Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Оборудование и технологии обработки материалов»

ИЗУЧЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ

Учебно-методическое пособие к практическим занятиям по курсу «Режущий инструмент» для студентов направления

15.03.05 – «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

очной и заочной форм обучения

Энгельс 2026

Цель работы: практическое ознакомление с основными типами сверл и приобретение навыков контроля их геометрических и конструктивных параметров.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Общие сведения о сверлах

Обработка отверстий осуществляется сверлами, зенкерами, расточными резцами, развертками, абразивным инструментом, раскатниками и инструментом для образования регулярного микрорельефа.

Конструктивное оформление инструментов очень разнообразно. Конструкции инструментов регламентируются государственными стандартами, отраслевыми нормативами, стандартами предприятий. Кроме того, для экспериментальных работ малыми партиями выпускаются ненормализованные инструменты.

При эксплуатации сверл следует иметь в виду, что незначительные изменения химического состава и свойств инструментального материала, а также режимов обработки могут существенно изменять стойкость инструмента. Различную стойкость имеют сверла, изготовленные в различных партиях и на различных заводах.

В настоящее время применяются спиральные, перовые, ружейные, кольцевые (трепанирующие головки), центровочные, центровальные и специальные сверла. Сверла бывают цельные, с напаянными пластинами, со сменными режущими элементами или неперетачиваемыми твердосплавными пластинами и сборные с внутренним и обычным подводом СОЖ, с наружным и внутренним отводом стружки.

Согласно ГОСТ 25751-83 передняя поверхность сверла определяется как поверхность лезвия инструмента, контактирующая в процессе резания с поверхностями обрабатываемой заготовки.

Задний угол α - угол в секущей плоскости между задней поверхностью лезвия и плоскостью резания.

Передний угол γ - угол в секущей плоскости между передней

поверхностью лезвия и основной плоскостью.

Угол заострения β - угол в секущей плоскости между передней и задней поверхностями лезвия.

Спиральное сверло состоит из рабочей части, шейки и хвостовика. Рабочая часть включает режущую и калибрующую части. Обычно на калибрующей части вспомогательная режущая кромка снабжается ленточкой.

На режущей части на пересечении передних и задних поверхностей" образуются две главных режущих кромки, а также перемычка (поперечная кромка).

У спирального сверла величина заднего угла на периферии сверла составляет [1] 8... 14°, а около поперечной кромки 26...35°. Передний угол на периферии составляет 18...33°, а у перемычки близок к 0°. Угол при вершине сверла 2φ у стандартных сверл 116... 118°, угол наклона поперечной кромки ψ обычно равен 50...55°.

Диаметр рабочей части сверла выбирается из ряда диаметров по ГОСТ 885-77. Диаметр просверленного отверстия вследствие разбивки будет больше диаметра инструмента. Разбивка вызывается биением шпинделя станка, биением сверла в шпинделе и погрешностями заточки.

Для снижения требуемого для сверления крутящего момента диаметр рабочей части делается с уменьшением в сторону хвостовика [2], равным 0,01 мм на всей длине рабочей части для сверл с d=0,1-0,6 мм; 0,005-0,015 для сверл с d=0,6-l,0 мм; 0,03-0,08 на 100 мм длины рабочей части для сверл с d<10 мм; 0,04-0,1 мм - для сверл с d=10-18 мм; 0,05-0,12 мм - для сверл с d>18 мм. Сверла с пластинками твердого сплава имеют обратную конусность на длине пластины, равную 0,03-0,05 мм при диаметре 5-10 мм и 0,05-0,08 мм при диаметре 10-30 мм. Цельные твердосплавные сверла имеют обратную конусность 0,1-0,2 мм на 100 мм длины при диаметре до 5 мм.

Высота ленточки для сверл с фрезерованным профилем 0,2-0,3 мм и для сверл со шлифованным профилем 0,1-0,15 мм.

Рабочая часть стальных сверл делается из стали 9ХС или быстрорежущей

стали. Хвостовики, если сверло сварное, делаются из стали 45 или 40Х.

Для облегчения врезания у сверл диаметром более 8 мм делается подточка перемычки и для повышения стойкости двойная заточка режущей части (размеры - в [2]).

Хвостовик сверла служит для базирования и закрепления инструмента, а также для передачи крутящего момента.

Сборные перовые сверла (рис. 1) могут изготавливаться повышенной А и нормальной В точности. Сверла с резьбовым регулируемым хвостовиком должны соответствовать ГОСТ 25524-82. Сверла с коническим хвостовиком выпускаются по ТУ 2-035-741-81, хвостовик-конус Морзе №3...№6.

При диаметре отверстия более 40 мм на главной режущей кромке делаются канавки для дробления стружки.

