

## ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ

Обработка отверстий включает в себя: сверление отверстий сверлами различных типов; рассверливание отверстий сверлами, зенкерами, расточными резцами; обработку отверстий под различного рода соединения зенкерами, развертками, расточными резцами, шлифовальными кругами. Экономическая точность и достигаемый параметр шероховатости отверстий, обработанных различными видами осевого инструмента, приведены в гл. 3.

### 10.1. Конструкция, типы, размеры сверл спиральных

Обозначения сверл по ОКП приведены в табл. 10.1.

Спиральное сверло (рис. 10.1), входящее в большинство видов сверл классификатора, состоит из рабочей части 1 и хвостовика 2, который может быть цилиндрическим (с поводком или без поводка) или коническим. На хвостовике вблизи рабочей части имеется шейка 3. Режущая часть 4 сверла имеет две главные 5, две вспомогательные 6 и одну поперечную 7 режущие кромки.

Главные режущие кромки наклонены к оси сверла и образуют между собой угол в плане  $2\phi$ . Отвод стружки осуществляется по винтовым (спиральным) стружечным канавкам 8, разделенным сердцевинной 9. На каждом пере 10 сверла имеется ленточка 11, участок которой длиной  $s_0/z$  выполняет функции вспомогательных режущих кромок. Ленточка служит также для направления сверла во время работы. Передние поверхности сверла 12 — участки канавок, прилегающие к режущим кромкам, а осевые передние углы равны углам наклона канавок в данной точке. Задние поверхности 13 образуются заточкой, обеспечивают требуемые значения задних углов  $\alpha$  и спад затылка и могут быть плоскими, коническими, цилиндрическими, винтовыми.

Задние поверхности перьев, пересекаясь между собой, определяют форму и размеры поперечной режущей кромки и угол  $\psi$  ее наклона к режущим кромкам.

Главные режущие кромки сверла должны быть прямолинейными. Это условие обеспечивается за счет придания канавкам на участке, являющемся передней гранью, определенного профиля (этот способ используют на большинстве стандартных быстроре-

### 10.1. Обозначение сверл по ОКП

Группа 1200 Сверла	
Подгруппа	Вид
<p>1210 — сверла из быстрорежущей стали спиральные общего назначения с цилиндрическим хвостовиком</p>	<p>1211 — короткой серии правые                      1212 — короткой серии левые                      1213 — средней серии правые                      1214 — средней серии левые                      1215 — длинной серии                      1216 — утолщенные (малоразмерные)</p>
<p>1220 — то же с коническим хвостовиком</p>	<p>1221 — нормальной длины                      1222 — длинные и удлиненные</p>
<p>1230 — сверла из быстрорежущей стали спиральные для определенных материалов</p>	<p>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</p>
<p>1240 — сверла из быстрорежущей стали комбинированные, центровочные, конические</p>	<p>1241 — комбинированные                      1242 — центровочные                      1243 — конические</p>
<p>1250 — сверла из быстрорежущей стали для глубоких отверстий</p>	<p>1251 — спиральные с отверстиями для охлаждения и патроны к ним                      1252 — шнековые                      1253 — кольцевые</p>
<p>1260 — сверла твердосплавные (кроме специальных)</p>	<p>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</p>

Группа 1200. Сверла	
Подгруппа	Вид
1270 — сверла специальные	1271 — из быстрорежущей стали 1272 — твердосплавные
1290 — сверла из быстрорежущей стали для станков с ЧПУ и автоматических линий	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 др.

жущих и цельнотвердосплавных сверл) либо за счет заточки сверла по передней и задней поверхностям. Профиль поперечного сечения спирального сверла стандартного типа приведен на рис. 10.2.

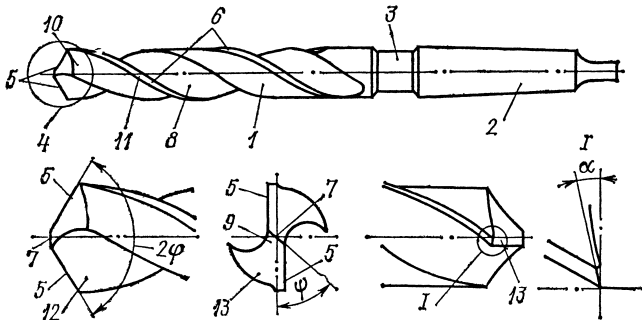


Рис. 10.1. Сверло спиральное

Передняя поверхность 1 представляет собой линейчатую винтовую поверхность, полученную в результате винтового перемещения с постоянным шагом режущей кромки 2, наклонной к оси сверла под углом  $\varphi$  по направляющему цилиндру диаметром  $K$  (диаметр сердцевины). Такая форма передней поверхности позволяет в любом сечении по длине рабочей части, выполненном под углом  $\varphi$  к оси сверла, гарантировать прямолинейность режущей кромки. Участок 3 нерабочей части канавки образован винтовым движением с тем же, что и рабочей части, шагом кривых 4. Профиль поперечного сечения сверл аппроксимируется радиусами  $R_R$

и  $r_k$ . С целью снижения трения сверла о поверхность обрабатываемого отверстия диаметр рабочей части выполняют с обратной конусностью (уменьшением диаметра в направлении к хвостовику), равной 0,01 мм на всей длине рабочей части для сверл с  $d = 0,1 \div 0,6$  мм; 0,005—0,015 — для сверл с  $d = 0,6 \div 1$  мм; 0,03—0,08 мм на 100 мм длины рабочей части — для сверл с  $d < 10$  мм; 0,04—0,1 мм — для сверл с  $d = 10 \div 18$  мм; 0,05—0,12 мм для сверл с  $d > 18$  мм. Сверла, оснащенные пластинками из твердого сплава, имеют обратную конусность на длине пластины, равную 0,03—0,05 мм — для сверл с  $d = 5 \div 10$  мм и 0,05—0,08 мм — для сверл

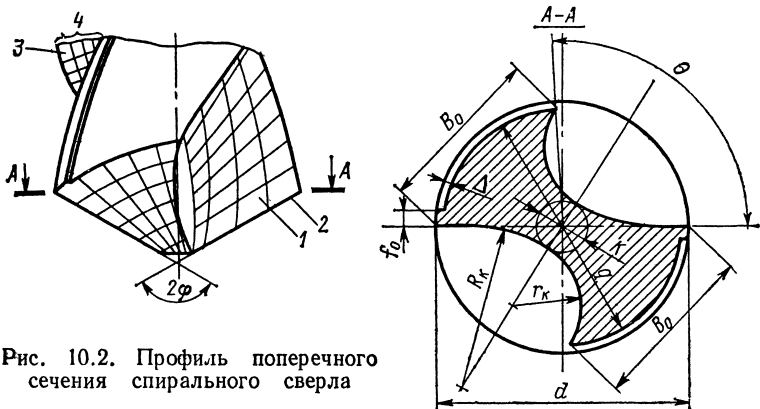


Рис. 10.2. Профиль поперечного сечения спирального сверла

с  $d = 10 \div 30$  мм. Сверла цельнотвердосплавные имеют обратную конусность, равную 0,1—0,2 мм на 100 мм длины (для сверл с  $d > 5$  мм).

Диаметр рабочей части (в сечении А—А) выбирается в соответствии с градацией, приведенной в табл. 10.2. Диаметр сердцевины стальных сверл  $k = (0,2 \div 0,3) d$  при  $d \leq 3$  мм;  $k = (0,15 \div 0,2) d$  при  $d = 3 \div 18$  мм и  $k = (0,125 \div 0,2) d$  при  $d > 18$  мм. Значение  $k$  обычно переменное и увеличивается по направлению к хвостовику на 1,4—1,7 мм на 100 мм длины с целью повышения прочности и жесткости сверла.

Для сверл с удлиненной, длинной и сверхдлинной рабочей частью увеличение значения  $k$  меньше. Известны также конструкции с постоянной величиной  $k$  или с изменяющейся по заданному закону.

Диаметр спинки  $q = d - 2\Delta$ , где  $\Delta$  — высота ленточки,  $\Delta = 0,2 \div 0,3$  мм для сверл с фрезерованным профилем или 0,1—0,15 мм для сверл с вышлифованным профилем;  $R_k = (0,75 \div 0,9) d$ ;  $r_k = (0,22 \div 0,28) d$ ;  $\theta \approx 92^\circ$ . Ширина пера, измеренная по нормали к перу,  $B = B_0 / \cos \omega$ , где  $B_0$  — ширина пера в нормальном к оси сверла сечении определяется углом  $\theta$ ;  $\omega$  — угол наклона винтовой канавки. Ширина ленточки  $f_{0 \max} = (0,32 \div 0,45) \sqrt{d}$ .



10.2. Градация диаметров сверл по ГОСТ 885—77\*  
(соответствует СТ СЭВ 235/1—1975)

0,25	1,40	3,40	7,10	10,90	(15,40)	(23,90)	33,50	48,50
0,28	1,45	3,50	7,20	11,00	15,50	24,00	34,00	49,00
0,30	1,50	3,60	7,30	11,10	15,75	24,25	34,50	49,50
0,32	1,55	3,70	7,40	11,20	16,00	24,50	35,00	50,00
0,35	1,60	3,80	7,50	11,30	16,25	24,75	(35,25)	50,50
0,38	1,65	3,90	7,60	11,40	16,50	25,00	35,50	51,00
0,40	1,70	4,00	7,70	11,50	16,75	25,25	(35,75)	(51,50)
0,42	1,75	4,10	7,80	11,60	17,00	25,50	36,00	52,00
0,45	1,80	4,20	7,90	11,70	17,25	25,75	(36,25)	53,00
0,48	1,85	(4,25)	8,00	11,80	(17,40)	26,00	36,50	54,00
0,50	1,90	4,30	8,10	11,90	17,50	26,25	37,00	55,00
0,52	1,95	4,40	8,20	12,00	17,75	26,50	37,50	56,00
0,55	2,00	4,50	8,30	12,10	18,00	26,75	38,00	57,00
0,58	2,05	4,60	8,40	12,20	18,25	27,00	(38,25)	58,00
0,60	2,10	4,70	8,50	12,30	18,50	27,25	38,50	59,00
0,62	2,15	4,80	8,60	12,40	18,75	27,50	39,00	60,00
0,65	2,20	4,90	8,70	12,50	19,00	27,75	(39,25)	61,00
0,68	2,25	5,00	8,80	12,60	19,25	28,00	39,50	62,00
0,70	2,30	5,10	8,90	12,70	(19,40)	28,25	40,00	63,00
0,72	2,35	5,20	9,00	12,80	19,50	28,50	40,50	64,00
0,75	2,40	5,30	9,10	12,90	19,75	28,75	41,00	65,00
0,78	2,45	5,40	9,20	13,00	20,00	29,00	(41,25)	66,00
0,80	2,50	5,50	9,30	13,10	20,25	29,25	41,50	67,00
0,82	2,55	5,60	9,40	13,20	20,50	29,50	42,00	68,00
0,85	2,60	5,70	9,50	13,30	20,75	29,75	42,50	69,00
0,88	2,65	5,80	9,60	13,40	(20,90)	30,00	43,00	70,00
0,90	2,70	5,90	9,70	13,50	21,00	30,25	(43,25)	71,00
0,92	2,75	6,00	9,80	13,60	21,25	30,50	43,50	72,00
0,95	2,80	6,10	9,90	13,70	21,50	30,75	44,00	73,00
0,98	2,85	6,20	10,00	13,75	21,75	31,00	44,50	74,00
1,00	2,90	6,30	10,10	13,80	22,00	31,25	45,00	75,00
1,05	2,95	6,40	10,20	13,90	22,25	31,50	(45,25)	76,00
1,10	3,00	6,50	10,30	14,00	22,50	31,75	45,50	77,00
1,15	3,10	6,60	10,40	14,25	22,75	32,00	46,00	78,00
1,20	(3,15)	6,70	10,50	14,50	23,00	(32,25)	46,50	79,00
1,25	3,20	6,80	10,60	14,75	23,25	32,50	47,00	80,00
1,30	3,30	6,90	10,70	15,00	23,50	33,00	47,50	
1,35	(3,35)	7,00	10,80	15,25	23,75	33,25	48,00	

Примечание. Сверла, диаметры которых указаны в скобках, изготавливаются по согласованию с потребителем.

По нормам DIN 1414 (ФРГ) диаметр сердцевины сверл  $k$  и ширина ленточки  $f_0$  могут быть определены по графикам, приведенным на рис. 10.3, а и б.

Угол наклона канавок  $\omega$  сверл диаметром до 10 мм — 25—28°; диаметром свыше 10 мм — 28—32°. У специальных сверл угол  $\omega$  достигает 45°. По нормам ISO угол  $\omega$  рекомендуется принимать равным 10—15° — для сверл типа Н, предназначенных для обработки хрупких материалов (чугуна, бронзы, латуни), 25—35° — для сверл типа N, предназначенных для обработки материалов, образующих элементную стружку, и 35—45° — для сверл типа W,

предназначенных для обработки алюминия, силумина и других вязких материалов.

Профиль сверл цельнотвердосплавных соответствует профилю стальных сверл и отличается большим диаметром сердцевины  $k$ , равным  $(0,25 \div 0,5) d$ .

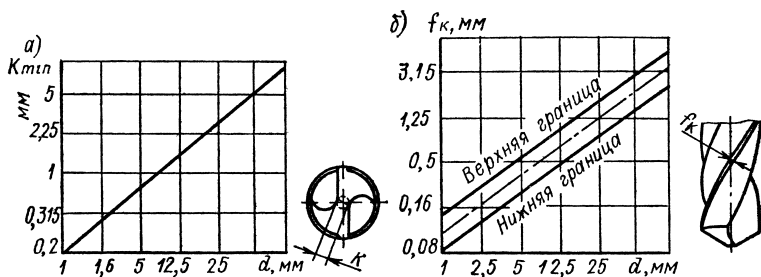


Рис. 10.3. Графики для определения размера сердцевины  $K$  (а) и ширины ленточки (б)

Профиль сверл, оснащенных пластинами из твердого сплава, на различных участках различен: в зоне режущей части он определяется формой пластины, за пределами режущей части обычно соответствует профилю стальных сверл, за исключением того, что иногда его выполняют без ленточки.

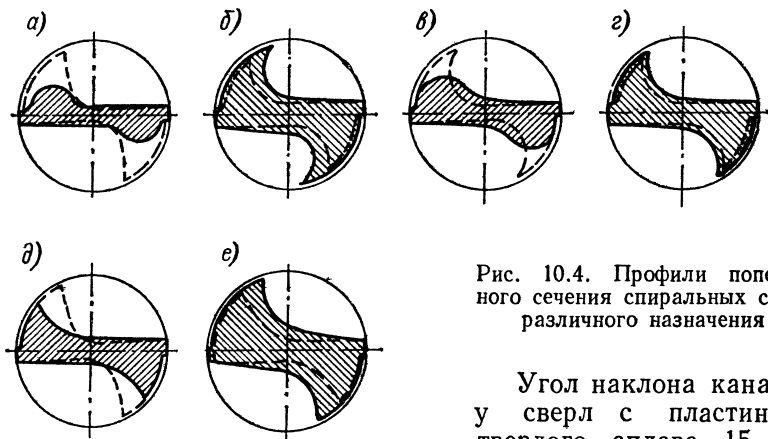


Рис. 10.4. Профили поперечного сечения спиральных сверл различного назначения

Угол наклона канавок у сверл с пластинами твердого сплава  $15-20^\circ$  (пластины стандартные) или  $20-25^\circ$  (пластины специальные). Профили поперечного сечения спиральных сверл различного назначения приведены на рис. 10.4, а—е:

на рис. 10.4, а — профиль сверла для обработки вязких и пластичных материалов прочностью до 500 МПа, дающего сливную стружку, с увеличенным объемом стружечных канавок (по сравнению со стандартным, указанным штриховой линией) и диаметром сердцевины и меньшей шириной ленточки;

на рис. 10.4, б — профиль сверла для пластичных материалов повышенной прочности (до 1000 МПа — хромоникелевые сплавы, жаропрочные стали) с увеличенной шириной пера и сердцевины;

на рис. 10.4, в — профиль сверла для обработки вязких материалов ( $\sigma_{\text{в}} = 500 \div 1000$  МПа — инструментальные, легированные и улучшенные стали) с увеличенным объемом пространства под стружку;

на рис. 10.4, г — профиль сверла для обработки материалов повышенной прочности ( $\sigma_{\text{в}} = 800 \div 1200$  МПа — легированные углеродистые стали, цементуемые и улучшенные стали, материалы с повышенными физико-механическими свойствами);

на рис. 10.4, д — профиль сверла для хрупких материалов низкой прочности (латунь и ее сплавы) с увеличенным объемом стружечных канавок при минимальной толщине пера и сердцевины;

на рис. 10.4, е — профиль сверла для высокопрочных материалов ( $\sigma_{\text{в}} \geq 1000$  МПа) с увеличенным диаметром сердцевины и увеличенной шириной пера.

