол $\lambda = 12...15^\circ$. При этом сход стружки происходит в направлении к хвостовику, а режущая кромка имеет превышение над осевой плоскостью.

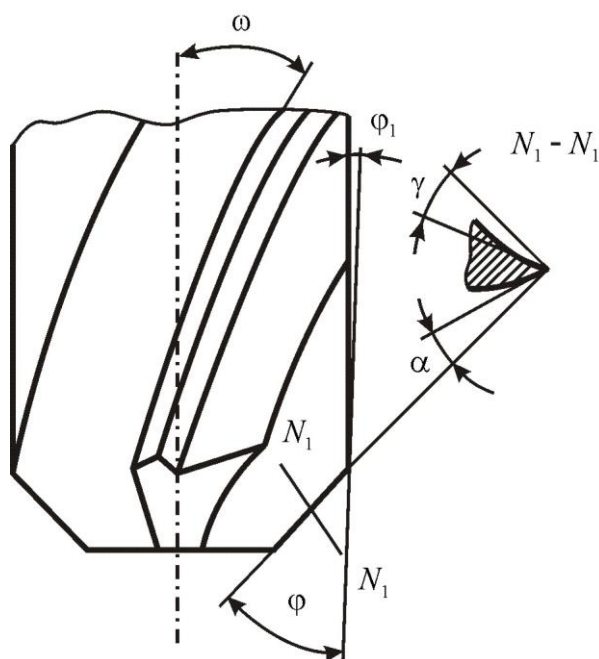


Рисунок 2.4 – Геометрия режущих элементов зенкера

Допуск на диаметр зенкеров устанавливается в зависимости от назначения зенкера и допуска на обработанное отверстие. По назначению, величине и расположению допуска на диаметр отверстия различают: зенкер № 1 – для обработки отверстий под развертывание и зенкер № 2 – для окончательной обработки отверстий. Относительное расположение полей допусков на отверстие и зенкеры показаны на рисунке 2.5.

У зенкера № 1 поле допуска на диаметр (δ_1) лежит ниже поля допуска на обработанное отверстие (δ_A) и линии номинала с учетом припуска на

развертывание, т.е. верхнее и нижнее отклонения диаметра зенкера берутся со знаком « $\rightarrow$ ».

У зенкера № 2 поле допуска на диаметр (δ_1) зенкера перекрывается полем допуска на отверстие, т.е. оба отклонения имеют знаки «+». При этом поле допуска на изготовление зенкера равно примерно $0,25\delta A$, а верхнее отклонение берется с учетом возможной разбивки отверстия, равной $(0,3...0,4)\delta A$.

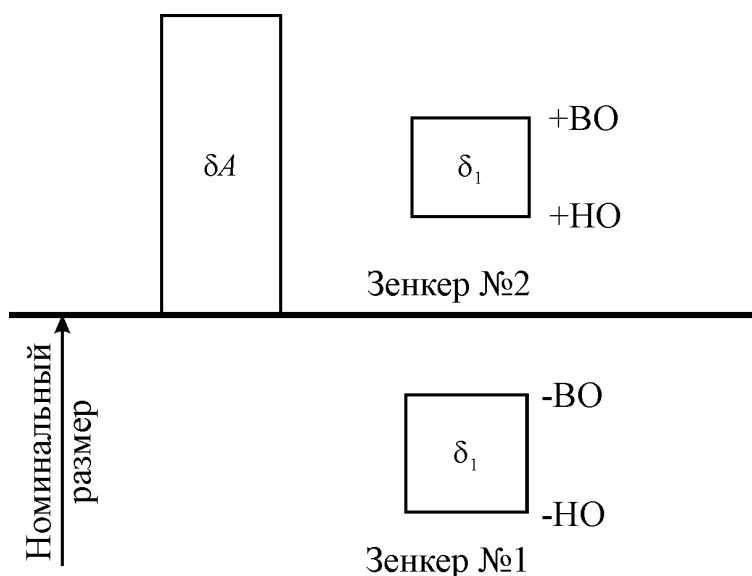


Рисунок 2.5 – Расположение полей допусков на обработанное отверстие и зенкеры № 1 и 2

2.1.2. Измерение зенкеров

Измерение угла φ производится универсальным угломером, углов γ и α – специальным угломером.

Угол наклона винтовых канавок ω определяют по отпечатку, получаемому путем прокатывания зенкера на бумаге с помощью угломеров или транспортира.

Конструктивные элементы измеряются с помощью микрометра или штангенциркуля. Ширина ленточки на калибрующей части определяется с помощью инструментального микроскопа или специальной лупы со шкалой. Для определения радиального биения рабочей части, а также для определения длины режущей и калибрующей частей используются центра и индикатор.

Полученные результаты измерений заносятся в протокол измерений.