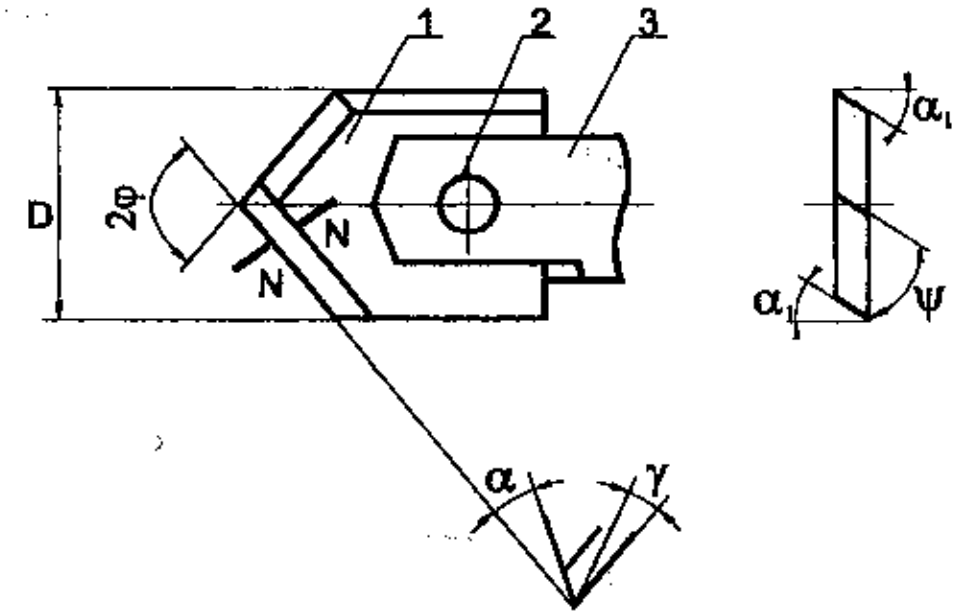

Рис. 1

Сверла по ГОСТ 25524-82 рассчитаны для отверстий диаметром 25-80 мм, по ТУ 2-035-741-81 —диаметром 25-130 мм. Толщина пластин 6-18 мм. Угол при вершине 2φ составляет 90°, 118^0, 132° или 180°. Передний угол γ - от 0° до 10°. Главный задний угол α=10-20°. Вспомогательный задний угол α_1 от 3 до 8°.

Ружейные (трубчатые) сверла [4] (рис. 2) оснащаются твердым сплавом.

Рабочая часть делается с напаянными твердосплавными пластинами (ТУ 2-035-722-80) или может изготавливаться из твердого сплава (ТУ 2-035-655-79). Сверла обеспечивают точность Н7...Н14. Глубина отверстий - до 50 диаметров. Рабочая часть изготавливается из однокарбидных вольфрамовых твердых сплавов, а корпус - из сталей 20Х, 40Х, 9ХС или 30ХГСА.

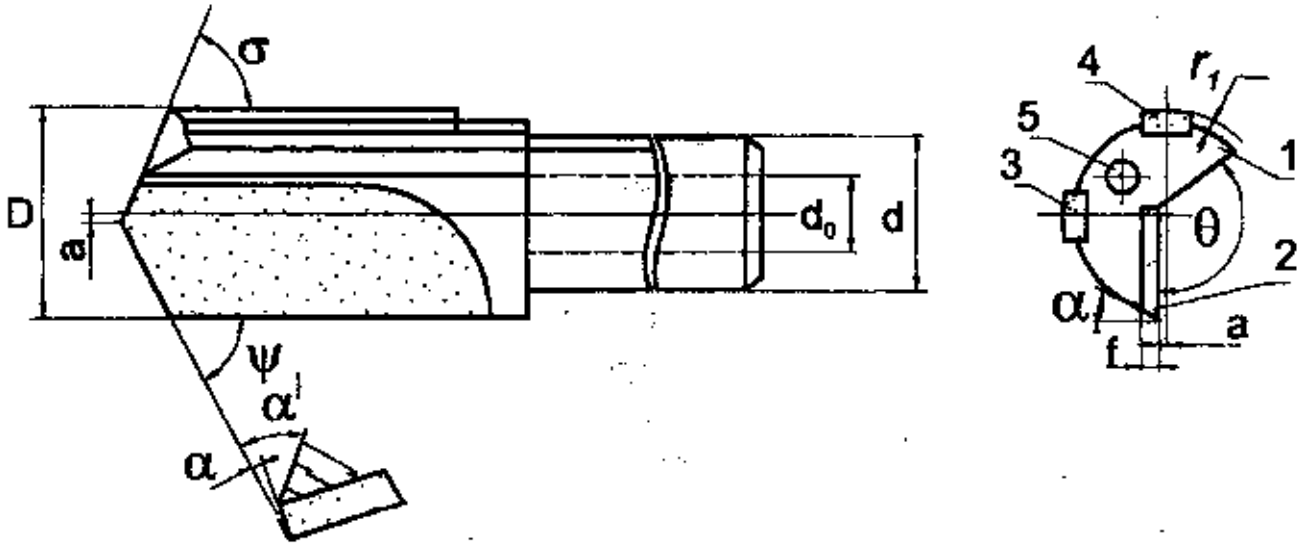

Рис. 2

На рис. 2:7- корпус, *2* - режущая твердосплавная пластина, *3, 4* -упорная твердосплавная пластина, *5* - отверстия для подвода СОЖ. Такие сверла делаются диаметром от 4 до 30 мм.