Материал рабочей части стальных сверл — сталь 9ХС или быстрорежущая сталь. Рабочая часть быстрорежущих сверл с  $d > 8$  мм (сверла с цилиндрическим хвостовиком) и  $d \geq 6$  мм (сверла с коническим хвостовиком) должна быть приварена к хвостовику из сталей 45, 40Х. Сверла меньших размеров выполняют цельными.

Твердость рабочей части сверл из быстрорежущих сталей 59—62 HRC<sub>с</sub> (для  $d \leq 0,7$  мм), 60—63 HRC<sub>с</sub> (для  $d = 0,7 \div 1$  мм), 62—64 HRC<sub>с</sub> (для  $d = 1 \div 5$  мм) и 62—65 HRC<sub>с</sub> (для  $d \geq 5$  мм).

При изготовлении сверл из кобальтовых (кобальта  $> 5\%$ ) и ванадиевых (ванадия  $\geq 3\%$ ) быстрорежущих сталей твердость должна быть на 1—2 единицы HRC<sub>с</sub> выше, а твердость рабочей части сверл из стали 9ХС на 1—2 единицы HRC<sub>с</sub> ниже твердости сверл из быстрорежущей стали.

Твердость измеряется на длине, равной длине винтовой канавки, уменьшенной на  $1,5d$  (у цельных сверл) или на длине, равной  $2/3$  длины винтовой канавки (у сварных сверл).

Рабочая часть быстрорежущих сверл на длине стружечных канавок может быть цианирована, обработана в среде перегретого водяного пара или покрыта слоем нитрида титана (сверла по ТУ 2-035-813—31).

Материал режущей части твердосплавных сверл — твердые сплавы группы ВК (у сверл цельных и сверл с цельнотвердосплавной рабочей частью) или пластины твердого сплава группы ВК (у сверл, оснащаемых пластинами). Материал корпуса сверл с монолитной рабочей частью и сверл с пластинами — стали марок Р6М5, Р9, 9ХС, 40Х или 45Х. Корпуса сверл из быстрорежущей стали должны быть сварными (диаметры сварных сверл те же, что и быстрорежущих), хвостовик — из стали 45 или 40Х. Твердость корпуса из сталей 40Х и 45Х — 40—50 HRC<sub>с</sub>, из стали 9ХС

### 10.3. Допуск симметричности сердцевины для сверл точного исполнения

Вид сверла	Диаметр сверла, мм	Допуск, мм	Вид сверла	Диаметр сверла, мм	Допуск, мм
Быстрорежущие	До 1	0,03	Оснащенные пластинами из твердого сплава	До 18	0,1
	1—2	0,04		18—30	0,25
	2—3	0,05	Цельные твердосплавные общего назначения	1—2	0,06
	3—18	0,1		2—3	0,08
	18—30	0,15		3—6	0,1
	30—50	0,20		6—12	0,15

### 10.4. Допуск радиального биения быстрорежущих сверл, мм

Диаметр сверла, мм	Для сверл с цилиндрическим хвостовиком				Для сверл с коническим хвостовиком	
	короткой серии		средней и длинной серий		точного исполнения	общего назначения
	точного исполнения	общего назначения	точного исполнения	общего назначения		
3—10	0,04	0,06	0,06	0,08	0,08	0,12
Св. 10	0,06	0,08	0,08	0,12	0,12	0,16

и Р9 — 56—62 HRC<sub>с</sub>. Твердость корпусов (на участке, равном длине пластины) за пластиной может быть на 10 единиц HRC<sub>с</sub> меньше.

Соединение корпуса с пластиной или монолитной рабочей частью осуществляется пайкой (припой Л68) или другими методами, обеспечивающими прочность соединения.

Точность изготовления быстрорежущих стандартных сверл определяется ГОСТ 2034—80\*Е. Диаметр рабочей части выполняется с точностью h8 или h9 (сверла быстрорежущие классов А и А1 или В и В1 соответственно); цилиндрический хвостовик — с точностью h9. Допуск конусов Морзе по ГОСТ 2848—75 — АТ7 (для

### 10.5. Допуск осевого биения режущих кромок сверл

Вид сверла	Диаметр сверла, мм	Допуск, мм
Быстрорежущие	До 6	0,05/0,12
	6—10	0,10/0,18
	Св. 10	0,20/0,30
Оснащенные пластинами из твердого сплава	5—10	0,06/0,12
	Св. 10	0,08/0,15
Цельные твердосплавные	1—3	0,02/0,04
	3—12	0,04/0,06

Примечание. В числителе дан допуск осевого биения для сверл точного исполнения, в знаменателе — для сверл общего назначения.

классов точности сверл А и А1) и АТ8 (для классов В1 и В). Допуски симметричности сердцевины, радиального и осевого биений сверл из быстрорежущей стали приведены в табл. 10.3—10.5.

У сверл с  $d < 3$  мм короткой и средней серий и  $d < 4$  мм длинной серии вместо допуска радиального биения проверяется допуск прямолинейности, равный соответственно: 0,03; 0,04 и 0,06 мм.

Допуск симметричности поперечной режущей кромки сверл диаметром до 6 мм не более 0,04 мм — для класса точности А1; 0,05 мм — для класса точности А и 0,10 мм — для класса В1.

Данные, характеризующие точность исполнения сверл твердосплавных, приведены в табл. 10.6, 10.7.

**Основные типы и размеры стандартных спиральных сверл.** Основные типы и размеры выпускаемых промышленностью спиральных сверл приведены в табл. 10.8, а основные размеры сверл с цилиндрическим хвостовиком — в табл. 10.9 (1-й ряд — ГОСТ 4010—77\*, 2-й ряд — ГОСТ 10902—77\* и 3-й ряд — ГОСТ 886—77\*) и с нормальным и усиленным коническим хвостовиком (ГОСТ 10903—77) — в табл. 10.10.

Габаритные размеры сверл удлиненных по ГОСТ 2092—77\* отличаются большей в 1,3—1,6 раза общей длиной и большей в 1,6—2,5 раза длиной рабочей части по сравнению со сверлами по ГОСТ 10903—77, а также отсутствием сверл с усиленным хвостовиком и  $d = 6,0 \div 30,0$  мм,  $L = 225 \div 395$  мм;  $l = 145 \div 275$  мм.

Габаритные размеры сверл длинных даны в ГОСТ 12121—77\*. Общая длина в 1,1—1,2 раза больше длины сверл по ГОСТ 10903—77, длина рабочей части в 1,3—1,4 раза больше,  $d = 6 \div 30$  мм;  $L = 160 \div 350$  мм;  $l = 80 \div 230$  мм.

Длинные сверла применяются, как правило, для работы с использованием кондукторов, сверла средней серии — для работы на станках общего назначения, сверла короткой серии — для сверления отверстий на автоматах, станках с ЧПУ, автоматических линиях без предварительной зацентровки отверстий.

Основные размеры сверл по ГОСТ 22735—77\* нормальной длины соответствуют размерам сверл, приведенным в табл. 10.9 (2-й ряд), у сверл укороченных рабочая часть (и соответственно общая длина) в 1,5 раза короче.

Основные размеры сверл по ГОСТ 22736—77\* нормальной длины соответствуют размерам сверл, приведенным в табл. 10.10, с нормальным хвостовиком, а там, где это оговорено — с усиленным хвостовиком; у сверл укороченных рабочая часть (и соответственно общая длина) короче.

**Сверла спиральные быстрорежущие для обработки труднообрабатываемых материалов и легких сплавов.** В эту группу входят сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком для труднообрабатываемых материалов (ГОСТ 20695—75\*) с размерами:  $d = 3,0 \div 10,0$  мм;  $L = 60 \div 135$  мм;  $l = 32 \div 90$  мм.

**10.6. Точность исполнения сверл по ГОСТ 17273—71\*, ГОСТ 17274—71\*,  
ГОСТ 17275—71\* (технические требования по ГОСТ 17277—71)**

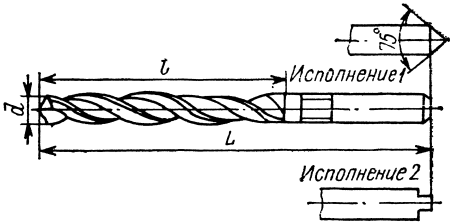
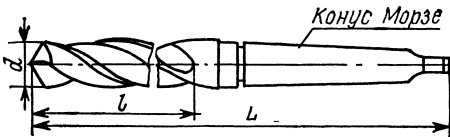
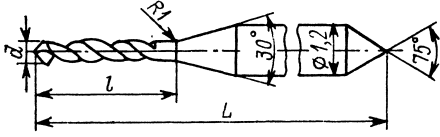
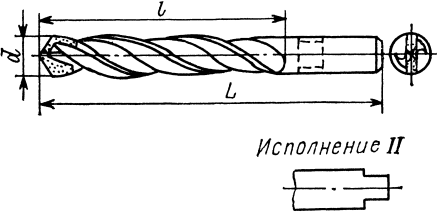
Диаметр, мм	Класс точности	Допуск осевого биения, мм	Допуск радиального биения, мм	Допуск симметричности сердцевины, мм
От 1 до 2	А (повышенный)	0,02	0,02	0,02
Св. 2 до 3				0,03
3—4		0,03	0,03	0,03
6—12				0,05
От 1 до 2	В1 (нормальный)	0,04	0,04	0,06
Св. 2 до 3				0,08
3—6		0,06	0,06	0,10
6—12				0,15

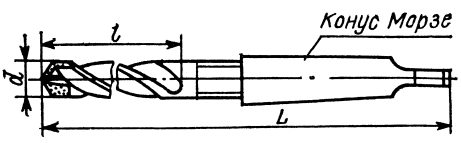
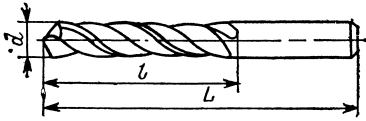
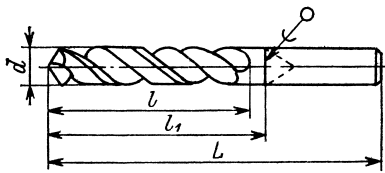
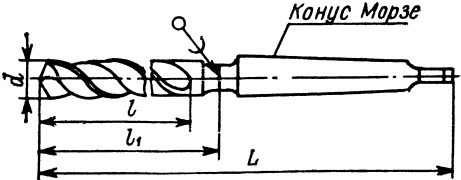
**10.7. Точность исполнения сверл по ГОСТ 22735—77\*, ГОСТ 22736—77\*  
и ТУ 2-035-636—78**

Диаметр, мм	Класс точности	Допуск осевого биения, мм	Допуск радиального биения, мм
До 10 Св. 10	А (повышенный)	0,06 0,08	0,06/0,1 0,08/0,12
До 10 Св. 10	В1 (нормальный)	0,10 0,12	0,07 0,10
До 10 Св. 10	В (нормальный)	0,12 0,16	0,08/0,12 0,12/0,16

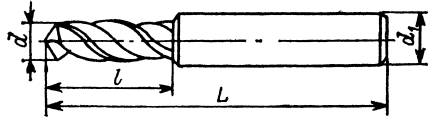
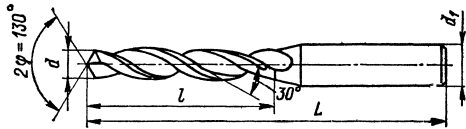
Примечание. В знаменателе указаны допуски радиального биения сверл с коническими хвостовиками, если они отличаются от допусков на биение сверл с цилиндрическими хвостовиками

## 10.8. Основные типы и размеры спиральных сверл, мм

Наименование, тип и основные размеры	Эскиз
<p>Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком</p> <p>Короткая серия (ГОСТ 4010—77*) — <math>d = 1,0 \div 20</math>; <math>L = 32 \div 130</math>; <math>l = 6 \div 65</math>; средняя серия (ГОСТ 10902—77*) — <math>d = 0,25 \div 2,0</math>; <math>L = 20 \div 205</math>; <math>l = 3 \div 140</math>; длинная серия (ГОСТ 886—77*) — <math>d = 1,95 \div 20</math>; <math>L = 85 \div 255</math>; <math>l = 55 \div 165</math>; сверла спиральные с коротким цилиндрическим хвостовиком, длинная серия (ГОСТ 12122—77*) — <math>d = 1,0 \div 9,5</math>; <math>L = 48 \div 155</math>; <math>l = 25 \div 110</math></p>	
<p>Сверла спиральные с коническим хвостовиком (ГОСТ 10903—77*)</p> <p><math>d = 6 \div 80</math>; <math>L = 140 \div 515</math>; <math>l = 60 \div 260</math>; конус Морзе № 1—6; сверла удлиненные (ГОСТ 2092—77*) — <math>d = 6 \div 30</math>; <math>L = 225 \div 395</math>; <math>l = 145 \div 275</math>, конус Морзе № 1—3; сверла длинные (ГОСТ 12121—77*) — <math>d = 6 \div 30</math>; <math>L = 160 \div 350</math>; <math>l = 80 \div 230</math></p>	
<p>Сверла спиральные малогабаритные с утолщенным цилиндрическим хвостовиком (ГОСТ 8034—76*)</p> <p>Короткие — <math>d = 0,1 \div 1,0</math>; <math>L = 14 \div 25</math>; <math>l = 0,6 \div 6</math>; длинные — <math>d = 0,1 \div 1,0</math>; <math>L = 14 \div 32</math>; <math>l = 1,2 \div 12</math></p>	
<p>Сверла спиральные, оснащенные пластинками из твердого сплава, для сверления чугуна</p> <p>С цилиндрическим хвостовиком (ГОСТ 22735—77*) — <math>d = 5,0 \div 12,0</math>; <math>L = 70 \div 120</math>; <math>l = 36 \div 70</math></p>	

Наименование, тип и основные размеры	Эскиз
<p>С коническим хвостовиком (ГОСТ 22736—77* и ТУ 2-035-636—78) — <math>d = 10 \div 30</math>; <math>L_{\text{уор}} = 140 \div 275</math>; <math>l_{\text{уор}} = 60 \div 125</math>; <math>L_{\text{норм}} = 170 \div 235</math>; <math>l_{\text{норм}} = 90 \div 175</math>, конус Морзе № 1—4</p>	
<p>Сверла спиральные цельные твердосплавные с цилиндрическим хвостовиком для обработки труднообрабатываемых материалов Короткая серия, цельнотвердосплавные (ГОСТ 17274—71*) — <math>d = 1,0 \div 12,0</math>; <math>L = 32 \div 100</math>; <math>l = 6 \div 50</math></p>	
<p>Средняя серия с напайкой цельнотвердосплавной рабочей частью (ГОСТ 17275—71*) — <math>d = 3,0 \div 12,0</math>; <math>L = 75 \div 120</math>; <math>l = 24 \div 70</math>; <math>l_1 = 55 \div 75</math> (исполнение 1) или <math>l_1 = 48 \div 65</math> (исполнение 2)</p>	<p style="text-align: center;">Исполнение 1</p>  <p style="text-align: center;">Исполнение 2</p>
<p>Сверла спиральные цельные твердосплавные с коническим хвостовиком для обработки труднообрабатываемых материалов (ГОСТ 17276—71*) <math>d = 6,0 \div 12,0</math>; <math>L = 120 \div 170</math>; <math>l = 40 \div 70</math>; <math>l_1 = 42 \div 75</math> (исполнение 1) или <math>l_1 = 36 \div 65</math> (исполнение 2)</p>	<p style="text-align: center;">Исполнение 1</p> 