2.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Нарисовать эскиз зенкера с указанием конструктивных элементов и геометрии режущей и калибрующей частей;
2. Произвести необходимые измерения конструктивных элементов и геометрических параметров зенкеров. Результаты измерения занести в таблицу 2.1;
3. Составить отчет о проделанной работе.

Таблица 2.1 – Протокол измерений

Показатель	Значение
Тип зенкера	
Материал инструмента	
Диаметр зенкера у вершины d , мм	
Диаметр зенкера у хвостовика, мм	
Расстояние между измерениями диаметров, мм	
Падение диаметра на 100 мм длины зенкера, мм	
Длина режущей части, мм	
Длина калибрующей части, мм	
Диаметр шейки, мм	
Длина шейки, мм	
Длина хвостовика зенкера, мм	
Диаметр хвостовика зенкера (цилиндрического), мм	
Диаметр посадочного отверстия (у насадных зенкеров), мм	
Номер конуса Морзе (конического хвостовика)	
Ширина ленточки f , мм	
Главный угол в плане φ , град.	
Вспомогательный угол в плане φ_1 или уменьшение диаметра к хвостовику на 100 мм длины, град.(мм)	
Передний угол γ , град.	
Задний угол α , град.	
Угол наклона винтовой канавки ω , град.	
Количество зубьев	
Шаг зубьев, мм	
Радиальное биение режущей части, мм	
Радиальное биение калибрующей части, мм	

2.3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет содержит:

- а) основные теоретические положения, изложенные в разделе 2.1 настоящих методических указаний;
- б) эскиз зенкера с указанием всех углов и геометрических размеров;
- в) заполненный протокол измерений (таблица 2.1);
- г) выводы по работе.

2.4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое зенкер?
2. Классификация зенкеров.
3. Назовите основные конструктивные элементы зенкера.
4. Назовите основные геометрические элементы зенкера.
5. Сколько режущих кромок у зенкера?
6. Зачем зенкеру придают обратную конусность?
7. Какие приборы применяются для измерения углов зенкера?

3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ИЗУЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ И КОНСТРУКЦИИ РАЗВЕРТОК

(Продолжительность выполнения – 2 часа)

Цель работы:

1. Изучить основные конструктивные элементы и геометрические параметры разверток различных типов и конструкций;
2. Ознакомление со средствами и техникой измерения конструктивных элементов и геометрических параметров разверток.

3.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

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

Развертки – это осевые многолезвийные режущие инструменты, применяемые для чистовой обработки отверстий. Точность отверстий после развертывания составляет $IT8... IT6$, а шероховатость поверхности – $Ra1,25...0,32$. При этом наилучшие результаты достигаются в случае двухкратного развертывания, когда первая развертка снимает $2/3$ припуска, а вторая – оставшуюся $1/3$.

Кинематика рабочих движений при развертывании подобна сверлению и зенкерованию. В отличие от зенкеров, развертки имеют большее число зубьев ($z = 6...14$) и, как следствие, лучшее направление в отверстия. Они снимают значительно меньший припуск ($t = 0,15...0,50$ мм), чем при зенкеровании. С целью достижения минимальной шероховатости поверхности развертки при обработке сталей работают на низких скоростях резания ($V = 4...12$ м/мин), т.е. до области появления нароста. Тем не менее, благодаря большому числу зубьев производительность при развертывании достаточно высока, так как машинное время уменьшается за счет увеличения числа зубьев.

Для получения высокой точности отверстий развертки изготавливают с более жесткими допусками, чем зенкеры, а отверстия под развертывание получают сверлением, зенкерованием или растачиванием.

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, твердосплавные и алмазные;
- д) по типу конструкции – цельные и сборные (со вставными ножами);
- е) по способу обеспечения размеров – с постоянным размером и регулируемые.

Ручными развертками (рис. 3.1, а) обрабатывают отверстия путем вращения инструмента вручную воротком, в который вставляется квадрат

цилиндрического хвостовика. Эти развертки изготавливают из инструментальной стали марки 9ХС. Для лучшего направления развертки в отверстия у нее затачивают большой длины заборный конус и калибрующую часть. В остальном конструкция ручных разверток не отличается от машинных.

Машинные концевые и насадные развертки цельные и сборные (рис. 3.1, б, в, г) применяют для обработки отверстий на сверлильных, токарных, револьверных, координатно-расточных и других станках. Хвостовики машинных разверток бывают цилиндрические ($d=1\ldots 9\text{ мм}$) и конические ($d=10\ldots 32\text{ мм}$) с относительно длинной шейкой и конусом Морзе. Хвостовики разверток изготавливают из конструкционных сталей 45 или 40Х и соединяют с рабочей частью из быстрорежущей стали сваркой. Насадные развертки крепятся на оправках. При этом коническое посадочное отверстие (конусность 1:30) обеспечивает центрирование с высокой точностью. Для передачи крутящего момента на правом торце развертки делается паз под шпонку.