Величина $a=0{,}2*\tau$; a_1 принимается 0,1 мм. Внутренний канал делается из круглого или серпообразного профиля. Ленточка имеет ширину 0,3-0,8 мм.

Угол φ рекомендуется 60°, угол σ— 58°, угол θ - 120-140°, угол α_1 - 25°, угол α - 20°, $\alpha^{/}$ = 25-30°. Превышение опорных пластин h составляет 0,1 - 0,2мм.

Головки для кольцевого сверления [2], [4] (рис. 3) выпускаются по ТУ 2-35-524-76 и предназначены для высверливания сквозных отверстий в сплошном металле глубиной до 500 мм с оставлением нулевого стержня диаметром *d*. Точность отверстий - порядка 11-го или 12-го квалитета.

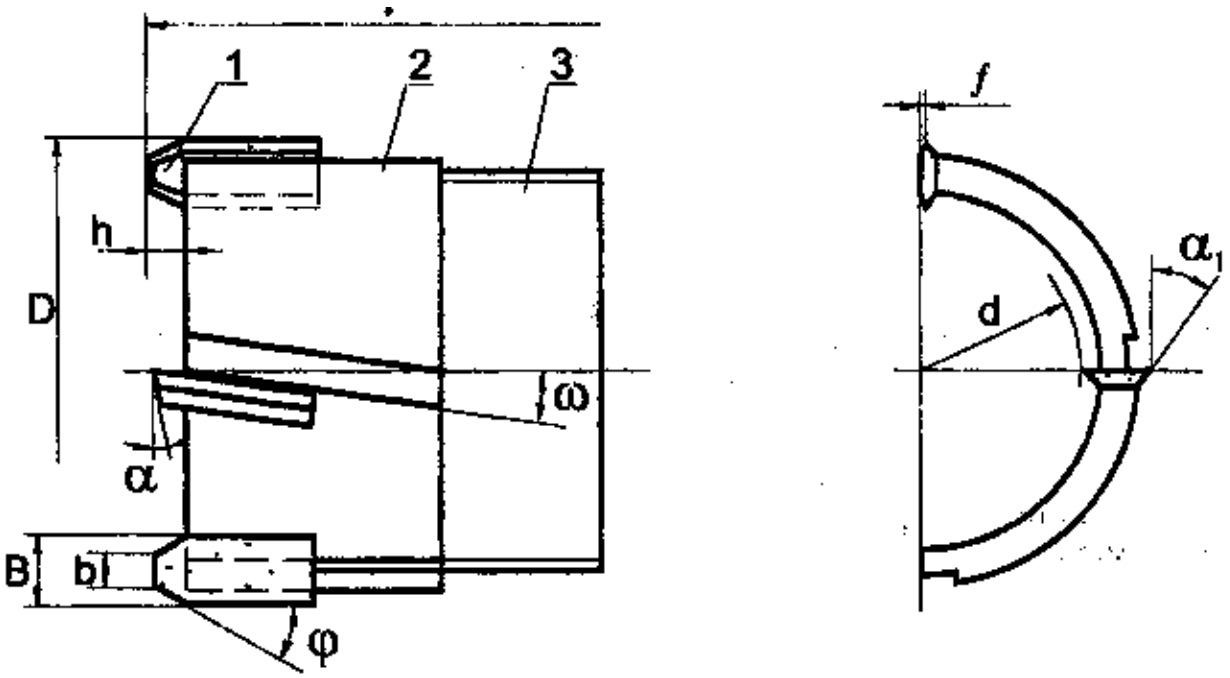

Рис. 3

На рис. 3 представлены: *1*- режущая пластина, *2* - корпус, *3* - хвостовик. СОЖ подается внутри головки, а отводится вместе со стружкой по наружным каналам. Головки изготавливаются цельными из быстрорежущей стали диаметром 30-60 мм, с напаянными твердосплавными пластинками диаметром 80-150 мм, сборными со вставными зубьями из быстрорежущей стали диаметром более 70 мм, оснащенными зубьями с твердым сплавом диаметром более 100 мм. Длина головки *l*=(1,5...0,8)D, где *D* - наружный диаметр головки. Число зубьев *z* =4...12. Ширина ленточки *f*=0,8...1,5 мм. Ширина зубьев назначается в зависимости от глубины отверстия. Ширина канавки для отвода стружки равна B. Угол наклона стружечной канавки ω=5...20°. Угол φ= 60°. Задний угол α= 6...8°.

Сверла с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин

изготавливаются согласно ОСТ 2420-9-84 (рис. 4). Они предназначены для обработки коротких, глубиной до *2d,* отверстий в конструкционных, легированных сталях и чугуне. Для их использования станки должны обладать достаточной мощностью и жесткостью.