Наименование, тип и основные размеры	Эскиз
<p>Сверла спиральные цельные твердосплавные укороченные для обработки труднообрабатываемых материалов (ГОСТ 17273—71*)</p> <p><math>d = 1,5 \div 6,5</math>; <math>L = 35 \div 65</math>;  <math>l = 5 \div 25</math>; <math>d_1 = 4,0 \div 10,0</math></p>	
<p>Сверла спиральные цельные твердосплавные для обработки плат печатного монтажа (ТУ 2-035-853—81)</p> <p>Исполнения I и II — диаметр державки <math>d_1 = 2,0</math>; короткая серия <math>d = 0,4 \div 2</math>; <math>L = 30</math>; <math>l = 3 \div 10</math>; длинная серия <math>d = 0,4 \div 2</math>; <math>L = 38</math>; <math>l = 8 \div 15</math>; исполнение III — диаметр державки <math>d_1 = 3,0</math>; <math>d = 0,4 \div 2</math>; <math>L = 30</math>; <math>l = 5 \div 12</math></p>	

10.9. Основные размеры сверл спиральных общего назначения с цилиндрическим хвостовиком, мм

d	L для ряда			l для ряда		
	1	2	3	1	2	3
0,3	—	—	—	—	3	—
0,32—0,38	—	19	—	—	4	—
0,4—0,48	—	20	—	—	5	—
0,5—0,52	30	22	—	3	6	—
0,55—0,6	—	24	—	—	7	—
0,62—0,65	—	26	—	—	8	—
0,68—0,75	23	28	—	4,5	9	—
0,8—0,85	24	30	—	5,0	10	—
0,9—0,95	25	32	—	5,5	11	—
0,98—1,05	26	34	56	6,0	12	33
1,1—1,15	28	36	60	7,0	14	37
1,2—1,3	30	36	65	8,0	16	41
1,35—1,5	32	40	70	9,0	18	45
1,55—1,7	34	43	76	10,0	20	50
1,75—1,4	36	46	80	11	22	53
1,95—2,1	38	49	85	12	24	56
2,15—2,35	40	53	90	13	27	59
2,4—2,65	43	57	95	14	30	62
2,7—3,0	46	61	100	16	33	66

<i>d</i>	<i>L</i> для ряда			<i>l</i> для ряда		
	1	2	3	1	2	3
3,1—3,35	49	65	106	18	36	69
3,4—3,7	52	70	112	20	39	73
3,8—4,25	55	75	119	22	43	78
4,3—4,7	58	80	126	24	47	82
4,8—5,3	62	86	132	26	52	87
5,4—6,0	66	93	139	28	57	91
6,1—6,7	70	101	148	31	63	97
6,8—7,5	74	109	156	34	69	102
7,6—8,5	79	117	165	37	75	109
8,6—9,5	84	125	175	40	81	115
9,6—10,6	89	133	184	43	87	121
11,8—11,9	95	142	195	47	94	128
13,2	102	151	205	51	101	134
13,3—14,0	107	160	214	54	108	140
14,25—15,0	111	169	220	56	114	144
15,25—16,0	115	178	227	58	120	149
16,25—17,0	119	185	235	60	125	154
17,25—18,0	123	195	241	62	130	158
18,25—19,0	127	200	247	64	135	162
19,25—20,0	131	205	254	66	140	166

## 10.10. Основные размеры сверл спиральных с коническим хвостовиком, мм

<i>d</i>	<i>l</i>	Хвостовик нормальный		Хвостовик усиленный	
		<i>L</i>	Конус Морзе	<i>L</i>	Конус Морзе
5,0—5,2	52	153	1	—	—
5,5—6,0	57	138			
6,2—6,6	63	144			
6,8—7,5	69	150			
7,6—8,5	75	156			
8,8—9,5	81	162			
9,8—10,5	87	168			
10,8—11,8	94	175			
12,0—13,2	101	182		199/182 *	2
13,5—14,0	108	189			
14,25—15,0	120	212	2	—	—
15,25—16,0	120	218			
16,25—17,0	125	223			
17,25—18,0	130	228			

d	l	Хвостовик нормальный		Хвостовик усиленный	
		L	Конус Морзе	L	Конус Морзе
18,25—19,0 19,25—20,0 20,25—21,0 21,25—22,25 22,25—23,0	135 140 145 150 155	233 238 243 248 253	2	256/233 * 261/238 * 266/243 * 271/248 * 276/253 *	3
23,25—23,5 23,75—25,0 25,25—26,5	155 160 165	276 281 286		3	
26,75—28,0 28,25—30,0 30,25—31,5 31,75	170 175 180 185	291 296 301 306	319/319 * 324/324 * 329/— 334/—		4
32—33,5	185	334	—		
34—35,5	190	339	4	—	—
35,75—37,5 38,0—40,0	195 200	344 349		—	—
40,5—42,5 43,0—45,0 45,25—47,5 48,0—50 50,5	205 210 215 220 225	354 359 364 369 374		392 397 402 407 412	5
51,0—53 54,0—56,0 57,0—59,0 60,0—63,0	225 230 235 240	412 417 422 427		—	
64,0—67,0 68,0—71,0 72,0—75,0 76,0	245 250 255 260	432 437 442 447	5	499 504 509 514	6
77,0—80,0	260	514		6	

\* В числителе дана длина сверл быстрорежущих с усиленным хвостовиком, в знаменателе — с твердосплавными пластинами.

Сверла спиральные с коническим хвостовиком для труднообрабатываемых материалов короткой серии (ГОСТ 20696—75\*) имеют размеры:  $d = 6 \div 20$  мм;  $L = 105 \div 180$  мм;  $l = 30 \div 80$  мм; средней серии (ГОСТ 20697—75\*):  $d = 6 \div 20$  мм;  $L = 140 \div 240$  мм;  $l = 60 \div 140$  мм.

Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком для труднообрабатываемых материалов короткой серии (ГОСТ 20694—75\*) имеют размеры:  $d = 3 \div 10$  мм; значения  $L$  и  $l$  см. в табл. 10.9 (1-й ряд). Эта группа сверл выпускается двух типов: 1-й — с двумя, 2-й — с четырьмя ленточками для обработки отверстий (кавалитет точности IT4) и в двух исполнениях — точном и общем. Отличительной особенностью является также форма заточки вершины сверла (рис. 10.5, а).

Технические требования — по ГОСТ 20698—75\*.

Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком для обработки отверстий глубиной до  $12d$  в труднообрабатываемых сталях (ТУ 2-035-731—80) отличаются формой заточки вершины сверла (рис. 10.5, б) и подточкой ленточки, имеют размеры:  $d = 4,5 \div 10$  мм;  $L = 139 \div 205$  мм;  $l = 87 \div 140$  мм.

Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком для обработки труднообрабатываемых материалов; диаметр сверл  $2 \div 20$  мм (ТУ 2-035-1003—85). Сверла отличаются вышлифованным точным профилем канавок и спинок, поперечные сечения которого для различных материалов аналогичны профилям, приведенным на рис. 10.4. Выпускаются трех типов: тип I — для сверления сталей с  $\sigma_b \leq 900$  МПа, чугунов твердостью до 200 НВ, цветных металлов и сплавов на глубину до  $5d$  без промежуточных выводов; тип II — для сверления труднообрабатываемых сталей с  $\sigma_b \leq 1000$  МПа, чугуна, цветных металлов и сплавов на глубину до  $(8 \div 10)d$ ; тип III — для сверления труднообрабатываемых сталей с  $\sigma_b \leq 1300$  МПа, чугунов твердостью до 240 НВ, цветных металлов и сплавов на глубину до  $15d$  (максимальная глубина сверления до  $20d$ ). Длина сверл короткой серии 49—205, средней 85—254, длинной (диаметр 3—10 мм) 150—265 мм. Угол в плане  $2\varphi = 118^\circ$  (тип I) и  $2\varphi = 130^\circ$  (типы II и III), диаметр сердцевины  $k = (0,16 \div 0,28)d$  (тип I);  $k = (0,23 \div 0,345)d$  (тип II);  $k = (0,26 \div 0,4)d$  (тип III);  $\omega = 30^\circ$  (тип I);  $\omega = 40^\circ$  (типы II и III).

Сверла спиральные для обработки легких сплавов. Сверла с цилиндрическим хвостовиком средней серии (ГОСТ 19543—74\*) —  $d = 1 \div 12$  мм;  $L = 34 \div 150$  мм;  $l = 12 \div 100$  мм; длинной серии (ГОСТ 19544—74\*) —  $d = 1,95 \div 12$  мм;  $L = 85 \div 205$  мм;  $l = 55 \div 140$  мм; левые (ГОСТ 19545—74\*) —  $d = 1 \div 12,0$  мм;  $L = 34 \div 205$  мм;  $l = 12 \div 145$  мм.

Сверла с коническим хвостовиком (ГОСТ 19546—74\*) —  $d = 6 \div 30$  мм;  $L = 140 \div 325$  мм;  $l = 60 \div 175$  мм.

Сверла удлиненные с коническим хвостовиком (ГОСТ 19547—74\*) —  $d = 6 \div 30$  мм;  $L = 225 \div 420$  мм;  $l = 145 \div 275$  мм.

Сверла спиральные из быстрорежущей стали для обработки глубоких отверстий. Сверла спиральные быстрорежущие с цилиндрическим хвостовиком сверхдлинной серии (ТУ 2-035-600—77) имеют общую длину в 2—3 раза большую, чем у сверл стандарт-

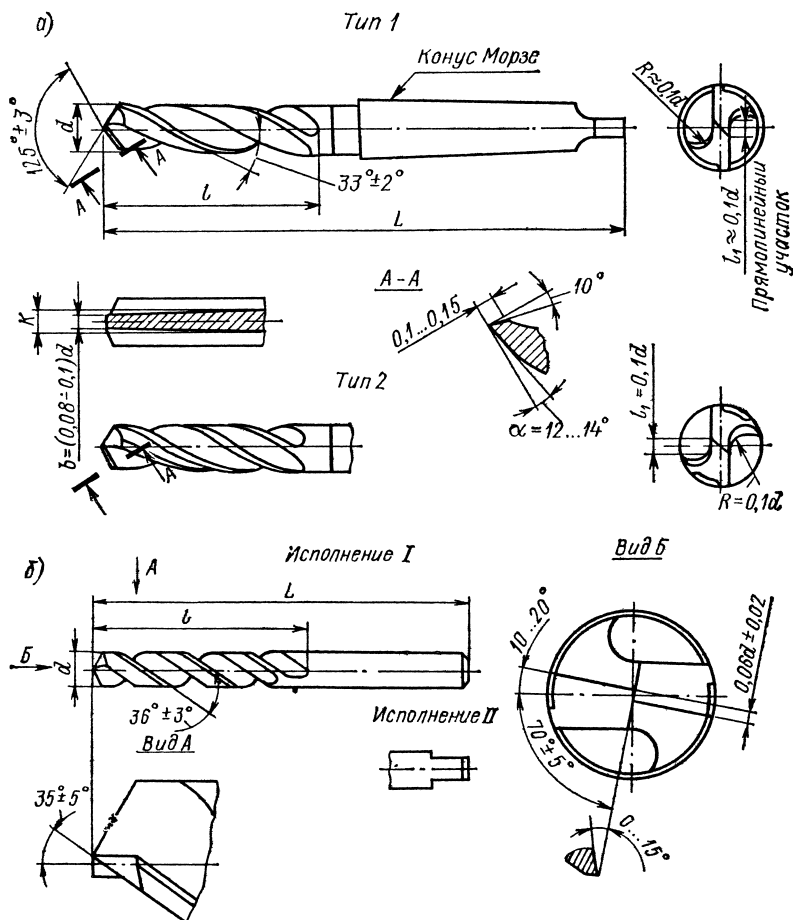


Рис. 10.5. Сверла для обработки труднообрабатываемых материалов

ных по ГОСТ 886—77 (наиболее длинные сверла), длину рабочей части в 1,5—3,4 раза выше;  $d = 6,1 \div 10,0$  мм;  $L = 290 \div 500$  мм;  $l = 100 \div 350$  мм.

Сверла спиральные специальные с цилиндрическим хвостовиком (ТУ 2-035-402—75) имеют общую длину в 1,4—2,8 раза большую, длина рабочей части близка к стандартным сверлам. Размеры сверл:  $d = 2,0 \div 9$  мм;  $L = 120 \div 300$  мм;  $l = 50 \div 120$  мм.

Технические требования на оба типа сверл приведены в ГОСТ 2034—80\*Е.

Сверла спиральные с коническим хвостовиком и удлиненной рабочей частью (ТУ 2-035-721—80). Тип 1 — без отверстий; размеры:  $d = 10 \div 55$  мм;  $L = 210 \div 600$  мм;  $l = 130 \div 415$  мм. Тип 2 — с внутренними отверстиями для подвода СОЖ в зону резания; размеры:  $d = 32 \div 50$  мм;  $L = 400 \div 450$  мм;  $l = 245 \div 290$  мм.

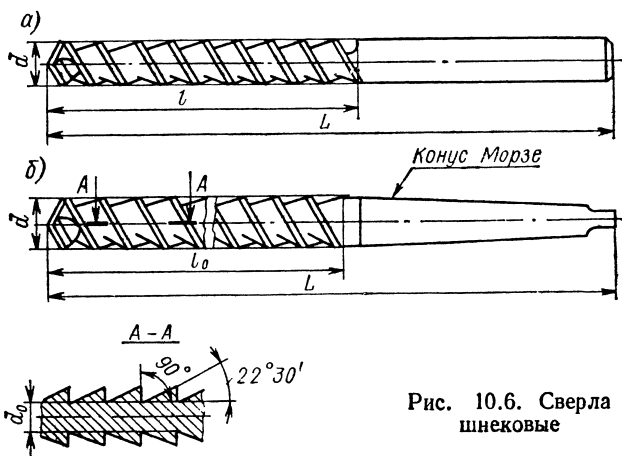


Рис. 10.6. Сверла шнековые

Сверла шнековые с цилиндрическим хвостовиком (ТУ 2-035-948—84 и ТУ 2-035-425—75), представленные на рис. 10.6, а, и сверла шнековые с коническим хвостовиком (ТУ 2-035-426—75) — на рис. 10.6, б, предназначены для сверления глубоких отверстий в чугунах. Размеры сверл с цилиндри-



Рис. 10.7. Сверла спиральные конические конусностью 1 : 50

ческим хвостовиком:  $d = 5,0 \div 10,0$  мм;  $L = 130 \div 185$  мм;  $l = 85 \div 120$  мм (размеры близки к размерам сверл из табл. 10.9, 3-й ряд). Размеры сверл с коническим хвостовиком:  $d = 10,0 - 14,0$  мм;  $L = 250 - 265$  мм;  $l = 170 \div 185$  мм.

Сверла спиральные конические конусностью 1 : 50, с цилиндрическим (ГОСТ 18201—72) или коническим (ГОСТ 18202—72) хвостовиками (рис. 10.7) предназначены для сверления отверстий

под конические штифты, имеют на конусе стружкоразделительные канавки. Размеры сверл с цилиндрическим хвостовиком:  $d = 3 \div 10$  мм;  $d_1 = 3,7 \div 14$  мм;  $d_2 = 3,8 \div 14,2$  мм;  $L = 80 \div 300$  мм;  $l = 50 \div 230$  мм;  $l_1 = 35 \div 200$  мм;  $l_0 = 3 \div 10$  мм. Размеры сверл с коническим хвостовиком:  $d = 12 \div 32$  мм;  $d_1 = 15,1 \div 38,5$  мм;  $d = 14,6 \div 30,6$  мм;  $L = 290 \div 545$  мм;  $l = 190 \div 395$  мм;  $l_1 = 155 \div 325$  мм;  $l_0 = 12 \div 30$  мм.