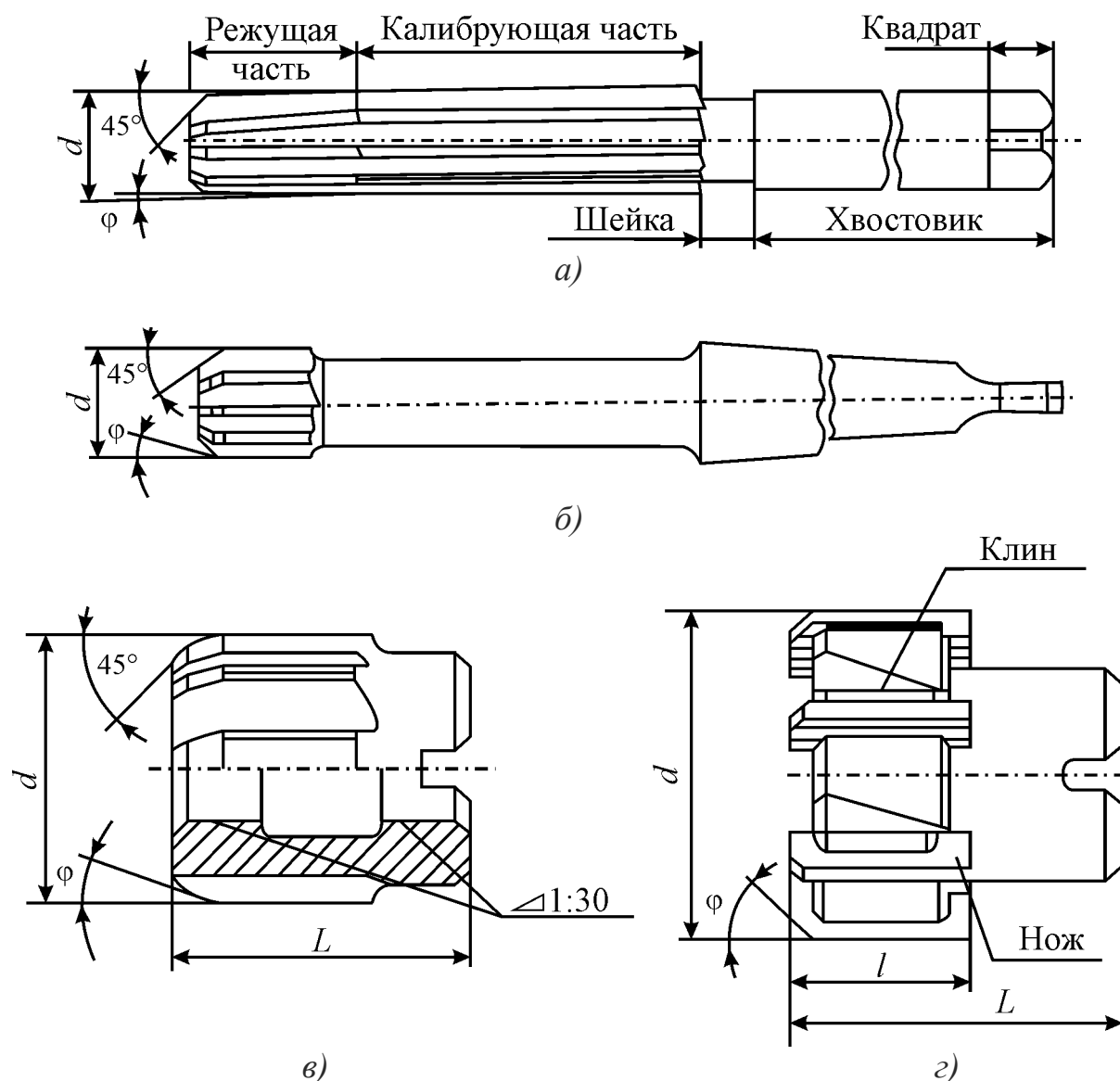


Рисунок 3.1 – Типы цилиндрических разверток:
а – ручная; б – машинная; в – насадная; г – сборная

Конические развертки отличаются от цилиндрических тем, что зубья у них расположены на конусе, угол которого равен углу конуса обработанной поверхности. Главные режущие кромки — вдоль всего зуба, вспомогательных режущих кромок нет. У разверток с целью обеспечения высокой точности размера и формы конического отверстия вдоль режущих кромок оставлены круглошлифованные ленточки с задним углом на них, равным нулю. Однако для повышения режущей способности кромок ширина круглошлифованных ленточек намного меньше, чем у цилиндрических разверток, и не превышает 0,15 мм. При обработке небольших конических отверстий работают только одной, чистовой разверткой. Для превращения крупных цилиндрических отверстий в конические, например, в гнезда шпинделей станков, используют комплект разверток из двух-трех штук. Первая, предварительная, развертка — с крупным зубом и резьбой с углом уклона, равным углу уклона конуса. Направление резьбы совпадает с направлением вращения развертки в работе. Она, как зенкер, главными режущими кромками превращает цилиндрическое отверстие в ступенчатое коническое (рис. 3.2, а). Вторая, промежуточная развертка имеет стружкоразделительные канавки в виде ленточной резьбы с направлением нарезки, обратным направлению вращения развертки (рис. 3.2, б). Она удаляет ступени, оставшиеся в отверстии после работы первой развертки. Чистовая развертка окончательно калибрует отверстие всей длиной зубьев, вдоль режущих кромок которых оставлены круглошлифованные ленточки шириной до 0,15 мм, создающие требуемую точность формы отверстия (рис. 3.2, в).