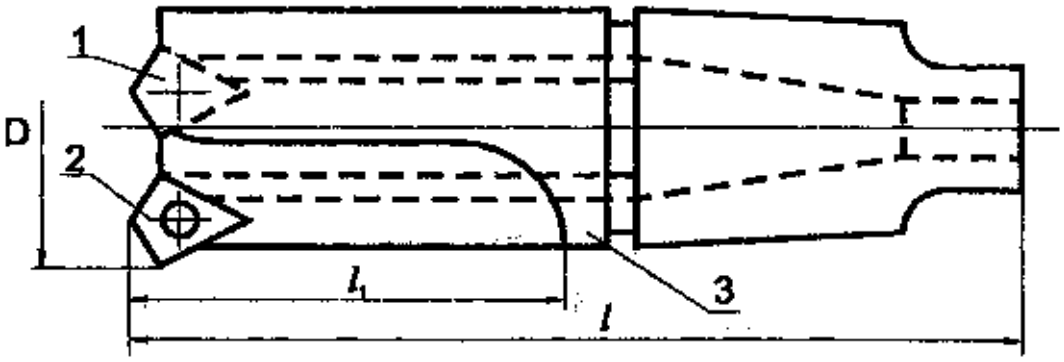

Рис. 4

На рис. 4 показаны: *1* - многогранные твердосплавные пластины, *2* - крепежные винты, *3* - корпус.

Сверла изготавливаются трех типов [3]: с коническим хвостовиком - тип 1, с коническим хвостовиком с внутренним подводом жидкости - тип *2,* с цилиндрическим хвостовиком и внутренним подводом СОЖ - тип 3.

Эжекторные сверла [3] (рис. 5) выпускаются согласно ТУ 2-035-857-81. Они предназначены для обработки глубоких отверстий с точностью Н9...Н12.

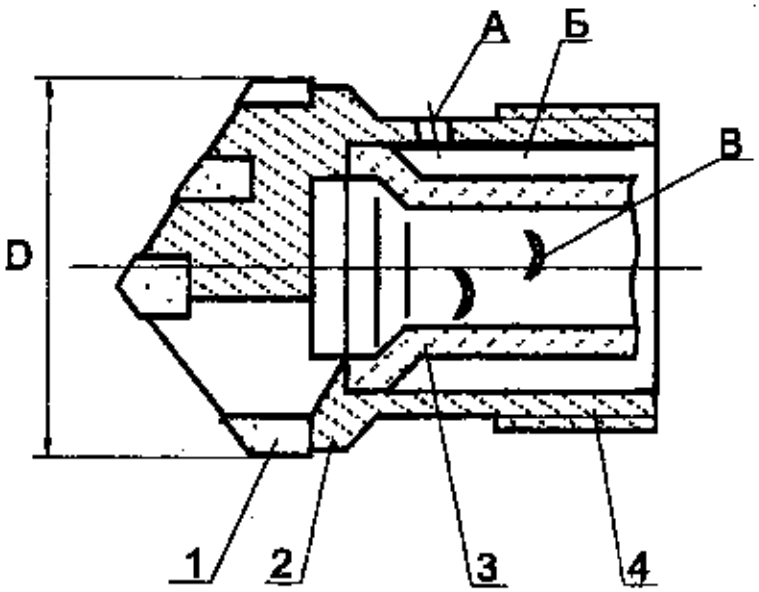

Рис. 5

На рис. 5 показаны: *1* - режущие твердосплавные пластинки, расположенные в шахматном порядке, *2* - корпус головки, *3* - внутренняя труба с отверстиями, *4* - хвостовик с резьбой для присоединения несущего стебля.

Особенностью эжекторного сверла является дополнительный подсос СОЖ к потоку охлаждающей жидкости, несущему стружку. СОЖ подается в зону

резания по каналу Б и отверстию А. Избыток СОЖ (до 30%) через отверстие В поступает внутрь трубы 3, где перемешивается с СОЖ, несущей стружку, создавая дополнительный подсос. Эжекторные сверла изготавливаются диаметром 20... 65 мм.

Центровочные сверла (рис. 6) изготавливаются двусторонними по ГОСТ 14952-75 и односторонними по ТУ 2-035-428-75.

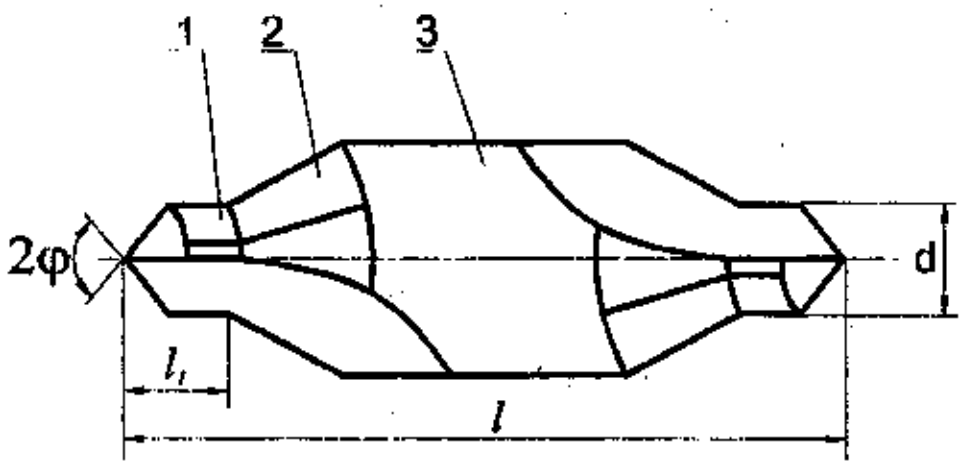

Рис. 6

На рис. 6 цифрами обозначены: *1* - сверловочная часть, *2* - зенко-вочная часть, *3* - державка.