Технические требования — по ГОСТ 18203—72.

## 10.2. Сверла твердосплавные для обработки глубоких отверстий

Сверла одностороннего резания с внутренним подводом СОЖ с цельнотвердосплавной рабочей частью (ТУ 2-035-655—79) или оснащенные твердосплавными пластинами (ТУ 2-035-722—80) предназначены для обработки отверстий с качеством точности Н7—Н14 глубиной до 50 диаметров за один проход. Рабочая часть сверл выполняется из твердого сплава группы ВК, корпус — из сталей 20Х, 40Х, 9ХС, 35ХГСА.

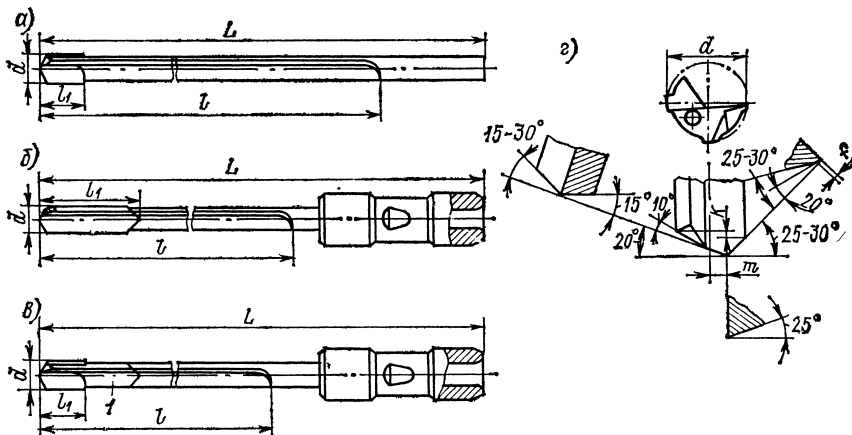


Рис. 10.8. Сверла одностороннего резания: а — трубчатые с пластинкой твердого сплава; б — то же, но с цельной твердосплавной рабочей частью; в — то же, но с креплением пластинки к промежуточной головке  $l$ ; г — форма заточки вершины

Основные размеры сверл (рис. 10.8): с цельнотвердосплавной рабочей частью —  $d = 4,0 \div 20,3$  мм;  $L = 250 \div 1000$  мм;  $d_1 = 10 \div 25$  мм;  $l = 40 \div 70$  мм; с пластинами твердого сплава —  $d = 7,5 \div 30$  мм;  $L = 140 \div 1000$  мм.

Условия эксплуатации сверл должны соответствовать рекомендациям [213].

Сверла одностороннего резания с эжекторным отводом стружки (ТУ 2-035-857—81) состоят из головки 1, наружной 2 и внутренней 3 труб (рис. 10.9) и предназначены для обработки глубоких

отверстий с качеством точности Н10—Н12 на специальных станках или модернизированном универсальном оборудовании.

Размеры сверл:  $d = 20 \div 60$  мм;  $L = 323 \div 1136$  мм;  $l = 270 \div 1070$  мм;  $d_1 = d - 0,5$  мм. Размеры головок:  $d = 20 \div 60$  мм;  $l_r = 53 \div 80$  мм; резьба четырехзаходная  $d_1 = 17,4 \div 50,3$  мм; ход — 12—24 мм.

Головка имеет режущие и направляющие твердосплавные пластины, припаяваемые к корпусу. Внутренняя труба 3 имеет наклонные прорези 4 шириной 0,3—1 мм, с помощью которых достигается эффект эжекции. Наружная труба 2 навинчивается на корпус головки 1. СОЖ подается через зазор между внутрен-

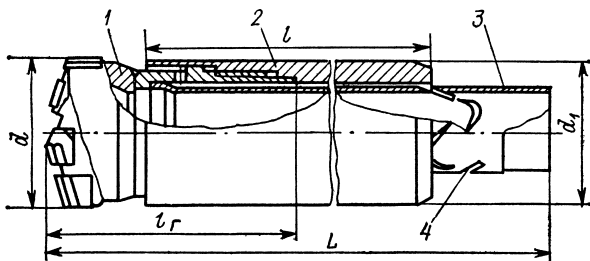


Рис. 10.9. Сверла с эжекторным отводом стружки

ней и наружной трубами и радиальными отверстиями головки. Отвод СОЖ и стружки осуществляется через отверстие во внутренней трубе.

При обработке материалов, образующих сливную и суставчатую стружку, режущие пластины должны иметь стружколомающие элементы, размеры которых зависят от обрабатываемого материала. Условия эксплуатации должны соответствовать рекомендациям [213].

Сверла одностороннего резания с внутренним отводом стружки по методу БТА (ТУ 2-035-859—81) по конструкции и назначению подобны сверлам с эжекторным отводом стружки, но имеют только одну наружную трубу. СОЖ подается в зазор между трубами и обработанным отверстием с помощью специального патрона. Схема обработки приведена в гл. 5. Отвод стружки осуществляется по внутреннему каналу сверла и трубы. В связи с тем, что при этом методе не используется эффект эжекции, расход и давление СОЖ должны быть в 1,6—1,8 раза выше, чем при эжекторном сверлении. Диаметр головок 20÷60 мм.

### 10.3. Сверла с механическим креплением режущих элементов

Сверла перовые сборные с цилиндрическим регулируемым хвостовиком предназначены для обработки отверстий в заготовках из чугуна или конструкционных сталей. Выпускаются повы-



шенной (А) и нормальной (В) точности. Состоят (рис. 10.10) из режущей пластины (ГОСТ 25526—82), державки (ГОСТ 25525—82) и крепежных элементов.

Основные размеры сверл, выпускаемых по ГОСТ 25524—82:  $D = 25 \div 80$  мм;  $L = 217 \div 390$  мм; резьбовой хвостовик с трапе-

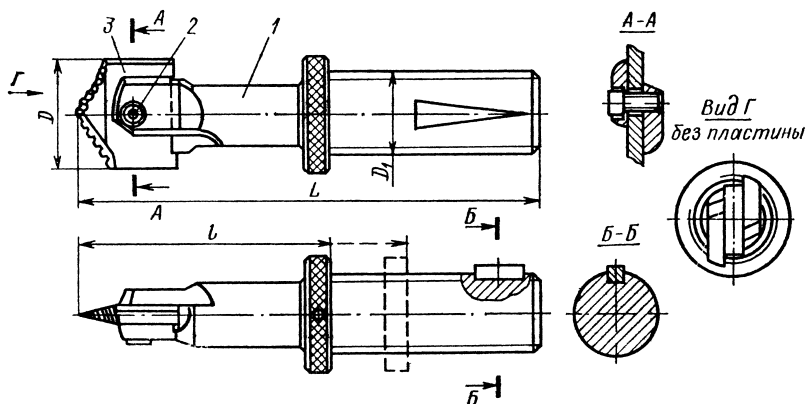


Рис. 10.10. Сверла перовые:

1 — державка; 2 — фиксирующий винт; 3 — пластина

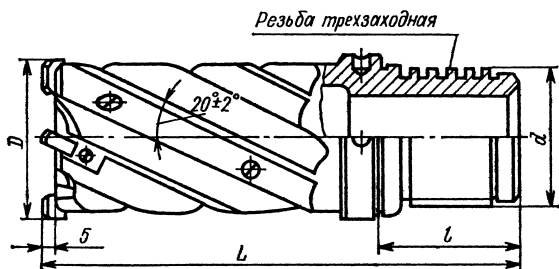


Рис. 10.11. Сверла кольцевые

пециальной однозаходной резьбой  $D_1 = \text{Tг}36 \times 3 - \text{Tг}48 \times 3$ . Выпускаются средней и короткой серий.

Основные размеры сверл, выпускаемых по ТУ 2-035-741—81 —  $d = 25 \div 130$  мм;  $L = 190 \div 400$  мм; хвостовик — конус Морзе № 3—6.

Основные размеры пластинки:  $d = 25 \div 130$  мм;  $L = 35 \div \pm 99$  мм;  $B = 6 \div 18$  мм;  $2\varphi = 118 \pm 3^\circ$ ;  $132 \pm 3^\circ$ ;  $90 \pm 3^\circ$ ;  $180 \pm 3^\circ$ .

Технические требования на сверла — по ГОСТ 25527—82 и ТУ 2-035-741—81.

Сверла кольцевые (ТУ 2-035-524—76) предназначены для высверливания в сплошном металле сквозных отверстий глубиной до 500 мм на универсальном оборудовании с обычной системой подвода СОЖ. Состоят из корпуса (рис. 10.11), резцов из быстрорежущей стали и крепежных элементов для крепления резцов. Материал корпуса — сталь 12ХНЗА.

Основные размеры сверл:  $d = 70 \div 200$  мм;  $L = 255 \div 625$  мм;  $l = 80 \div 85$  мм;  $d_1 \times p = 75 \times 12 \div 105 \times 12$  мм.

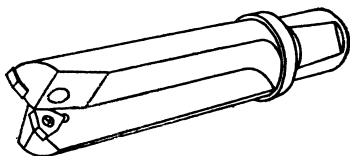


Рис. 10.12. Сверла с механическим креплением твердосплавных пластин

Сверла с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин (ОСТ 2И20-9—84) предназначены для сверления отверстий глубиной до  $2d$  в конструкционных и легированных сталях, чугуне на универсальных станках, станках с ЧПУ, автоматах, обладающих достаточной мощностью и жесткостью.

Состоят из корпуса (рис. 10.12), пластинки неправильной трехгранной формы, крепежных винтов для закрепления пластин. В корпусе выполнены отверстия для подвода СОЖ в зону резания.

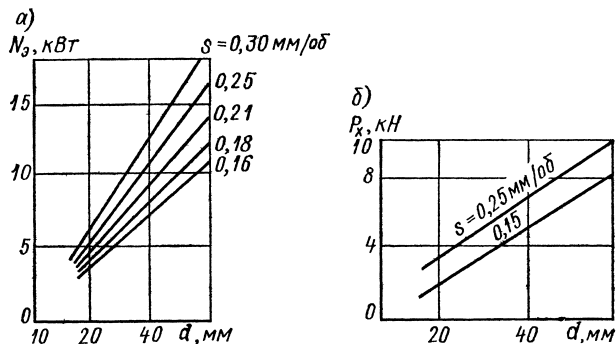


Рис. 10.13. Графики зависимости  $N_e$  от  $d$  и  $s$  (а);  $P_x$  от  $d$  и  $s$  (б)

Основные размеры сверл, мм, приведены ниже:

$d$ . . . . .	25	30	30	38	40	42	45	50	55	60
$L$ . . . . .	140	160	200	200	200	200	200	210	210	220

Сверла с механическим креплением позволяют работать с высокими скоростями резания, что вызывает необходимость применения станков с более мощным приводом главного движения. На рис. 10.13, а приведены графики зависимости эффективной мощности  $N_e$  от диаметра сверла и подачи  $s$  при обработке конструкционных сталей со скоростью резания 100 м/мм, а на

рис. 10.13, б — зависимость осевой силы  $P_x$  от диаметра сверла и подачи  $s$  [74].

Мощность привода главного движения, кВт, может быть рассчитана по формуле, предложенной фирмой «Сумитомо» (Япония) [68]:

$$N_э = \frac{ds_0 K_s v}{244800},$$

где  $K_s = 2500 \div 3000$  МПа — для стали;  $K_s = 1500$  МПа — для чугуна.

Скорость резания  $v = 300$  м/мин (при обработке стали пластинами с покрытиями), подача  $s_0 = 0,1 \div 0,3$  мм/об, при обработке чугуна — до 0,5 мм/об.

Этими сверлами может осуществляться также растачивание, подрезка торцов, фрезерование.

Сверление отверстий глубиной свыше  $1,5d$  должно производиться с подводом СОЖ по каналам. Давление СОЖ — 0,15—0,2 МПа, объем СОЖ  $Q = d$ , л/мин.

Для гарантированного дробления стружки пластины должны иметь стружколомающие уступы. Размеры пластин:  $d_{\text{вн.о}} = 9,525$  или 12,7 мм;  $s = 4,76$  мм;  $\alpha = 11^\circ$ . Марка сплава зависит от обрабатываемого материала.

#### 10.4. Некоторые конструкции новых сверл зарубежных фирм

Сверла типа «Дельта» фирмы «Сандвик Кормант» (Швеция), оснащенные пластинами твердого сплава (рис. 10.14), отличаются формой заточки вершины, создающей вблизи оси две радиусные

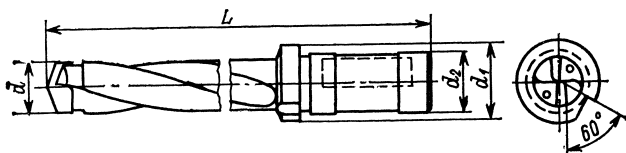


Рис. 10.14. Сверла типа «Дельта» фирмы «Сандвик Кормант» (Швеция)

режущие кромки (вместо поперечной кромки), разделенные канавкой, обниженным корпусом, без ленточки, наличие каналов для подвода СОЖ. Диаметр сверл  $d = 10—20$  мм. Высокая жесткость, сниженные осевые усилия позволяют работать с подачами, в 2,5 раза превышающими подачи при сверлении обычными твердосплавными сверлами. Сверла аналогичной конструкции выпускает фирма «Мицубиси» (Япония).

Сверла монолитные твердосплавные диаметром 6—20 мм фирмы «Кленк» (ФРГ) (рис. 10.15) оснащены пластинами сверхтвердого материала «боразон» фирмы «ХАМ» (ФРГ), комбинированный твердосплавный концевой инструмент фирмы «Гюринг» (ФРГ)

оснащен поликристаллами алмаза (РКД) или боразона (РКВ), обеспечивает возможность обработки высокопрочных сталей твердостью до 56 HRC<sub>a</sub>.

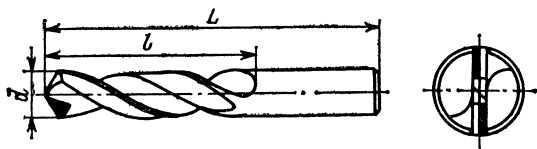


Рис. 10.15. Сверла фирмы «Кленк» (ФРГ)

## 10.5. Сверла для станков с ЧПУ

Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком диаметром 3—20 мм (ОСТ 2И 20-1—80) и сверла спиральные с коническим хвостовиком (ОСТ 2И 20-2—80) диаметром 6—30 мм имеют повышенную точность изготовления, соответствующую сверлам класса А1 по ГОСТ 2034—80, и укороченную длину.

На станках с ЧПУ возможно использование также и стандартных сверл класса А1 с повышенной гарантийной (установленной) стойкостью.

В связи с тем, что на станках с ЧПУ сверление производится без кондуктора, а иногда и без предварительной зацентровки отверстий, сверла должны иметь самоцентрирующуюся вершину, которая может быть получена заточкой по двум или трем плоскостям (поперечная кромка в виде треугольника с вершиной на оси сверла), сложновинтовой заточкой (поперечная кромка выпуклая).

## 10.6. Эксплуатация сверл

Для рациональной эксплуатации сверла должны быть заточены в соответствии с рекомендациями, содержащимися в табл. 10.11.

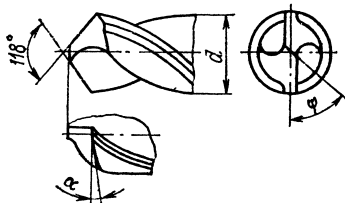
Стандартные сверла общего назначения выпускаются с углами  $\alpha = 11 \div 25^\circ$ ;  $\psi = 40 \div 60^\circ$ ;  $2\varphi = 118^\circ$ . Передний угол  $\gamma$  сверл в цилиндрическом сечении равен углу наклона винтовой канавки в рассматриваемой точке. Как задний, так и передний угол по длине режущей кромки переменны. Особенно существенно изменяется передний угол, значения которого у перемычки достигают  $-30^\circ$  (при значении переднего угла у ленточки до  $+20^\circ$ ).