Насадные развертки отличаются от хвостовых только методом крепления. При диаметрах более 25 мм экономически выгоднее вместо хвостовика предусматривать коническое отверстие, которым инструмент насаживается на оправку, устанавливаемую в гнезде шпинделя станка. Крутящий момент передается торцевой шпонкой оправки, входящей в шпоночный паз на торце инструмента.

Сборными делаются как хвостовые, так и насадные развертки диаметром свыше 32 мм. Экономичность таких инструментов очень высокая, так как из режущих материалов делается не вся рабочая часть, а только зубья (ножи). При выходе из строя одного или нескольких зубьев их легко заменить. Можно восстановить размеры после стачивания зубьев и многократно использовать корпуса.

Конструкция сборной развертки такая же, как и у сборного зенкера, только большее число зубьев; зубья параллельны оси.

Регулируемые развертки подобны регулируемым зенкерам.

Твердосплавные развертки изготавливаются с целью повышения стойкости и производительности по сравнению с быстрорежущими развертками. Пластинами твердого сплава могут оснащаться все разновидности разверток. Они напайваются или наклеиваются непосредственно на корпуса или на ножи у сборных конструкций.

Из-за недостаточной точности развертки с механическим креплением многогранных неперетачиваемых пластин не оснащают.

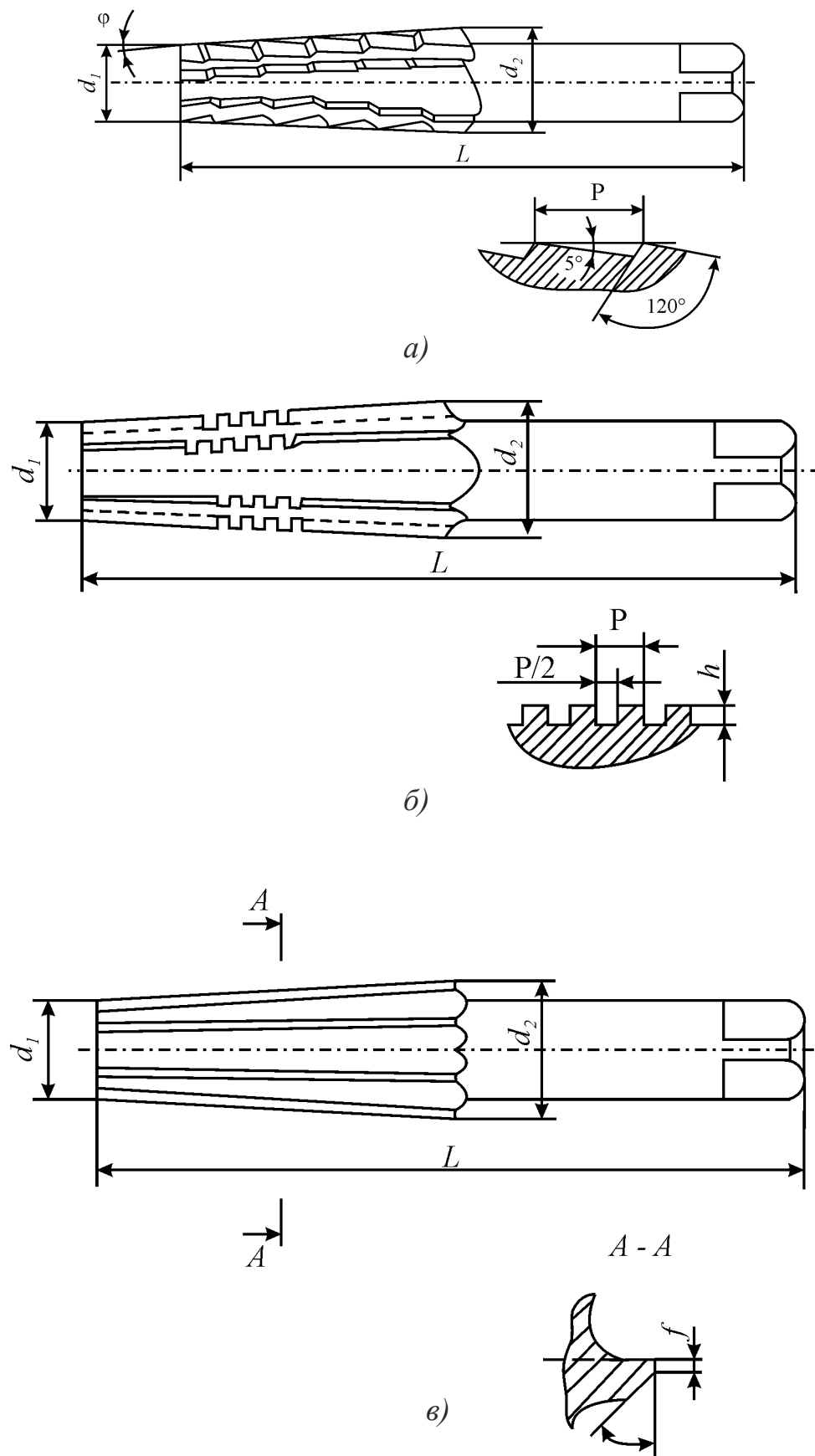


Рисунок 3.2 – Комплект конических разверток:
а - черновая (№ 1); б- промежуточная (№ 2); в - чистовая (№ 3)

Ручные развертки по сравнению с машинными имеют более длинную заборную и калибрующую части и всегда цилиндрический хвостовик с квадратом на конце под вороток. Меньшее значение угла φ (длинная заборная часть) вызвано необходимостью улучшения направления развертки в начальный период работы. Увеличенная длина калибрующей части обеспечивает больший срок службы развертки, так как при малом φ после каждой переточки по заборной части длина калибрующей части сокращается на большую величину, чем у машинных разверток с большим значением φ . Рабочая часть развертки – только из быстрорежущей стали. Твердыми сплавами ручные развертки не оснащаются.

Развертки с кольцевой заточкой часто используют для обработки точных отверстий. Главные режущие кромки – торцовые кромки уступов. Избыточный припуск снимается угловыми кромками с $\varphi = 45^\circ$. Преимуществом таких инструментов являются стабильное обеспечение высокой точности (до 7-го качества) и низкой шероховатости (до $Ra = 0,40$ мкм) обработанных поверхностей, более высокая производительность в связи с короткой заборной частью, простота переточек (шлифование уступов на круглошлифовальном станке) и большое число переточек.