Ленточка на зенковочной и сверловочной частях не делается. Задний угол на цилиндрической части составляет 1-2°. На цилиндрической шейке сверловочной части делается утонение в сторону державки.

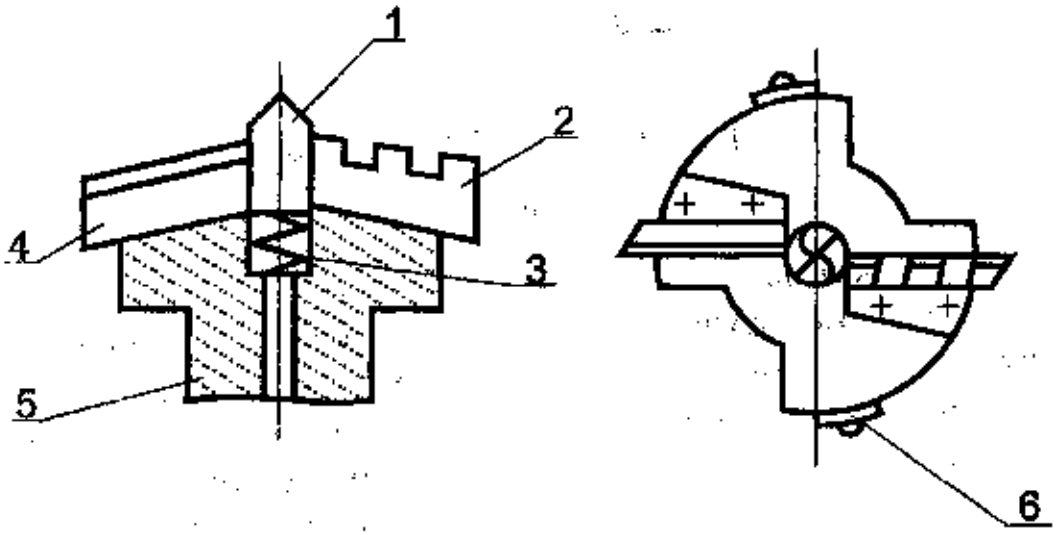

Рис. 7

Передняя поверхность зенковочной части является продолжением передней

поверхности сверловочной части.

Центровальные сверла по ОСТ И20-5-80 предназначены для зацентровки под последующее сверление или снятия фаски.

Сборное сверло (патент США №4248555) (рис. 7) имеет повышенную производительность и пониженные затраты на трение.

На рис. 7 показаны: *1* - центральное сверло, перемещающееся вдоль оси, *2* - гребенчатая режущая пластина, *3* - пружина, *4* -. прямолинейная режущая пластина, *5* - корпус, *6* - направляющие опоры качения. Пластины *2 и 4* входят в канавки сверла *1*, предохраняя его от поворота. Паз под пластину *2* мельче, чем под пластину *4,* поэтому пластина *2* располагается выше и прорезает кольцевые канавки.

Специальные сверла применяются для обработки отверстий в печатных платах ГОСТ 22093-76, ГОСТ 22094-76, ГОСТ 20686-76, ТУ 2-035-853-81, сверла для сверления термореактивных пластмасс, сверла из сверхтвердых материалов.

Обозначение сверл по ОКП

По общесоюзному классификатору продукции (ОКП) режущий инструмент отнесен к классу 39 [2]. Сверла образуют группу 1200.

Сверла из быстрорежущей стали спиральные общего назначения с цилиндрическим хвостовиком (подгруппа 1210) обозначаются:

1211 - короткой серии правые D=l-20 мм, L=32-100 мм ГОСТ 10902-77;

1212— короткой серии левые D=l-20 мм, L=32-100 мм ГОСТ 4010-77;

1213 - средней серии правые D=0,25-20 мм, L=20-205 мм ГОСТ 10902-77;

1214- средней серии левые D=0,25-20 мм, L=20-205 мм ГОСТ 10902-77;

1215-длинной серии D=l,95-20 мм, L=85-265 мм ГОСТ 886-77;

1216- утолщенные (маломерные) с утолщенным хвостовиком D=0,l-1 мм, L=14-25 мм ГОСТ 10902-77.

В обозначениях D - диаметр сверла, L - длина сверла.