Способами улучшения геометрических параметров сверл являются подточка перемычки у сверл диаметром более 8 мм с корректировкой передних углов; двойная заточка (периферийный участок вершины затачивается под углом  $2\varphi = 70 \div 90^\circ$ ) для сверл диаметром более 10 мм; подточка ленточки у сверл диаметром более 10 мм на длине 1,5—4 мм под углом  $\alpha = 6 \div 8^\circ$

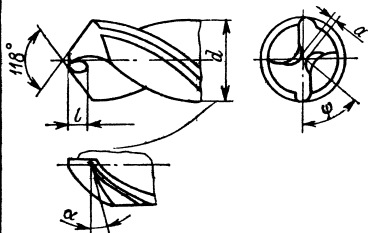
# 10.11. Формы и размеры заточки вершины сверл, мм

## Нормальная заточка

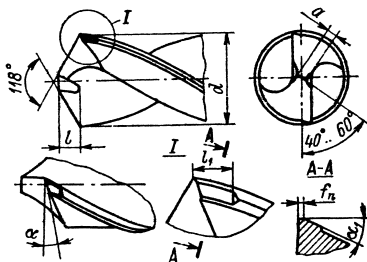
Без подточки (Н)



С подточкой поперечной кромки (НП)



С подточкой поперечной кромки и ленточки (НПЛ)

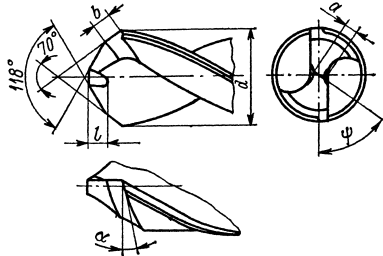


Диаметр сверла	Заточка		Подточка поперечной кромки		Подточка ленточки			
	При одноплоскостной заточке	Задний угол $\alpha$ , ° При двухплоскостной и винтовой заточке	Угол наклона поперечной кромки $\psi$ , °	Длина подточенной поперечной кромки $a$	Длина подточки $l$	Длина подточки $l_1$	Ширина фаски $f_{п}$	Угол подточки ленточки $\alpha$ , °
Св. 0,24 до 0,60	30	20	Угол не регламентируется	—	—	—	—	—
Св. 0,60 до 0,95								

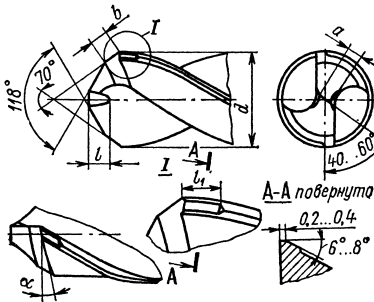
Диаметр сверла	Заточка			Подточка поперечной кромки		Подточка ленточки			
	Задний угол, $\alpha$		Угол наклона поперечной кромки $\phi$ , °	Длина подточенной поперечной кромки $a$	Длина подточки $l$	Длина подточки $l_1$	Ширина фаски $l_{\text{п}}$	Угол подточки ленточки $\alpha$ , °	
	При одноплоскостной заточке	При двухплоскостной и винтовой заточке							
Св. 0,95 до 1,70	30	18	Угол не регламентируется	—	—	—	—	—	
Св. 1,70 до 3,00									
Св. 3,00 до 7,50	—	16	40—60	1,0	2,0	—	—	—	
Св. 7,50 до 9,50									
Св. 9,50 до 11,80		12		1,2	2,5	—	—	—	
Св. 11,80 до 16,00									
Св. 16,00 до 20,00		—		—	1,5	2,5	—	—	
Св. 20,00 до 25,00									
Св. 25,00 до 31,50		—		—	2,0	3,5	—	—	
Св. 31,50 до 40,00									
Св. 40,00 до 50,00		11		—	2,5	4,5	2,0	—	—
Св. 50,00 до 63,00									
Св. 63,00 до 71,00		—		—	3,0	5,5	—	—	—
Св. 71,00 до 80,00									
Св. 71,00 до 80,00	—	—	3,5	6,0	3,0	0,2—0,4	6—8		
Св. 80,00 до 90,00									
Св. 90,00 до 100,00	—	—	5,0	8,0	4,0	—	—		
Св. 100,00 до 110,00									
Св. 110,00 до 120,00	—	—	6,0	10,0	—	—	—		
Св. 120,00 до 130,00									
Св. 130,00 до 140,00	—	—	7,0	12,0	—	—	—		
Св. 140,00 до 150,00									
Св. 150,00 до 160,00	—	—	8,0	14,0	—	—	—		
Св. 160,00 до 170,00									

Двойная заточка

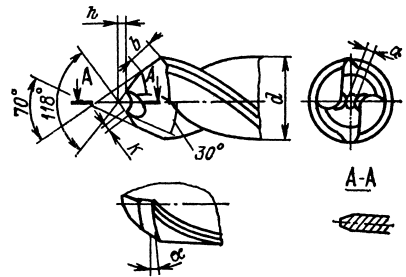
С подточкой поперечной кромки (ДП)



С подточкой поперечной кромки и ленточки (ДПЛ)



С подточкой и срезанной поперечной кромкой (ДП-2)



Диаметр сверла	Заточка		Подточка поперечной кромки		Срез перемычки		Длина подточки $l_1$
	Задний угол $\alpha$	Длина второй кромки $b$	Длина подточечной поперечной кромки $a$	Длина подточки $l$	Глубина среза $h$	Размер подточки по кромке $k$	
Св. 11,80 до 16,00	12	2,5	1,5	3	1,5	2,3	1,5
Св. 16,00 до 20,00		3,5	2,0	4	2,0	2,9	
Св. 20,00 до 25,00		4,5	2,5	5	2,5	3,6	2,0
Св. 25,00 до 31,50		5,5	3,0	6	3,3	4,5	
Св. 31,50 до 40,00		7,0	3,5	7	3,5	4,0	3,0
Св. 40,00 до 50,00		9,0	5,0	9	5,3		
Св. 50,00 до 63,00		11,0	6,0	11			
Св. 63,00 до 71,00		13,0	7,0	13			4,0
Св. 71,00 до 80,00		15,0	8,0	15			

с оставлением фаски 0,1—0,3 мм; образование стружкоразделительных канавок на режущих кромках у сверл диаметром свыше 20—30 мм.

Выбор режимов обработки осуществляется в соответствии с рекомендациями [209] или другими документами, оговоренными в стандартах и технических условиях на сверла. Ориентировочные значения режимов резания сверлами из быстрорежущих сталей приведены в табл. 10.12, а сверлами, оснащенными твердым сплавом — в табл. 10.13 [212].

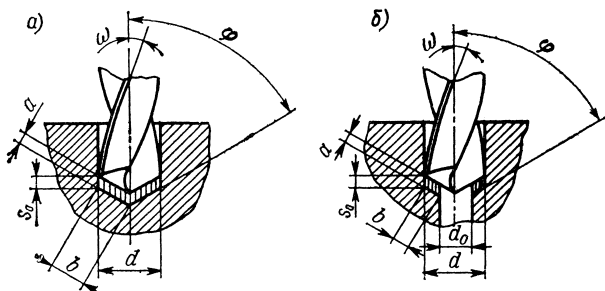


Рис. 10.16. Элементы сечения среза при сверлении (а) и рассверливания (б)

Стойкость сверл, определяемая допустимым их износом по ленточкам или уголкам, назначается по [209].

Скорость резания рассчитывают по формулам для спиральных сверл и сверл, оснащенных пластинками твердого сплава, т. е.

$$v = \frac{C_v T^{n_v} \text{HB}^{\pm n_v}}{T_m t^x s_0^y} k_n k_l,$$

где  $k_n$  — коэффициент, учитывающий влияние материала инструмента (для быстрорежущих сверл он равен единице, для сверл из стали марки 9ХС — 0,65);  $k_l$  — коэффициент влияния глубины сверления:

$l/d$ . . . . .	3	4	5	6	8	10
$k_l$ . . . . .	0,9	0,8	0,7	0,65	0,56	0,5

Знак «+» принимается для  $n_v$  при обработке малоуглеродистых сталей твердостью <155 НВ, знак «—» — при обработке сталей твердостью >155 НВ и других металлов.

**Силы резания и мощность при сверлении.** Силы резания определяются сечением срезаемого слоя (рис. 10.16):

$$f_z = ba = st; \quad b = d/2 \sin \varphi; \quad a = s_0/2 \sin \varphi,$$

где  $f_z$  — площадь поперечного сечения слоя, снимаемого одним зубом, мм<sup>2</sup>,  $f_z = ds_0/4$  ( $s_0$  — подача на 1 оборот сверла); общая площадь  $f = 2f_z = ds_0/2$ , при рассверливании  $f = 0,5 (d - d_0) s_0$ .



## 10.12. Ориентировочные значения режимов резания сверлами из быстрорежущих сталей

Обрабатываемый материал	Твердость НВ	Скорость резания $v$ , м/мин, для сверл диаметром, мм		Подача $s$ , мм/об./частота вращения $n$ , об/мин										Охлаждение
				Диаметр сверла $d$ , мм										
				<4	>4	1	1,55	2,5	4	6	9	13,5	20	
Сталь конструкционная высокой обрабатываемости (автоматная)	До 179	25	38	$\frac{0,03}{8000}$	$\frac{0,05}{5100}$	$\frac{0,07}{3200}$	$\frac{0,12}{3000}$	$\frac{0,18}{2000}$	$\frac{0,27}{1300}$	$\frac{0,4}{900}$	$\frac{0,5}{600}$	$\frac{0,65}{400}$	$\frac{0,8}{270}$	Масло для резания
	До 229	21	32	$\frac{0,025}{6700}$	$\frac{0,04}{4300}$	$\frac{0,06}{2700}$	$\frac{0,1}{2500}$	$\frac{0,15}{1700}$	$\frac{0,22}{1100}$	$\frac{0,24}{750}$	$\frac{0,4}{500}$	$\frac{0,5}{340}$	$\frac{0,65}{225}$	
Сталь конструкционная углеродистая нелегированная	До 229	19	28	$\frac{0,025}{6000}$	$\frac{0,04}{3900}$	$\frac{0,06}{2400}$	$\frac{0,1}{2200}$	$\frac{0,15}{1500}$	$\frac{0,22}{1000}$	$\frac{0,34}{650}$	$\frac{0,4}{450}$	$\frac{0,5}{300}$	$\frac{0,65}{200}$	Эмульсия для сверления
	До 269	16	24	$\frac{0,02}{5100}$	$\frac{0,03}{3300}$	$\frac{0,05}{2000}$	$\frac{0,08}{1900}$	$\frac{0,12}{1300}$	$\frac{0,18}{850}$	$\frac{0,27}{550}$	$\frac{0,3}{400}$	$\frac{0,4}{250}$	$\frac{0,5}{170}$	
	До 321	13	20	$\frac{0,015}{4100}$	$\frac{0,02}{2700}$	$\frac{0,04}{1650}$	$\frac{0,06}{1600}$	$\frac{0,09}{1000}$	$\frac{0,13}{700}$	$\frac{0,2}{500}$	$\frac{0,25}{300}$	$\frac{0,3}{200}$	$\frac{0,4}{140}$	
Сталь конструкционная легированная	До 179	19	28	$\frac{0,02}{6000}$	$\frac{0,03}{3900}$	$\frac{0,05}{2400}$	$\frac{0,08}{2200}$	$\frac{0,12}{1500}$	$\frac{0,18}{1000}$	$\frac{0,27}{650}$	$\frac{0,3}{450}$	$\frac{0,4}{300}$	$\frac{0,5}{200}$	Эмульсия для сверления или масло для резания
	До 229	16	24	$\frac{0,015}{5100}$	$\frac{0,02}{3300}$	$\frac{0,04}{2000}$	$\frac{0,06}{1900}$	$\frac{0,09}{1300}$	$\frac{0,13}{850}$	$\frac{0,2}{550}$	$\frac{0,25}{400}$	$\frac{0,3}{250}$	$\frac{0,4}{170}$	
Сталь конструкционная высоколегированная легкообрабатываемая	До 179	17	25	$\frac{0,015}{5400}$	$\frac{0,02}{3500}$	$\frac{0,04}{2200}$	$\frac{0,06}{2000}$	$\frac{0,09}{1300}$	$\frac{0,13}{900}$	$\frac{0,2}{600}$	$\frac{0,25}{400}$	$\frac{0,3}{260}$	$\frac{0,4}{180}$	Масло для резания или эмульсия для сверления
Сталь инструментальная углеродистая	До 229	18	26	$\frac{0,015}{5700}$	$\frac{0,02}{3700}$	$\frac{0,04}{2300}$	$\frac{0,06}{2100}$	$\frac{0,09}{1400}$	$\frac{0,13}{900}$	$\frac{0,2}{600}$	$\frac{0,25}{400}$	$\frac{0,3}{280}$	$\frac{0,4}{180}$	Эмульсия для сверления
	До 269	15	22	$\frac{0,01}{4800}$	$\frac{0,015}{3100}$	$\frac{0,02}{1900}$	$\frac{0,04}{1750}$	$\frac{0,06}{1150}$	$\frac{0,09}{800}$	$\frac{0,13}{500}$	$\frac{0,17}{350}$	$\frac{0,2}{230}$	$\frac{0,3}{150}$	

Сталь инструментальная легированная	До 229	15	23	$\frac{0,015}{4800}$	$\frac{0,02}{3100}$	$\frac{0,01}{1900}$	$\frac{0,04}{1800}$	$\frac{0,09}{1200}$	$\frac{0,13}{800}$	$\frac{0,2}{550}$	$\frac{0,25}{370}$	$\frac{0,3}{245}$	$\frac{0,4}{160}$	Масло для резания или эмульсия для сверления
	До 269	13	20	$\frac{0,01}{4100}$	$\frac{0,015}{2700}$	$\frac{0,02}{1650}$	$\frac{0,04}{1600}$	$\frac{0,06}{1000}$	$\frac{0,09}{700}$	$\frac{0,13}{500}$	$\frac{0,17}{300}$	$\frac{0,2}{200}$	$\frac{0,3}{140}$	
Сталь инструментальная быстрорежущая	До 229	13	20	$\frac{0,015}{4100}$	$\frac{0,02}{2700}$	$\frac{0,04}{1650}$	$\frac{0,06}{1600}$	$\frac{0,09}{1000}$	$\frac{0,13}{700}$	$\frac{0,2}{500}$	$\frac{0,25}{300}$	$\frac{0,3}{200}$	$\frac{0,4}{140}$	Масло для резания или эмульсия для сверления
	До 269	11	17	$\frac{0,01}{3500}$	$\frac{0,015}{2250}$	$\frac{0,02}{1400}$	$\frac{0,04}{1350}$	$\frac{0,06}{900}$	$\frac{0,09}{600}$	$\frac{0,13}{400}$	$\frac{0,17}{270}$	$\frac{0,2}{180}$	$\frac{0,3}{120}$	
Сталь коррозионно-стойкая легкообрабатываемая	До 149	8	12	$\frac{0,01}{2500}$	$\frac{0,015}{1650}$	$\frac{0,02}{1000}$	$\frac{0,04}{950}$	$\frac{0,06}{650}$	$\frac{0,09}{425}$	$\frac{0,13}{280}$	$\frac{0,17}{190}$	$\frac{0,2}{125}$	$\frac{0,3}{85}$	Сернистое масло или эмульсия для сверления
Чугун серый	До 210	14	20	$\frac{0,045}{4400}$	$\frac{0,07}{3500}$	$\frac{0,1}{2200}$	$\frac{0,18}{1600}$	$\frac{0,27}{1000}$	$\frac{0,4}{700}$	$\frac{0,6}{500}$	$\frac{0,75}{300}$	$\frac{1,0}{200}$	$\frac{1,2}{140}$	Без охлаждения или сжатый воздух
	До 250	11	16	$\frac{0,035}{3500}$	$\frac{0,05}{2200}$	$\frac{0,09}{1400}$	$\frac{0,14}{1300}$	$\frac{0,21}{850}$	$\frac{0,3}{550}$	$\frac{0,48}{380}$	$\frac{0,6}{250}$	$\frac{0,75}{170}$	$\frac{1,0}{110}$	
	До 250	9	13	$\frac{0,025}{2850}$	$\frac{0,04}{1850}$	$\frac{0,06}{1150}$	$\frac{0,1}{1050}$	$\frac{0,15}{700}$	$\frac{0,22}{450}$	$\frac{0,34}{300}$	$\frac{0,4}{200}$	$\frac{0,5}{140}$	$\frac{0,65}{90}$	
Чугун ковкий	До 210	11	16	$\frac{0,025}{3500}$	$\frac{0,04}{2250}$	$\frac{0,06}{1400}$	$\frac{0,1}{1300}$	$\frac{0,15}{850}$	$\frac{0,22}{550}$	$\frac{0,34}{380}$	$\frac{0,4}{250}$	$\frac{0,5}{170}$	$\frac{0,65}{110}$	Эмульсия для сверления или сжатый воздух
	До 250	8	12	$\frac{0,02}{2500}$	$\frac{0,03}{1650}$	$\frac{0,05}{1000}$	$\frac{0,08}{950}$	$\frac{0,12}{650}$	$\frac{0,18}{425}$	$\frac{0,27}{280}$	$\frac{0,3}{190}$	$\frac{0,4}{125}$	$\frac{0,5}{85}$	
Бронза	До 210	17	25	$\frac{0,025}{5400}$	$\frac{0,04}{3500}$	$\frac{0,06}{2200}$	$\frac{0,1}{2000}$	$\frac{0,15}{1300}$	$\frac{0,22}{900}$	$\frac{0,34}{600}$	$\frac{0,4}{400}$	$\frac{0,5}{260}$	$\frac{0,65}{180}$	Масло для резания или эмульсия для сверления