Котельные развертки применяют при подготовке отверстий под заклепки в двух или более соединяемых листах. Они получили широкое распространение в котло-, корабле- и авиастроении, а также при изготовлении мостовых конструкций. Котельные развертки работают в тяжелых условиях, так как из-за неизбежных несовпадений осей отверстий в пакетах листов приходится удалять большой припуск до 1...2 мм на сторону, т.е. почти как при зенкерование. При этом обрабатываемые материалы, как правило, вязкие и пластичные. Для лучшего направления разверток в отверстия, снижения осевых усилий и уменьшения шероховатости поверхности используются винтовые зубья с углом $\omega = 25...30^\circ$ с направлением, обратным вращению инструмента. Котельные развертки имеют малый угол заборного конуса, равный $2\varphi = 3...5^\circ 30'$ и, соответственно, большую длину режущей части, равную $1/3... 1/2$ длины рабочей части инструмента. Число зубьев $z = 4...6$ при диаметре разверток $d = 6...40$ мм.

Котельные развертки изготавливают как ручные с цилиндрическим

хвостовиком, так и машинные с коническим хвостовиком, устанавливаемые на радиально-сверлильных станках или на пневматических дрелях.

Для лучшего направления разверток иногда впереди их рабочей части предусматривают направляющие цапфы, как у зенковок. У разверток больших диаметров с целью обеспечения надежного дробления стружки на зубьях заборного конуса в шахматном порядке наносят стружкоразделительные канавки.

Развертки одностороннего резания изготавливают с одним или несколькими ножами и опорными пластинами. Благодаря выглаживающему действию опорных твердосплавных направляющих, воспринимающих радиальную составляющую сил резания и трения, они обеспечивают высокую точность отверстий и низкую шероховатость их поверхностей. Такие развертки изготавливаются в диапазоне диаметров 8...100 мм, и применяются для развертывания неглубоких отверстий. Режущие пластины у них могут быть регулируемы по диаметру с использованием разных способов механического крепления.

3.1.1. Конструктивные и геометрические параметры развертки

На рисунке 3.1, а представлен цилиндрический зенкер с обозначением всех основных конструктивных частей.

К основным конструктивным элементам разверток относятся: режущая часть, калибрующая часть, число канавок (зубьев), форма канавок, крепежная часть (хвостовик).

Рабочая часть развертки снабжена режущими зубьями, состоит из режущей и калибрующей частей. На левом торце развертки снимается фаска под углом $\varphi = 45^\circ$, которая облегчает вхождение инструмента в отверстие и предохраняет режущие кромки от повреждения. Далее следует **заборный конус** с углом в плане φ , зубья на котором снимают припуск, заданный на обработку. Фаска и заборный конус составляют **режущую часть** развертки. Для улучшения условий работы развертки при врезании наименьший диаметр заборного конуса берется несколько меньше диаметра отверстия под развертывание.