Сверла из быстрорежущей стали спиральные общего назначения с коническим хвостовиком (подгруппа 1220) обозначаются:

1221- нормальной длины D=6-80 мм, L=140 - 515 мм ГОСТ 10903-77;

1222-длинные и удлиненные D=6-30 мм, L=160-350 мм ГОСТ 12121-77 и L= 225-395 мм ГОСТ 2092-77.

Сверла из быстрорежущей стали спиральные для определенных материалов (подгруппа 1230) обозначаются:

1231- для легких сплавов с цилиндрическим хвостовиком;

1232- для легких сплавов с коническим хвостовиком;

1233- для труднообрабатываемых материалов с цилиндрическим хвостовиком;

1234- для труднообрабатываемых материалов с коническим хвостовиком;

1235 - для чугуна.

Сверла из быстрорежущей стали комбинированные, центровочные, конические (подгруппа 1240) обозначаются:

1241-комбинированные;

1242- центровочные;

1243- конические.

Сверла из быстрорежущей стали для глубоких отверстий (подгруппа 1250) обозначаются:

1251 - спиральные с отверстиями для охлаждения и патроны к ним;

1252-шнековые;

1253-кольцевые.

Сверла твердосплавные, кроме специальных, (подгруппа 1260) обозначаются:

1261- спиральные с цилиндрическим хвостовиком укороченные;

1262- спиральные цельные с цилиндрическим хвостовиком короткой серии;

1263— спиральные цельные с цилиндрическим хвостовиком средней серии;

1264- спиральные цельные с утолщенным цилиндрическим хвостовиком (малоразмерные);

1265- спиральные цельные с коническим хвостовиком;

1266- спиральные с припаянными пластинками с цилиндрическим

хвостовиком;

1267- спиральные с припаянными пластинками с коническим хвостовиком;

1268- центровочные и другие комбинированные цельные;

1269- для строительно-монтажных работ.

Сверла специальные (подгруппа 1270) обозначаются:

1271- из быстрорежущей стали;

1272- твердосплавные.

Сверла из быстрорежущей стали для станков с ЧПУ и автоматических линий (подгруппа 1290) обозначаются:

1291-спиральные с цилиндрическим хвостовиком укороченные (сверхкороткие);

1292- спиральные с цилиндрическим хвостовиком короткой серии;

1293- спиральные с цилиндрическим хвостовиком средней серии;

1294- спиральные с коническим хвостовиком укороченные;

1295- спиральные с коническим хвостовиком короткой серии;

1296- ступенчатые, пластинчатые (перовые) и пр.

Зенкеры

Зенкеры предназначаются для обработки отверстий, полученных в результате сверления, а также отверстий в литых и штампованных заготовках. По конструктивным признакам различают насадные и цельные зенкеры, которые могут оснащаться пластинками из быстрорежущей стали или твердого сплава.

Зенкеры бывают: двухрезцовые, трехрезцовые; многорезцовые; с коническим хвостовиком из быстрорежущей стали; с пластинками из твердого сплава; с ножами, оснащенными пластинками из твердого сплава; для обработки глубоких отверстий.

Развертки

Развертки предназначены для чистовой обработки отверстий, их предпочтительней применять при обработке глухих и ступенчатых отверстий.

Развертки выполняют цельными, насадными, с цилиндрическим либо коническим хвостовиком, оснащают вставными ножами, впаянными пластинками из твердого сплава либо изготавливают из быстрорежущих сталей.

Развертки бывают: машинная с цилиндрическим хвостовиком цельная либо с пластинками из твердого сплава; машинная с коническим хвостовиком цельная либо с пластинками из твердого сплава; машинная насадная цельная либо с пластинами из твердого сплава; машинная с коническим хвостовиком со вставными ножами из быстрорежущей стали; насадная со вставными ножами из быстрорежущей стали или с пластинками из твердого сплава; с задним направлением и с пластинками из твердого сплава; с внутренним подводом СОЖ; с режущими и выглаживающими пластинками из твердого сплава; с плавающими пластинами.

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерение геометрических параметров резца можно производить с помощью универсального угломера Семенова *(ряс.* 8 ж 9).

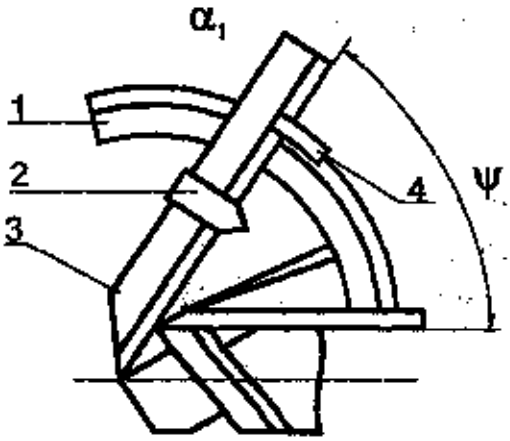

Рис. 8

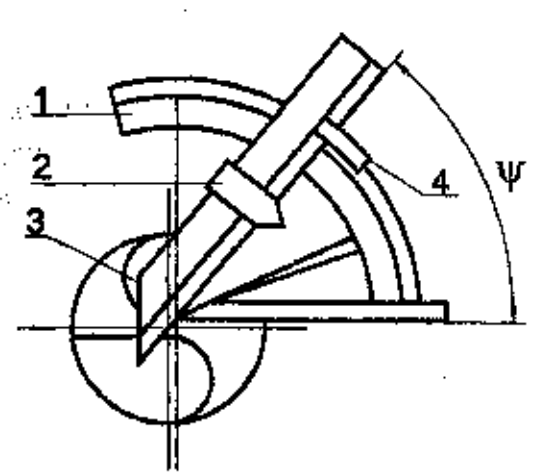

Рис. 9

На рис. 8 и 9 *1* - основание с основной градусной шкалой, *2* - державка, *3* - съемная линейка, *4* - пластина с нониусом.