Примечания: 1. В числителе дроби указаны значения  $s$ , в знаменателе —  $n$ . 2. Таблица составлена для сверл нормальной длины (ГОСТ 10902—77\* и ГОСТ 10903—77\*) при сверлении отверстий глубиной до  $3d$ . Для сверл длинной и удлиненной серий (ГОСТ 886—77\*, ГОСТ 2092—77\*, ГОСТ 12121—77\* и ГОСТ 12122—77\*) табличные значения подач умножать на коэффициент 0,77. 3. При сверлении глубоких отверстий глубиной более  $3d$  необходимы промежуточные выводы сверла из просверливаемого отверстия для удаления стружки: промежуточные выводы рекомендуется делать после достижения сверлом глубины отверстия  $4d$ ,  $5d$ ,  $6d$  и т. д. минутную подачу сверла  $s$ , мм/мин, рекомендуется уменьшать на 30 % при глубине сверления от  $3d$  до  $6d$  и на 40 % — при глубине сверления от  $6d$  до  $8d$ . 4. При сверлении чугуна сверла рекомендуется затачивать с двумя углами при вершине сверла ( $90^\circ$  и  $118^\circ$ ) и с подточкой сердцевины (например, способом ДП по ГОСТ 4010—77\*). 5. При отсутствии на станке указанных в таблице значений  $s$  и  $n$  набирать ближайшие фактические значения ( $s_{ф}$ ,  $n_{ф}$ ) таким образом, чтобы было соблюдено соотношение  $n_s \approx s_{ф} n_{ф}$ . 6. Для промежуточных диаметров сверл, не указанных в таблице, рекомендуется выбирать и промежуточные значения  $n$  и  $s$ . 7. Для других случаев, не указанных в таблице (например, при сверлении легких сплавов, труднообрабатываемых сталей и сплавов, пластмасс, бетона и т. д.), применение сверл будет неэффективно (в данном случае потребуются сверла спиральные специальных конструкций).

10.13. Ориентировочные значения режимов резания сверлами, оснащенными твердым сплавом

Обрабатываемый материал	Диаметр сверла, мм	Скорость резания, м/мин	Подача, мм/об	Твердый сплав (марка по ISO)	Угол заточки вершины сверла $2\gamma$ , °	Охлаждение	
Сталь с $\sigma_B = 800 \div 1200$ МПа	3—8 8—20 20—40	25—35 30—38 35—45	0,02—0,04 0,04—0,08 0,08—0,12	K10, K20	118	Эмульсия для сверления	
Сталь с $\sigma_B = 1200 \div 1400$ МПа	3—8 8—20	20—25 22—28	0,02—0,04				
Сталь с $\sigma_B = 1400 \div 1800$ МПа	3—8 8—20	10—15 10—12	0,02—0,04 0,02—0,03				
Закаленная сталь твердостью до 50 HRC <sub>3</sub>	3—8 8—20	8—10 10—12	0,01—0,02 0,02—0,03		120—140		
Чугун	3—8 8—20	35—45 45—55	0,04—0,1		118		Без охлаждения
Бронза	3—8 8—20	40—45 45—55	0,04—0,1				
Алюминиевые сплавы	3—8 8—20	100 100	0,06—0,2	K10	115—120		

Силы резания и мощность в зависимости от  $f$  приводятся в нормативах. Ориентировочно силы резания и мощность можно рассчитать по формулам:

осевое усилие при сверлении, Н,

$$P_x = C_1 d^2 s_0^y \text{HB}^n \nu^{10};$$

при рассверливании, Н,

$$P_x = C_2 t^x s_0^y \text{HB}^n \nu^{10};$$

крутящий момент при сверлении

$$M_{кр} = C_3 d^q s_0^y \text{HB}^n \nu^{10};$$

при рассверливании

$$M_{кр} = C_4 d^q t^x s_0^y \text{HB}^n \nu^{10};$$

10.14. Значения коэффициентов  $C_v$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_4$  и показателя степени  $n_v$  [63]

Обрабатываемый материал	Сверление			Расширивание быстрорежущи- ми сверлами	Сверление		Расширивание быстрорежущи- ми сверлами	Сверление		Расширивание быстрорежущи- ми сверлами	$n_v$
	быстрорежущими свер- лами		твердосплав- ными свер- лами		быстрорежущи- ми свер- лами	твердосплав- ными свер- лами		быстроре- жущими сверлами	твердосплав- ными сверлами		
	$d < 10$ мм	$d > 10$ мм									
	$C_v$			$C_1$		$C_2$	$C_3$		$C_4$		
Сталь углеродистая: <155 НВ	0,041	0,10	—	0,168	1,50	—	0,62	0,80	—	1,83	0,9
155—265 НВ	360	874	—	1 450	1,50	—	0,62	0,80	—	1,83	0,9
Сталь автоматная (140— 230 НВ)	540	1,310	—	2 175	1,35	—	0,56	9,72	—	1,65	0,9
Сталь хромистая, хромони- келевая, хромоникельмолибде- новая, хромованадиевая, хро- момолибденовая (155—340 НВ)	306	743	—	1 230	1,80	—	0,74	0,96	—	2,20	0,9
Сталь марганцовистая, кремнемарганцовистая, хро- моалюминиевая, хромомолиб- деновая, хромомарганцови- стотитановая, хромоникель- вольфрамовая (155—340 НВ)	252	612	—	1 015	1,80	—	0,74	0,96	—	2,20	0,9
Сталь инструментальная и углеродистая (155—340 НВ)	270	655	—	1 090	1,65	—	0,68	0,87	—	2,00	0,9
Сталь инструментальная, высоколегированная и аусте- нитная	1,15	2,80	—	4,65	100	—	41	40	—	95,0	0
Чугун (140—240 НВ)	4000	11 400	33 400	15 600	2,60	7,1	0,92	1,0	0,263	3,16	1,3
Ковкий чугун (120—200 НВ)	5000	14 200	41 700	19 500	2,60	7,1	0,92	1,0	0,263	3,16	1,3
Латунь	8,6	21,0	—	35,0	—	—	—	—	—	—	0
Алюминий, дуралюмин, си- люмин	14,3	35,0	—	58,0	—	—	—	—	—	—	0
Бронза средней твердости	13,0	37,0	—	50,0	—	—	—	—	—	—	0
Бронза твердая	6,5	18,5	—	25,0	—	—	—	—	—	—	0

10.15. Значения показателей степени  $t$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $q$ ,  $n_p$  [63]

Параметр	Материал режущей части сверла	Обрабатываемый материал									
		Сталь, цветные металлы и сплавы					Чугун и бронза				
		$t$	$x$	$y$	$q$	$n_p$	$t$	$x$	$y$	$q$	$n_p$
Скорость резания	Быстрорежущая сталь: $d \leq 10$ мм	0,2	0	0,70	0,65	—	0,125	0	0,65	0,60	—
	$d > 10$ мм	0,2	0	0,50	0,40	—	0,125	0	0,40	0,25	—
	Твердый сплав	—	—	—	—	—	0,4	—	0,50	0,50	—
	Быстрорежущая сталь (рассверливание)	0,2	0,2	0,50	0,40	—	0,125	0,1	0,40	0,15	—
Осевая сила подачи	Быстрорежущая сталь	—	0	0,70	0,10	0,75	—	—	0,80	1,0	0,6
	Твердый сплав	—	—	—	—	—	—	0	0,85	0,75	0,6
	Быстрорежущая сталь (рассверливание)	—	1,30	0,70	0	0,75	—	1,20	0,4	—	0,6
Крутящий момент при сверлении	Быстрорежущая сталь	—	0	0,80	2,0	0,70	—	0	0,80	2,0	0,6
	Твердый сплав	—	—	—	—	—	—	0	1,0	2,4	0,6
	Быстрорежущая сталь (рассверливание)	—	0,90	0,80	1,0	0,70	—	0,75	0,80	1,0	0,6

эффективная мощность, кВт,

$$N_{\text{э}} = M_{\text{кр}} n / 9741.$$

Значения постоянных  $C_1—C_4$ , показателей степени  $m, x, y, q, n_p$  приведены в табл. 10.14, 10.15.

Для расчета мощности сверления, кВт, сверлами с монолитной рабочей частью и сверлами ружейными фирмой «Сумитомо» (Япония) разработаны следующие формулы:

для твердосплавных сверл  $N_{\text{э}} = M_{\text{кр}} n / 9741$ , где  $M_{\text{кр}} = K d^2 \times (0,63 + 17,0 s_0)$ .

Значения постоянной  $K$  приведены ниже:

Чугун:

120 НВ	.....	0,7
180 НВ	.....	1,2
210 НВ	.....	1,4
230 НВ	.....	1,9

Сталь с содержанием углерода менее 0,1 % (110 НВ)	.....	2,4
Сталь 45 (210 НВ)	.....	2,1

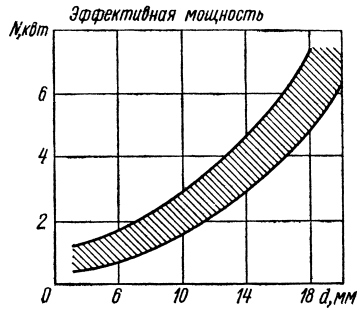


Рис. 10.17. График эффективной мощности при обработке сталей и чугунов

Для ружейных сверл  $N_{\text{э}} = M_{\text{кр}} n / 9741$ , где  $M_{\text{кр}} = 0,5 s_0 K_s r^2$ ;  $K_s = 5000$  МПа — при обработке стали;  $K_s = 3000$  МПа — при обработке чугуна.

Эффективную мощность ориентировочно можно определить по номограммам на рис. 10.17 [74].

## 10.7. Сверла центровочные

Сверла центровочные предназначены для обработки центровых отверстий различной конфигурации и размеров. Для обработки отверстий с фасками и радиусной формы применяют сверла центровочные комбинированные, для зацентровки в виде цилиндрического отверстия без фасок под следующее сверление используют сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком.

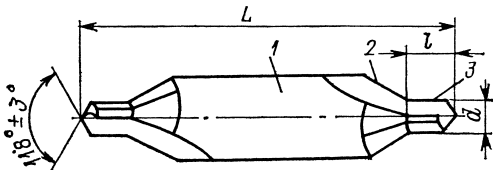


Рис. 10.18. Сверла центровочные:

1 — державка; 2, 3 — зенковочная и сверловочная части соответственно

Сверла комбинированные. Сверла состоят из державки цилиндрической формы, сверловочной и зенковочной частей (рис. 10.18). Сверла стандартные (ГОСТ 14952—75\*) — двусторонние (кроме сверл с  $d \leq 0,8$  мм), сверловочные и зенковочные участки расположены по обоим концам державки. По ТУ 2-035-428—75 выпускаются и сверла односто-

10.16. Основные типы и размеры комбинированных центровочных сверл (ГОСТ 14952—75\*)

Тип и основные размеры	Эскиз
<p>Тип А</p> <p><math>d = 1,0 \div 10,0</math> мм; <math>d_1 = 3,15 \div 25</math> мм;  <math>L = 335 \div 103</math> мм; <math>l = 1,9 \div 14,2</math> мм;  <math>2\varphi = 118^\circ</math>; <math>\alpha = 11^\circ</math></p>	
<p>Тип В</p> <p><math>d = 1,0 \div 10,0</math> мм; <math>d_1 = 4,0 \div 31,5</math> мм;  <math>L = 37,5 \div 12,80</math> мм; <math>l = 1,9 \div 14,2</math> мм;  <math>2\varphi = 118^\circ</math>; <math>\alpha = 11^\circ</math></p>	
<p>Тип С (двусторонние)</p> <p><math>d = 1,0 \div 2,5</math> мм; <math>d_1 = 3,15 \div 6,3</math> мм;  <math>L = 33,5 \div 47,0</math> мм; <math>l = 1,9 \div 4,1</math> мм;  <math>2\varphi = 118^\circ</math>; <math>\alpha = 11^\circ</math>; тип С (односторонние) — <math>d_1 = 3,15</math> мм; <math>d = 0,8</math> мм;  <math>L = 21</math> мм; <math>l = 1,5</math> мм</p>	
<p>Тип R</p> <p><math>d = 1,0 \div 10,0</math> мм; <math>d_1 = 3,15 \div 25,0</math> мм; <math>L = 33,5 \div 103</math> мм; <math>l = 3,0 \div 26,5</math> мм; <math>r = 3,15 \div 31,5</math> мм;  <math>2\varphi = 118^\circ</math>; <math>\alpha = 11^\circ</math></p>	

ронные типов А, В и R. Эти виды сверл предназначены для обработки центровых отверстий по ГОСТ 14034—74\*.

Основные типы и размеры стандартных сверл приведены в табл. 10.16. Сверловочная и зенковочная части имеют канавки винтовые или наклонные, угол их наклона к оси (измеренный у вершины сверловочной части)  $\omega = 5^\circ$ .

Профиль сечения канавок — угловой (угол  $90-110^\circ$ ), ленточка как на сверловочной, так и на зенковочной части отсутствует, вместо нее спинка затылуется по архимедовой спирали. Спад затылка рассчитывается из условия создания задних углов на цилиндрической части  $\alpha_n = 1-2^\circ$ . В целях снижения трудоемкости затылования спинку выполняют ломаной; затылованный

ее участок, прилегающий к рабочему участку канавки, выполняется на участке, ограниченном углом  $30-50^\circ$ , остальная часть спинки — цилиндрическая.

Сердцевина рабочих участков сверла принимается равной  $(0,2 \div 0,25) d$  и увеличивается по направлению к зенковочной части на  $0,4$  мм на каждые  $25$  мм длины у сверл с  $d \leq 3,15$  мм и на  $0,25$  мм на  $25$  мм длины у сверл с  $d > 3,15$  мм. Диаметр сверловочной части уменьшается по направлению к зенковочной на  $0,05-0,1$  на  $25$  мм длины. Заточка вершины сверловочной части осуществляется аналогично заточке спиральных сверл.

Зенковочная часть имеет форму режущих кромок, обеспечивающую получение конусных участков центровых отверстий требуемой формы. Передняя ее поверхность является продолжением передней поверхности сверловочной части, задняя поверхность затылуется одновременно с затылованием спинки сверловочной части. Требуемый спад затылка регулируется изменением направления затылования (обычно производится под углом  $10-11^\circ$  к оси сверла).