Режущая (заборная) часть предназначена для удаления припуска. Длина заборного конуса развертки определяется по формуле:

$$l_1 = (1,3...1,4)t \cdot \operatorname{ctg} \varphi.$$

Калибрующая часть обеспечивает необходимую точность размера отверстия, направляет развертку в процессе обработки отверстия и служит запасом на его переточку. Эта часть развертки примерно до половины ее длины l_2 цилиндрическая. На остальной части она затачивается с небольшой обратной конусностью, т.е. с уменьшением диаметра по направлению к хвостовику развертки. У ручных разверток величина обратной конусности на 100 мм длины равна 0,01...0,05 мм, у машинных разверток при жестком креплении инструмента – 0,04...0,06 мм; при плавающем креплении в патроне – 0,08...0,015 мм. Обратная конусность необходима для уменьшения разбивки отверстия при выходе из него развертки. Так как ее величина мала, то при небольшой длине калибрующей части обратную конусность иногда делают сразу за заборным конусом, не оставляя цилиндрического участка. Общая длина рабочей части разверток: у ручных разверток $l = (4...10)d$, у машинных $l = (0,75...2)d$.

Число канавок, как правило, от 6 до 14. Число зубьев разверток выбирается в зависимости от диаметра d инструмента. Так, например:

$$z = 1,5\sqrt{d} + (2...4) \text{ – у цельных разверток;}$$

$$z = 1,2\sqrt{d} \text{ – у сборных разверток.}$$

С целью облегчения измерения диаметра развертки расчетное значение z округляется до ближайшего целого четного числа. Причем у сборных разверток в связи с необходимостью размещения элементов крепления ножей число зубьев уменьшается.

Для снижения огранки и шероховатости поверхности обработанного отверстия расположение зубьев по наружной окружности развертки рекомендуется делать с переменным шагом, причем для удобства измерения диаметра развертки накрест расположенные углы берут равными, чтобы режущие кромки противоположных зубьев лежали в диаметральной плоскости.

При обработке отверстий высокой точности необходимо обращать особое внимание на радиальное биение зубьев разверток относительно их оси. Оно замеряется в начале калибрующей части и должно быть не более 0,01... 0,02 мм.

Стружечные канавки у разверток чаще всего прямые.

К геометрическим параметрам относятся: главный угол в плане φ , вспомогательный угол в плане φ_1 , передний γ и задний α углы, угол наклона канавок ω .

На рисунке 3.3 приводится геометрия режущих элементов развертки.

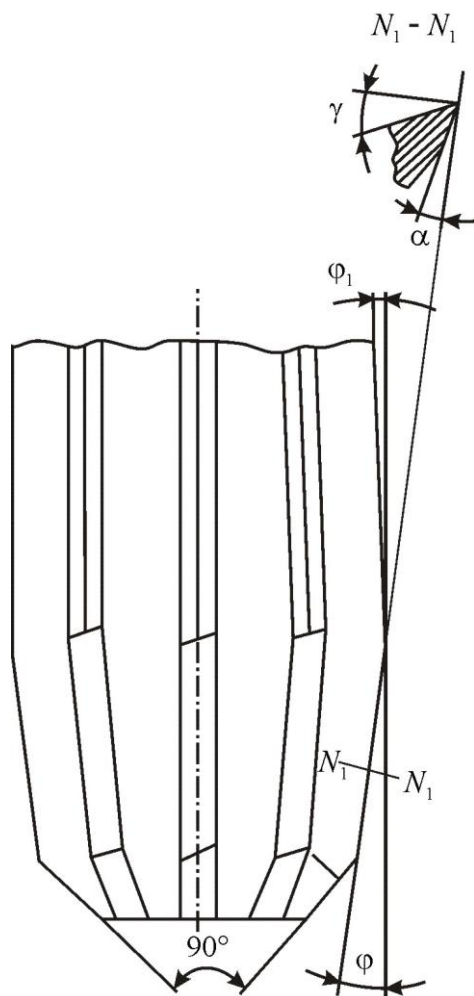


Рисунок 3.3 – Геометрия режущих элементов развертки

Передний угол в большинстве случаев $\gamma = 0^\circ$. При обработке вязких материалов во избежание налипов стружки и вырывов на обработанной поверхности зубья затачивают с положительными углами $\gamma = 5...10^\circ$.

Задний угол принимается равным $\alpha = 5...12^\circ$, получают заточкой задних поверхностей развертки по плоскости, причем в отличие от других видов инструментов меньшее значение этого угла рекомендуется брать при чистовой обработке, а большее – при черновой.