Угломер Семенова работает контактным методом, с установкой между линейками угломера соответствующих поверхностей сверла с беззазорным контактом. Результаты измерений считываются с градусной шкалы и нониуса. Угломером измеряется угол в плане 2φ и угол наклона поперечной кромки ψ. Точность измерения - 30 минут по градусной шкале и 5 минут по нониусу. Углы ψ и φ могут контролироваться шаблоном.

Биение режущих кромок и задний угол α измеряются индикатором при вращении сверла, установленного в шпиндельную головку, с контролем угла поворота шпинделя. Ножка индикатора устанавливается перпендикулярно к задней поверхности с натягом.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

1.Перед работой изучается устройство измерительных приборов.

2.Обращение с режущими инструментами и средствами измерения во время работы должно быть бережным и аккуратным.

3.Запрещается без разрешения преподавателя и лаборанта трогать приборы, не относящиеся к данной работе.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Преподаватель выдает студентам методическую документацию.

Студенты изучают методические указания, рекомендации ГОСТ, знакомятся с конструкцией сверл по каталогам и экспонатам. После этого они персонально получают сверла и выполняют работу.

Задание 1. Измерение и расчет параметров сверла [5]

1.Измеряются линейные и диаметральные размеры: длина сверла, длина режущей части, длины главных режущих кромок, шаг винтовых канавок, длина хвостовика. Измерение производится с помощью штангенциркуля.

2.Измеряются диаметральные размеры: диаметр сверла, включая значения в начале и конце вспомогательной режущей кромки, а также промежуточные значения; диаметральные размеры шейки ж хвостовика. Измерения производятся с помощью штангенциркуля и микрометра. Определяется номер конуса Морзе в случае сверл с коническими хвостовиками.

3.Измеряются угол в плане φ и угол наклона перемычки ψ. Измерение осуществляется угломером.

4. Рассчитывается угол наклона винтовых канавок ω_x на цилиндре радиусом R_x:

$$tg\omega_x = \frac{2\pi R_x}{T},$$

где T- шаг стружечной канавки.

Строится график изменения угла ω_x вдоль главной режущей кромки.

5. Величина переднего угла в цилиндрическом сечении γ_{ox} приравнивается углу наклона винтовой канавки ω_x:

$$\gamma_{ox} = \omega.$$

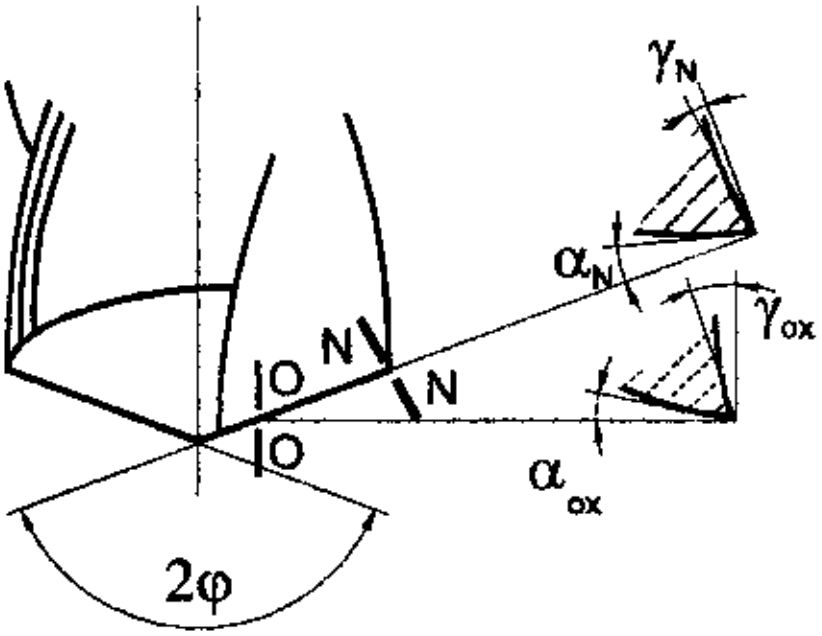

Рис. 10

6. Рассчитывается передний угол γ_N на периферии сверла в нормальной секущей плоскости (рис. 10):

$$tg\gamma_N = \frac{tg\omega}{\sin\varphi}.$$

7. Рассчитывается задний угол α_N сверла в нормальной секущей плоскости:

$$tg\alpha_N = \frac{180^\circ \cdot d}{\pi\theta R_x},$$

где d- величина падения затылка на радиусе R_x при повороте на угол θ Задний угол рассчитывается в трех точках режущей кромки.