Сверла изготавливаются из быстрорежущих сталей. Твердость их  $62-64$  HRC<sub>9</sub> (у сверл с  $d \leq 3,15$  мм) или  $62-65$  HRC<sub>9</sub> у сверл с  $d > 3,15$  мм. Сверла могут быть подвергнуты низкотемпературному отпуску или покрыты слоем нитрида титана (сверла по ТУ 2-035-835—81). Шероховатость передних поверхностей и поверхностей стружечных канавок должна быть  $R_a \leq 1,25$  мкм, задних поверхностей  $R_a \leq 0,63$  мкм, цилиндрической поверхности державки  $R_a \leq 2,5$  мкм.

Допуск биения режущих кромок  $0,03$  мм при  $d \leq 3,15$  мм и  $0,04$  мм при  $d > 3,15$  мм, разница в ширине перьев соответственно  $0,07$  мм и  $0,1$  мм. Поперечная режущая кромка может быть смещена относительно оси сверла не более, чем на  $0,05$  мм при  $d \leq 5$  мм или на  $0,1$  мм при  $d > 5$  мм.

Скорость резания выбирается по диаметру зенковочной части и равна скорости резания спиральными сверлами. Подача  $s_0 = 0,01 \div 0,07$  мм/об.

**Специальные комбинированные сверла** (рис. 10.19, а—в). Сверла комбинированные с лыской (рис. 10.19, а) предназначены для работы в комбинированных резцовых головках, осуществляющих кроме обработки центровых отверстий подрезку торцов заготовок. Лыска служит для установки и ориентации твердосплавной пластины. Габаритные размеры и форма сверл соответствуют стандартным, за исключением сверл типа С, которые с лыской не выпускаются.

**Сверло центровочное комбинированное с разделением потока стружки** (рис. 10.19, б). Это сверло не имеет недостатка, свойственного конструкции комбинированных стандартных центровочных сверл — одновременного перемещения потоков стружки от сверловочной и зенковочной режущих кромок по одной канавке. Оно отличается отдельной работой сверловочной и зен-



ковочной частей с индивидуальными канавками для стружкоотвода (1 — для отвода стружки, образуемой сверловочной частью, 2 — для отвода стружки от зенковочной части). Габаритные размеры соответствуют размерам стандартных сверл.

Сверла комбинированные твердосплавные для печатных плат (ГОСТ 20686—75\* и ТУ 2-035-970—84) предназначены для сверления и зенкования отверстий в платах печатного монтажа за один проход (рис. 10.19, в). Изготавливаются из твердых сплавов марок ВК6М, ВК60М, ВК8. Размеры сверл:  $d = 0,8 \div 2,5$  мм,  $d_1 = 2 \div 4$  мм;  $L = 32 \div 38$  мм;  $l = 2,8 \div 3,3$  мм.

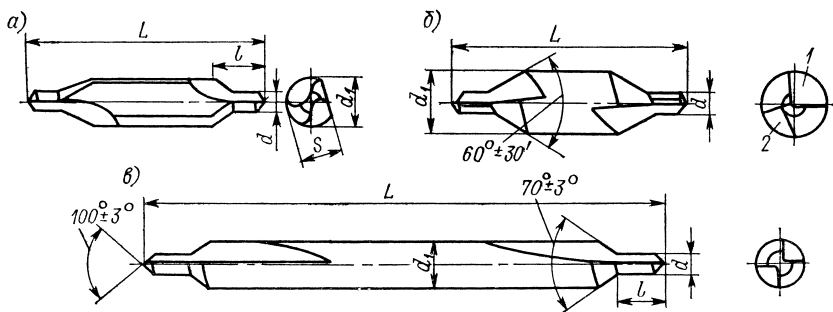


Рис. 10.19. Сверла специальные комбинированные: а — с лыской; б — с разделением потока стружки; в — для обработки плат печатного монтажа

Параметр шероховатости передних поверхностей и цилиндрического участка державки  $R_a \leq 0,32$  мкм, задних (затылочных) поверхностей  $R_a \leq 0,63$  мкм. Допуск радиального и осевого биений режущих кромок относительно оси державки не более 0,02 мм, нецентricности сердцевинки не более 0,03 мм.

**Сверла центральные.** Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком для зацентровки под сверление (ОСТ И20-5—80) предназначены для зацентровки под сверление или снятие фаски под углом  $45^\circ$  в отверстиях под резьбу в конструкционных материалах нормальной обрабатываемости на станках с ЧПУ. Размеры сверл, мм:  $d = 5; 10; 16; 20$  мм;  $L = 55; 75; 100; 120$ ;  $l = 15; 30; 60$ ;  $2\phi = 90^\circ$ . Сверла отличаются отсутствием ленточек.

## 10.8. Зенкеры и зенковки

*Зенкеры* — многозубый инструмент для промежуточной или окончательной обработки предварительно изготовленных отверстий.

*Зенковки* — многозубый инструмент для образования конических фасонных переходных участков от отверстий к торцам.

*Зенковки с направляющей цапфой* — многолезвийный инструмент для обработки цилиндрических углублений и подрезки глухих торцов.

## 10.17. Обозначения зенкеров и зенковок по ОКП

Группа 1600 Зенкеры, зенковки	
Подгруппы	Вид
1610 — зенкеры из быстрорежущей стали	1611 — с цилиндрическим хвостовиком 1612 — с коническим хвостовиком цельные 1613 — с коническим хвостовиком сборные 1614 — насадные цельные 1615 — насадные сборные
1620 — зенкеры твердосплавные (кроме специальных)	1621 — с цилиндрическим хвостовиком 1622 — с коническим хвостовиком и припаянными пластинками 1623 — с коническим хвостовиком сборные 1624 — насадные с припаянными пластинками 1625 — насадные сборные
1630 — зенковки конические	1631 — из быстрорежущей стали (60°) 1632 — из быстрорежущей стали (75°) 1633 — из быстрорежущей стали (90°) 1634 — из быстрорежущей стали (120°) 1635 — твердосплавные
1640 — зенковки подрезные	1641 — из быстрорежущей стали односторонние 1642 — из быстрорежущей стали двусторонние 1643 — твердосплавные односторонние 1644 — твердосплавные двусторонние
1650 — зенковки цилиндрические для обработки опорных мест под крепежные детали	1651 — из быстрорежущей стали с цилиндрическим хвостовиком 1652 — из быстрорежущей стали с коническим хвостовиком 1653 — из быстрорежущей стали с хвостовиком под штифтовой замок 1654 — из быстрорежущей стали насадные 1655 — твердосплавные с коническим хвостовиком 1656 — твердосплавные с хвостовиком под штифтовой замок 1657 — твердосплавные насадные
1680 — зенкеры специальные	1681 — из быстрорежущей стали 1682 — твердосплавные
1690 — зенкеры и зенковки для станков с ЧПУ и автоматических линий	1691 — зенкеры из быстрорежущей стали с цилиндрическим хвостовиком 1692 — зенкеры из быстрорежущей стали с коническим хвостовиком 1694 — зенковки из быстрорежущей стали конические 1695 — зенковки из быстрорежущей стали цилиндрические для обработки опорных поверхностей под крепежные детали 1696 — пластины подрезные к станкам с ЧПУ 1697 — головки расочные к станкам с ЧПУ

Обозначения зенкеров и зенковок по ОКП приведены в табл. 10.17.

Материал рабочей части зенкеров и зенковок — быстрорежущая сталь, сталь 9ХС или твердый сплав марок ВК6, ВК8, ВК6М, Т15К6, Т14К8, Т5К10. Твердость зенкеров и зенковок из стали 9ХС — 62—65 HRC, из быстрорежущих сталей — 63—66 HRC<sub>э</sub>, из быстрорежущих сталей с повышенным содержанием кобальта (более 5 %) и ванадия (более 3 %) — 64—67 HRC<sub>э</sub>. Указанная твердость у быстрорежущих концевых зенкеров должна быть не менее, чем на 2/3 длины стружечной канавки, у зенкеров, оснащаемых пластинами твердого сплава, допускается понижение твердости на 10 единиц HRC<sub>э</sub> в зоне напайки.

### Зенкеры

Основные типы и размеры стандартных зенкеров приведены в табл. 10.18. Зенкеры обеспечивают обработку отверстий под последующее развертывание (зенкер № 1) или получение окончательного размера отверстий с качеством точности Н11 (зенкер № 2). Кроме приведенных в таблице, имеются зенкеры, отличающиеся более высокой точностью изготовления рабочей части и хвостовика (ОСТ 2-И22-1—80).

По способу закрепления на станке зенкеры подразделяются на концевые (с цилиндрическим или коническим хвостовиками) и насадные.

**Конструкции зенкеров.** По конструкции зенкеры концевые (рис. 10.20) напоминают сверла, но без поперечной кромки. Как правило, они имеют большее число зубьев, состоят

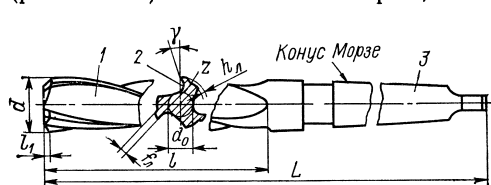


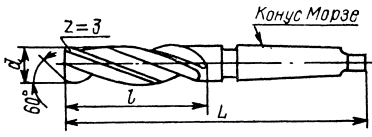
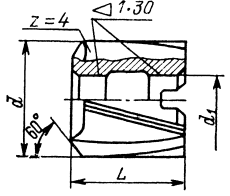
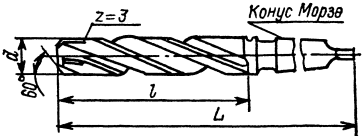
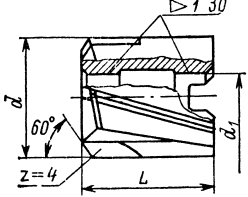
Рис. 10.20. Зенкер концевой

из рабочей части 1 и хвостовика 3. На рабочей части имеются стружечные канавки, одна из поверхностей которой 2 является передней поверхностью каждого пера.

Стружечные канавки могут быть прямыми ( $\omega = 0$ ) или винтовыми с углом  $\omega = 20^\circ$  (быстрорежущие зенкеры) или  $\omega = 15^\circ$  (твердосплавные зенкеры). Рабочая часть быстрорежущих зенкеров приваривается к стальному хвостовику и состоит из режущего и калибрующего участков. Профили поперечного сечения зенкеров могут иметь различную форму (рис. 10.21). Размеры профилей  $a$ ,  $z$ ,  $d$ ,  $ж$ , мм:  $d_0 = (0,35 \div 0,5) d$ ;  $B = (0,4 \div 0,48) d$ ;  $h_{\text{л}} = (0,02 \div 0,04) d$ ;  $f_{\text{л}} = 2 \div 2,5$  у быстрорежущих и  $f_{\text{л}} = 0,8 \div 1,8$  у твердосплавных зенкеров. Профили отличаются наличием ленточки и цилиндрической формой спинки; применяются у зенкеров диаметром 10—50 мм.

Профили  $b$ ,  $v$ ,  $e$  имеют криволинейную спинку, касательная к которой в точке пересечения кривой с окружностью наружного

**10.18. Основные типы и размеры зенкоров  
для предварительной и окончательной обработки отверстий**

Наименование, тип и основные размеры	Эскиз
<p>Зенкеры цельные с коническим хвостовиком из быстрорежущей стали, тип 1 (ГОСТ 12489—71 или ТУ 2-035-724—80)  <math>d = 10 \div 40</math> мм; <math>L = 160 \div 350</math> мм;  <math>l = 80 \div 200</math> мм; <math>z = 3; 4</math></p>	<p align="center">Исполнение 1</p> 
<p>Зенкеры цельные, насадные из быстрорежущей стали, тип 2 (ГОСТ 12489—71)  <math>d = 32 \div 80</math> мм; <math>d_1 = 13 \div 32</math> мм;  <math>L = 30 \div 52</math> мм; <math>z = 4</math></p>	
<p>Зенкеры цельные, с коническим хвостовиком, оснащенные пластинками из твердого сплава, тип 1 (ГОСТ 3231—71)  <math>d = 14 \div 50</math> мм; <math>L = 180 \div 335</math>; <math>l = 85 \div 210</math> мм; <math>z = 3</math></p>	<p align="center">Исполнение 1</p> 
<p>Зенкеры цельные, насадные, оснащенные пластинками из твердого сплава, тип 2 (ГОСТ 3231—71)  <math>d = 32 \div 80</math> мм; <math>d_1 = 13 \div 32</math> мм;  <math>L = 40 \div 65</math> мм; <math>z = 4</math></p>	

диаметра (профили *б* и *е*) наклонена к ней под углом 10—15°. Профиль *в* кроме криволинейной спинки имеет ленточку. Высота ее та же, что у профиля *а*. Профили *д* и *ж* применяют у зенкоров, оснащенных пластинами твердого сплава, не имеющих ленточки на корпусе. Профиль *з* применяют у насадных зенкоров, также оснащенных пластинами твердого сплава; высота зуба  $h = (0,1 \div 0,16) d$ . Профиль *г* отличается наличием двух ленточек на каждом зубе, что позволяет получать отверстия качества точности Н8.

Предельные отклонения наружного диаметра зенкоров приведены в табл. 10.19. Наружный диаметр уменьшается по направ-

лению к хвостовику на 0,04—0,08 мм на 100 мм длины при  $d \leq 18$  мм или на 0,05—0,1 мм на 100 мм длины при  $d > 18$  мм.

Параметры шероховатости передней и задней поверхностей для быстрорежущих зенкеров —  $R_z \leq 6,3$  мкм,  $R_z \leq 3,2$  мкм;

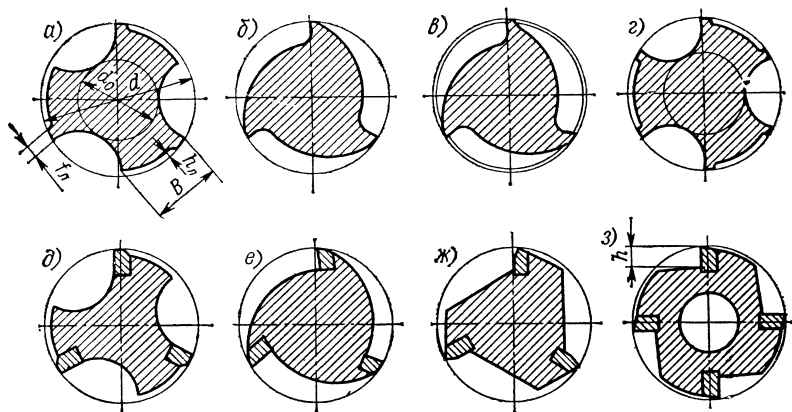


Рис. 10.21. Основные формы профиля поперечного сечения зенкоров

для зенкоров, оснащенных пластинами твердого сплава —  $R_z \leq 1,6$  мкм. Допуск осевого биения главных режущих кромок — 0,04 мм при  $d < 18$  мм; 0,05 мм при  $d = 18 \div 30$  мм и 0,063 мм при  $d > 30$  мм. Допуск радиального биения относительно оси зенкера: 0,032 мм при  $d < 30$  мм и 0,04 мм при  $d > 30$  мм.

#### 10.19. Предельные отклонения наружного диаметра стандартных зенкоров

Диаметр зенкера, мм	Зенкер № 1		Зенкер № 2	
	Предельное отклонение, мкм			
	верхнее	нижнее	верхнее	нижнее
10—18	—210	—245	+70	+36
18—30	—245	—290	+85	+40
30—50	—290	—340	+100	+50
50—80	—350	—410	+120	+60
80—100	—420	—490	+140	+70

**Режимы резания, силы резания, мощность при зенкеровании.** Геометрические параметры режущей части зенкоров приведены на рис. 10.22, а и изменяются в зависимости от условий обработки. Передний угол  $\gamma_N$  у быстрорежущих зенкоров зависит от угла наклона канавок  $\omega$  и угла  $\lambda$  или угла  $\lambda_1$ :

$$\operatorname{tg} \gamma_N = \frac{\operatorname{tg} \omega - \operatorname{tg} \lambda \cos \varphi}{\sin \varphi};$$

$$\operatorname{tg} \lambda = \operatorname{tg} \lambda_1 \sin \varphi.$$

Обычно  $\lambda_1 = 0$ , при этом  $\operatorname{tg} \gamma_N = \operatorname{tg} \omega / \sin \varphi$ .