Главный угол в плане φ заборного конуса оказывает большое влияние на условия работы развертки, так как он определяет соотношение между шириной b и толщиной a слоя, срезаемого каждым зубом, так как

$$b = \frac{t}{\sin \varphi}, \quad b = S_z \sin \varphi,$$

где t – глубина резания, мм; S_z – подача на зуб, мм/зуб.

С уменьшением угла φ сила подачи уменьшается и обеспечиваются плавный вход и выход развертки из отверстия. По этим причинам у ручных

разверток угол $\varphi = 1...2^\circ$, у машинных разверток при обработке сталей $\varphi = 12...15^\circ$, чугуна $\varphi = 3...5^\circ$, а при обработке глухих отверстий $\varphi = 45^\circ$.

Вспомогательный угол в плане φ_1 образуется обратной конусностью калибрующей части.

Угол наклона винтовой канавки у разверток, предназначенных для обработки отверстий с продольными пазми или прерывистой обрабатываемой поверхностью, делают винтовые канавки с углом наклона, равным при обработке сталей $\omega = 12...20^\circ$, чугунов $\omega = 7...8^\circ$, легких сплавов $\omega = 30...45^\circ$. Так как при снятии тонких срезов возможно появление отрицательного значения силы подачи, то во избежание самозатягивания и заедания развертки в отверстии направление винтовых канавок инструмента должно быть обратным направлению вращения развертки, т.е. левое при правом вращении и наоборот. При этом шероховатость обработанной поверхности уменьшается, а усилие подачи возрастает. У ручных разверток допускается совпадение направления винтовых канавок с направлением вращения, так как они работают с малой подачей.

Допуск на диаметр развертки в связи с тем, что развертки являются чистовым инструментом, обеспечивающим высокую точность по диаметру, должны быть очень малыми, примерно в 3 раза меньшими, чем допуски на обрабатываемое отверстие.

При назначении допусков на диаметр развертки необходимо стремиться к выполнению следующих условий:

- 1) обеспечить размер отверстия детали в пределах допуска δ_A ;
- 2) допуск на изготовление развертки δ_p должен быть не очень узким, так как в этом случае резко возрастает стоимость ее изготовления;
- 3) для повышения стойкости развертки необходимо предусмотреть допуск на износ (переточку) δ_{II} развертки.

Таким образом, необходимо установить верхнее и нижнее отклонения для новой развертки и нижнее – для изношенной развертки. При этом нужно учитывать возможность появления максимальной и минимальной разбивки отверстия, которая может быть положительной или отрицательной.

При положительной разбивке диаметр отверстия после вывода развертки становится больше ее диаметра. Основные причины такой разбивки:

- 1) несовпадение осей вращения развертки и обрабатываемого отверстия;
- 2) биение режущих кромок;
- 3) нарост и мелкая стружка на направляющих ленточках и др.

Отрицательная разбивка проявляется в уменьшении диаметра отверстия после вывода развертки. Она встречается реже и имеет место при обработке тонкостенных заготовок, развертывании отверстий в цветных металлах вследствие упругих деформаций поверхностей отверстий, а также при работе

твердосплавных разверток по закаленным сталям из-за высокой температуры резания и термических деформаций детали.

На рис. 3.4, а, б показано расположение полей допусков на развертку и обрабатываемое отверстие при обоих видах разбивки.