8. Рассчитывается задний угол в цилиндрическом сечении:

$$tg\alpha_0 = \frac{tg\alpha_N}{\sin\varphi}.$$

9. Рассчитывается угол резания 5 в нормальной секущей плоскости:

$$\delta = 90^\circ - \gamma_N.$$

Угол рассчитывается в трех точках.

Задание 2. Расчет числа переточек [5], [2]

Определение числа переточек *n* производится в зависимости от величины запаса на стачивание *Q* и величины стачивания за одну переточку *q*.

Запас на стачивание принимается 50...70% от длины рабочей части сверла *l* для коротких сверл из быстрорежущей стали:

$$Q_{бк} = (0{,}5...0{,}7)l.$$

Для длинных сверл из быстрорежущей стали

$$Q_{бд} = 0{,}7l.$$

Для сверл, оснащенных твердосплавными пластинами,

$$Q_m = b - 0.4D,$$

где b - длина твердосплавной пластины; *D* - диаметр сверла.

Величина однократного стачивания *q* назначается в зависимости от диаметра сверла и обрабатываемого материала. При обработке стали и ковкого чугуна *q* = 1 мм при D до 6 мм; *q* - 1,1 мм при D до 10мм; *q* = 1,3 мм при *D* до 15 мм; *q* = 1,5 мм при *D* до 20 мм; *q* = 1,7 мм при *D* до 25 мм; *q*= 1,7 мм при *D* свыше25 мм.

При обработке чугуна и бронзы *q* = 0,8 мм при *D* до 6 мм; *q* = 0,9 мм при *D* до 10 мм; *q* - 1,0 мм при *D до* 15 мм; *q* - 1,2 мм при *D* до 20 мм; *q*= 1,4 мм при *D* до 25 мм; *q*= 1,6 мм при *D* свыше 25 мм.

Задание 3. Расчет максимального крутящего момента для сверл с коническим хвостовиком

1. Расчет максимального крутящего момента для сверл с коническим хвостовиком по критерию проскальзывания хвостовика определяется

по формуле:

$$M = z_{пр} \beta P_0 f \sin\theta ,$$

где: β - коэффициент запаса сцепления; $z_{пр}$- приведенный радиус сил трения; f - коэффициент трения в коническом сопряжении; Ро - осевое усилие при сверлении; θ - угол конуса хвостовика, равный половине угла при вершине.

Коэффициент запаса сцепления β принимают равным 1,25-1,5 для надежной работы.

Приведенный радиус $z_{пр}$ рассчитывают по формуле:

$$z_{пр} = 0{,}25(d_1 + d_2),$$

где d_1 и d_2- диаметры рабочей части конуса хвостовика.

2. Определение обозначения сверла по классификации ОКП.

Обработка результатов измерений

Линейные и диаметральные размеры сверл определяются с точностью до 0,1 мм, а угловые - до 1 градуса.

Значение каждого размера определяется как среднее арифметическое значение трех измерений:

$$X = \frac{П_1 + П_2 + П_3}{3},$$

где П - результаты измерений.

Результаты расчетов угловых размеров записываются с точностью до 30 минут.

ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет о лабораторной работе должен включать:

1)название лабораторной работы;

2)цель работы;

3)эскиз сверла;

4)численные значения параметров сверл, определенных измерением и расчетным путем;

5)обозначение сверл по ОКП;

6)заключение о работоспособности сверл.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1.Основные типы сверл.

2.Основные конструктивные элементы сверл.

3.Как измеряются параметры сверл?

4.Определение числа возможных переточек сверл.

5.Как производится обработка результатов измерений?

ЛИТЕРАТУРА

1.Лакирен С.Г. Обработка отверстий: справочник / С.Г. Лакирен. М.: Машиностроение, 1981.208 с.

2.Справочник инструментальщика / под ред. Н.А. Ординарцева. М.: Машиностроение, 1987. 846 с.

3.Самойлов В.С. Металлообрабатывающий твердосплавной инструмент: справочник / В.С. Самойлов. М.: Машиностроение, 1988.368 с.

4.Иноземцев Г.Г. Проектирование металлорежущих инструментов / Г.Г. Иноземцев. М.: Машиностроение, 1984.180 с.

5.Режущий инструмент: лабораторный практикум / под ред. Н.М. Щеголькова. М.: Машиностроение, 1985.164 с.

6.Родин П.Р. Металлорежущий инструмент / П.Р. Родин. Киев: Вища школа, 1986. 455 с.

ВРЕМЯ, ОТВЕДЕННОЕ НА РАБОТУ

Подготовка к работе	0,5 акад. часа.
Выполнение работы	1 акад. час.
Оформление отчета	1 акад. час.
Отчет о лабораторной работе	0,5 акад. часа.
Всего	3 акад. часа.