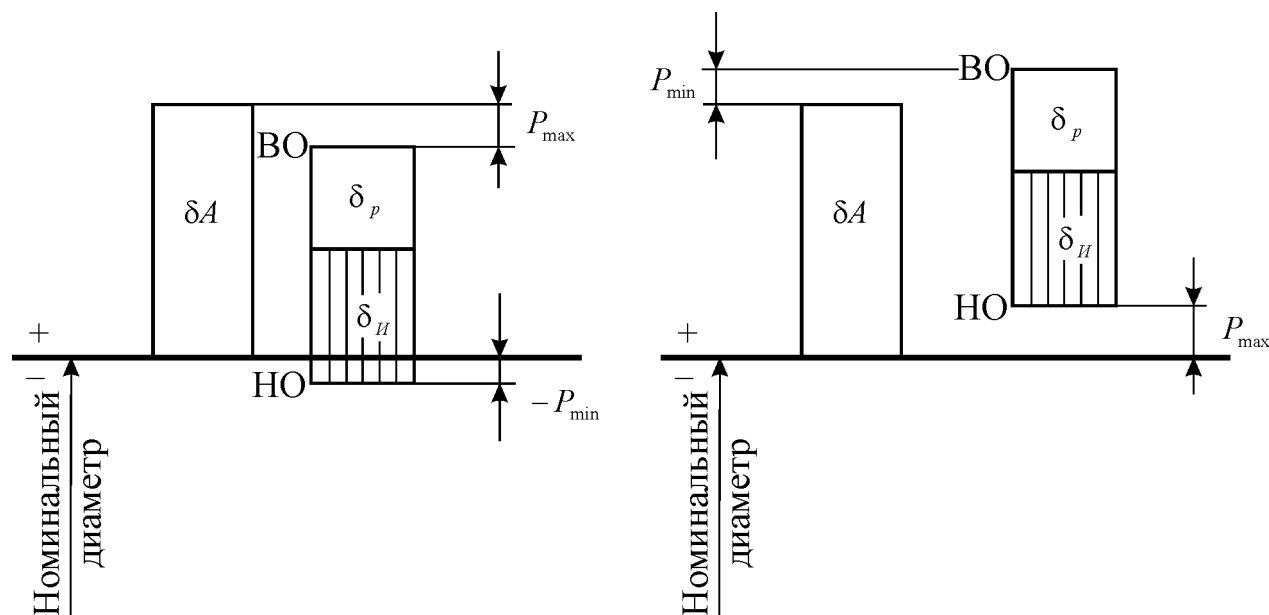


Рисунок 3.4 – Схемы расположения полей допусков на диаметр развертки и отверстия: а – при положительной разбивке отверстия; б – при отрицательной разбивке отверстия

При положительной разбивке (рис. 3.4, а) допустимое верхнее отклонение допуска на развертку $BO = \delta A - P_{\max}$, нижнее отклонение у изношенной развертки $HO = -P_{\min}$. При отрицательной разбивке (рис. 3.4, б) $BO = \delta A + P_{\min}$, $HO = P_{\max}$. Такое же соотношение положений полей допусков на отверстие и развертку сохраняется и для случаев обработки отверстия в системе вала. Значения $P_{\min}$ и $P_{\max}$ определяются экспериментально.

3.1.2. Измерение разверток

Измерение угла φ производится универсальным угломером, углов γ и α – специальным угломером.

Угол наклона винтовых канавок ω определяют по отпечатку, получаемому путем прокатывания зенкера на бумаге с помощью угломеров или транспортира.

Конструктивные элементы измеряются с помощью микрометра или штангенциркуля. Ширина ленточки на калибрующей части определяется с помощью инструментального микроскопа или специальной лупы со шкалой.

Для определения радиального биения рабочей части, а также для определения длины режущей и калибрующей частей используются центра и индикатор.

Полученные результаты измерений заносятся в протокол измерений.

3.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Нарисовать эскиз развертки с указанием конструктивных элементов и геометрии режущей и калибрующей частей;
2. Произвести необходимые измерения конструктивных элементов и геометрических параметров развертки. Результаты измерения занести в таблицу 3.1;
3. Составить отчет о проделанной работе.

Таблица 3.1 – Протокол измерений

Показатель	Значение
Тип развертки	
Материал инструмента	
Диаметр развертки у вершины, мм	
Диаметр развертки у хвостовика, мм	
Расстояние между измерениями диаметров, мм	
Падение диаметра на 100 мм длины развертки, мм	
Длина режущей части, мм	
Длина калибрующей части, мм	
Диаметр шейки, мм	
Длина шейки, мм	
Длина хвостовика развертки, мм	
Диаметр хвостовика развертки (цилиндрического), мм	
Диаметр посадочного отверстия (у насадных разверток), мм	
Номер конуса Морзе (конического хвостовика)	
Ширина ленточки f , мм	
Главный угол в плане φ , град.	
Вспомогательный угол в плане φ_1 или уменьшение диаметра к хвостовику на 100 мм длины, град.(мм)	
Передний угол γ , град.	
Задний угол α , град.	
Угол наклона винтовой канавки ω , град.	
Количество зубьев	
Шаг зубьев	
Радиальное биение режущей части, мм	
Радиальное биение калибрующей части, мм	

3.3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет содержит:

- а) основные теоретические положения, изложенные в разделе 3.1 настоящих методических указаний;
- б) эскиз развертки с указанием всех углов и геометрических размеров;
- в) заполненный протокол измерений (таблица 3.1);
- г) выводы по работе.

3.4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое развертка?
2. Назначение и технологические возможности разверток.
3. Классификация разверток.
4. Разновидности конструкций разверток.
5. Назовите основные конструктивные элементы развертки.
6. Назовите основные геометрические элементы развертки.
7. Зачем развертке придают обратную конусность?
8. Какие приборы применяются для измерения углов развертки?
9. Как влияет число зубьев на производительность разверток?
10. Почему у зенкера зубьев меньше, чем у развертки?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 25751-83. Государственный стандарт. Инструменты режущие. Термины и определения общих понятий.
2. ГОСТ Р 50427-92 (ИСО 5419-82) Сверла спиральные. Термины, определения и типы.
3. Режущий инструмент: учебник для вузов / Д.В. Кожевников [и др.]. – 2-е изд. доп. – М.: Машиностроение, 2005. – 527с.
4. Шагун В.И. Металлорежущие инструменты: Учеб. пособ. для машиностроит. спец. вузов / В.И. Шагун. – М.: Высш. шк., 2007. – 423с.