У зенкоров, оснащенных пластинами из твердого сплава, угол  $\gamma_N$  определяется углом врезания пластины, который обычно равен  $10^\circ$ , а  $\lambda_1 > 0$ . Углы  $\omega$  и  $\lambda$  ( $\lambda_1$ ) определяются конструкцией зенкера, а угол  $\varphi$  — заточкой его режущей части. У стандартных

зенкеров  $\varphi = 60^\circ$ , переходную кромку рационально затачивать под углом  $\varphi_1 = 30^\circ$  (рис. 10.22, б).

При разработке конструкций зенкеров для определенных условий обработки следует назначать  $\gamma_N$ ,  $\varphi$ , а затем  $\omega$ . При обработке низколегированных малоуглеродистых сталей  $\gamma_N = 15 \div 20^\circ$ , конструкционных сталей средней твердости  $\gamma_N = 8 \div 12^\circ$ , чугуна средней твердости  $\gamma_N = 6 \div 10^\circ$ , сталей и чугунов повышенной твердости  $\gamma_N = 0 \div 5^\circ$  и при обработке легких сплавов  $\gamma_N = 25 \div 30^\circ$ .

Задний угол режущей части  $\alpha_N$  образуется заточкой или затыловкой; для стандартных зенкеров  $\alpha_N = 6 \div 8^\circ$ .

Длина режущей части  $l_1 = (\Delta + t) \operatorname{ctg} \varphi$ , где  $\Delta = (0,5 \div 1,0) t$ ;  $t = (d - d_0)/2$ .

Ниже приведены значения припуска на обработку  $t$  в зависимости от диаметра  $d$ :

$d$ , мм . . . . .	До 18	18—30	30—50	50—80	80—100
$2t$ , мм . . . . .	2,5—3,5	4—4,5	5,5—8	7—10	8—12

Режимы резания определяют по нормативам [208] или рассчитывают по формулам. Подача, мм/об, равна  $s_0 = C_s d^{0,6}$ .

Значения постоянной  $C_s$  для материалов различной твердости следующие: для чугуна твердостью  $\leq 170$  НВ — 0,125—0,250,  $> 170$  НВ — 0,075—0,150; для сталей твердостью  $\leq 160$  НВ — 0,095—0,19; 160—240 НВ — 0,07—0,14; 240—300 НВ — 0,052—0,105;  $> 300$  НВ — 0,042—0,085.

Скорость резания

$$v = \frac{C_v D^q \text{НВ}^{\pm n_v}}{T^m t^x s_0^y}$$

Знак «плюс» у  $n_v$  — при обработке сталей твердостью  $\leq 155$  НВ, а знак «минус» — при обработке сталей твердостью  $> 155$  НВ;  $n_v = 0,9$  — при обработке сталей и  $n_v = 1,3$  — при обработке чугунов. Значения показателей степени  $m$ ;  $x$ ;  $y$ ;  $q$  и значение  $C_v$  приведены в табл. 10.20 и 10.21. Средняя стойкость  $T \approx (1,5 \div \div 1,8) d$ , мин.

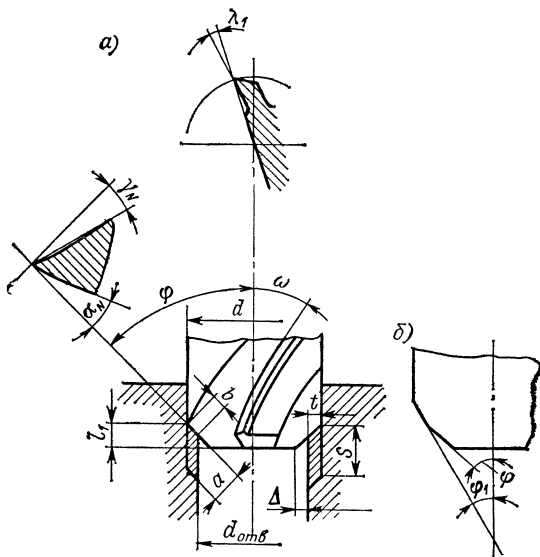


Рис. 10.22. Геометрические параметры режущей части зенкера

**10.20. Значения показателей степеней  $m$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $q$   
для определения скорости резания при зенкеровании и развертывании**

Обрабатываемый материал	Материал рабочей части											
	зенкера								развертки			
	Инструментальная сталь				Твердый сплав				Быстрорежущая сталь			
	$m$	$x$	$y$	$q$	$m$	$x$	$y$	$q$	$m$	$x$	$y$	$q$
Сталь, цветные металлы, сплавы Чугун, бронза	0,3	0,2	0,5	0,3	—	—	—	—	0,4	0,2	0,65	0,3
	0,125	0,1	0,4	0,2	0,4	0,1	0,45	0,1	0,3	0,1	0,5	0,2

**10.21. Значение коэффициента  $C_v$  при зенкеровании и развертывании**

Обрабатываемый материал	Зенкер				Развертка быстрорежущая
	быстрорежущий		твердосплавный		
	концевой	насадной	концевой	насадной	
Сталь конструкционная с $\sigma_B < 900$ МПа ( $< 155$ НВ)	0,226	0,2	—	—	0,152
Сталь конструкционная и легированная с $\sigma_B = 900$ МПа ( $> 150$ НВ)	2 000	1 800	—	—	1,310
Сталь автоматная (140—230 НВ)	3 000	2 700	—	—	1,960
Сталь инструментальная легированная (210—240 НВ)	6,40	5,75	—	—	5,250
Сталь аустенитного класса (210—240 НВ)	6,40	5,75	—	—	5,250
Серый чугун (140—240 НВ)	17 000	15 400	87 000	78 000	14 500
Ковкий чугун (120—200 НВ)	21 400	19 000	108 700	97 900	18 100
Бронза средней твердости	56	50	—	—	—
Алюминий и его сплавы	80	72	—	—	—
Латунь	48	53	—	—	—

Площадь сечения среза каждым зубом,  $\text{мм}^2$ ,  $f_z = ab = s_z t$ ; площадь сечения среза всеми зубьями  $f = s_0 t$ .

В зависимости от значений  $s_0$  и  $t$  по нормативам [208] рассчитывают силы резания, а в зависимости от сил и скорости — мощность резания.

**Зенковки**

**Зенковки цилиндрические.** Основные типы и размеры стандартных зенковок приведены в табл. 10.22.

Зенковки отличаются наличием направляющей цапфы с углом  $\varphi$ , равным  $90^\circ$ , четырьмя зубьями у всех типов. В остальном кон-

**10.22. Основные типы и размеры цилиндрических зенковок для обработки опорных поверхностей под крепежные детали (ГОСТ 12876—67) с направляющими цапфами под сквозные отверстия (ГОСТ 11284—75)**

Тип и основные размеры	Эскиз
<p>Тип 1, с постоянной направляющей цапфой и цилиндрическим хвостовиком (ГОСТ 15599—70)</p> <p><math>d = 2,3 \div 14</math> мм; <math>d_{ц} = 1,2 \div 8,4</math> мм; <math>d_1 = 3 \div 14</math> мм; <math>L = 40 \div 100</math> мм; <math>l = 2,5 \div 7</math> мм; <math>l_1 = 6 \div 20</math> мм</p>	
<p>Тип 2, со сменной направляющей цапфой и коническим хвостовиком (ГОСТ 15599—70)</p> <p><math>d = 11 \div 40</math> мм; <math>L = 125 \div 250</math> мм; <math>d_1 = 4 \div 10</math> мм; конус Морзе № 1—4</p>	
<p>Тип 3, насадные (ГОСТ 15599—70)</p> <p><math>d = 34 \div 63</math> мм; <math>L = 40 \div 50</math> мм; <math>d_1 = 10 \div 22</math> мм</p>	
<p>Тип 4, со сменной направляющей цапфой и хвостовиком под штифтовый замок (ГОСТ 15599—70)</p> <p><math>d = 11 \div 63</math> мм; <math>L = 60 \div 110</math> мм; <math>l = 25 \div 50</math> мм; <math>d_{ц} = 4 \div 16</math> мм; <math>d_0 = 10 \div 40</math> мм</p>	
<p>Примечание. Цапфы направляющие к зенковкам — по ГОСТ 15601—70, винты — по ГОСТ 1477—75, оправки — по ГОСТ 15602—70.</p>	

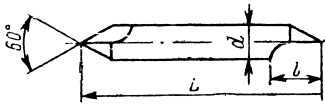
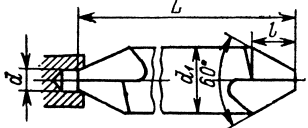
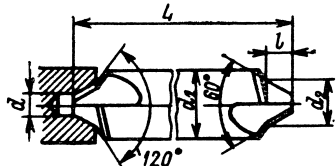
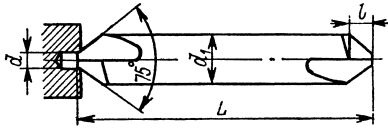
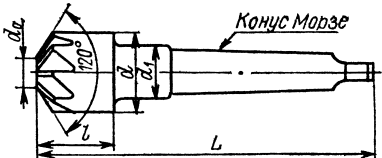
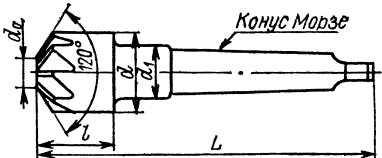

струкция зенковок аналогична конструкции зенкеров. Кроме стандартных, используют зенковки для станков с ЧПУ (ОСТ 2И-25-2—80) с цилиндрическим ( $d = 15 \div 24$  мм) и коническим хвостовиком ( $d = 15 \div 40$  мм), а также зенковки, оснащаемые твердосплавными пластинами. Угол наклона стружечных канавок зенковок из быстрорежущих сталей —  $15^\circ$ , зенковок, оснащенных твердым сплавом —  $10^\circ$  (совпадает с углом врезания пластины, т. е.  $\gamma = 10^\circ$ ). Предельные отклонения диаметров стандартных зенковок приве-

**10.23. Предельные отклонения диаметров зенковок**

Диаметр зенковки, мм	Предельные отклонения, мкм	
	верхнее	нижнее
2,3—2,9	+180	+120
3,3—6,0	+240	+160
7,0—10,0	+300	+200
11,0—18,0	+360	+240
19,0—30,0	+420	+280
32,0—50,0	+500	+340
52,0—63,0	+600	+400



10.24. Основные типы и размеры конических зенковок (ГОСТ 14953—69)

Тип и основные размеры	Эскиз
<p>Зенковки центровочные для центровых отверстий <math>60^\circ</math>, тип 1  <math>d = 5; 8</math> мм; <math>L = 50; 60</math> мм; <math>l = 10; 12</math> мм</p>	
<p>Зенковки центровочные для центровых отверстий <math>60^\circ</math> без предохранительного конуса, тип 2  <math>d = 2 \div 6,3</math> мм; <math>d_1 = 5 \div 16</math> мм; <math>L = 45 \div 71</math> мм; <math>l = 3 \div 9,5</math> мм</p>	
<p>Зенковки центровочные для центровых отверстий <math>60^\circ</math> с предохранительным конусом <math>120^\circ</math>, тип 3  <math>d = 0,8 \div 6,3</math> мм; <math>d_1 = 5 \div 25</math> мм; <math>d_2 = 1,55 \div 12,5</math> мм; <math>L = 35,5 \div 71</math> мм; <math>l = 0,82 \div 6,5</math> мм</p>	
<p>Зенковки центровочные для центровых отверстий <math>75^\circ</math> без предохранительного конуса, тип 4  <math>d = 2,0; 2,5</math> мм; <math>d_1 = 6,3; 8</math> мм; <math>L = 45; 50</math> мм; <math>l = 3,1; 3,9</math> мм</p>	
<p>Зенковки для центровых отверстий <math>60^\circ</math> с коническим хвостовиком, тип 5  <math>d = 16 \div 63</math> мм; <math>L = 110 \div 120</math> мм; <math>d_0 = 3 \div 12</math> мм; <math>d_1 = 14 \div 40</math> мм; <math>l = 30 \div 65</math> мм; конус Морзе № 1—4</p>	
<p>Зенковки для центровых отверстий <math>75^\circ</math> с коническим хвостовиком, тип 6  <math>d = 32 \div 63</math> мм; <math>L = 145 \div 200</math> мм; <math>d_0 = 6 \div 12</math> мм; <math>d_1 = 22 \div 40</math> мм; <math>l = 40 \div 55</math> мм; конус Морзе № 2—4</p>	
<p>Зенковки для центровых отверстий <math>120^\circ</math> с коническим хвостовиком, тип 7  <math>d = 16 \div 63</math> мм; <math>L = 100 \div 190</math> мм; <math>d_0 = 4 \div 16</math> мм; <math>d_1 = 14 \div 40</math> мм; <math>l = 20 \div 40</math> мм; конус Морзе № 1—4</p>	

дены в табл. 10.23. Режимы обработки выбираются аналогично режимам обработки для зенкоров, но подача принимается в 2 раза меньшей.

**Зенковки конические.** Основные типы и размеры их (ГОСТ 14953—69) приведены в табл. 10.24. Они применяются для доработки центровых отверстий после сверления.

Материал зенковок с цилиндрической державкой — быстрорежущая сталь. Зенковки с коническим хвостовиком — сварные,

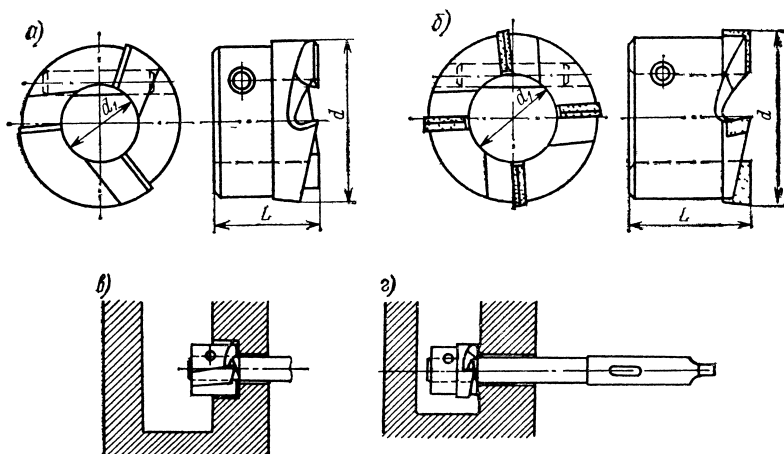


Рис. 10.23. Зенковки-подрезки обратные

рабочая часть из быстрорежущей стали приваривается к хвостовику из стали марки 45 или 40X. Твердость рабочей части зенковок составляет 61—64 HRC<sub>a</sub> ( $d \leq 3,15$  мм) или 62—65 HRC<sub>a</sub> ( $d > 3,15$  мм).

Передние углы режущей части зенковок всех типов и углы  $\lambda$  равны 0. Задние углы зенковок типов 1—4 равны задним углом центровых сверл, а у зенковок типов 5—7  $\alpha = 12^\circ$ . Допуск биения режущих кромок зенковок типов 1—4 — 0,03 ( $d \leq 3,15$  мм) или 0,04 мм ( $d > 3,15$  мм). Допуск биения режущих кромок зенковок типов 5—7 — 0,05 мм.

Режимы резания выбираются по центровочным сверлам.

**Зенковки-подрезки обратные.** На рис. 10.23, а приведены зенковки-подрезки односторонние и двусторонние из быстрорежущих сталей (МН 727—60), а на рис. 10.23, б — оснащенные пластинами из твердых сплавов (МН 729—60).

Размеры зенковок-подрезок: рис. 10.23, а —  $d = 25 \div 100$  мм;  $d_1 = 10 \div 50$  мм;  $L = 24 \div 55$  мм; рис. 10.23, б —  $d = 25 \div 95$  мм;  $d_1 = 11 \div 52$  мм;  $L = 28 \div 70$  мм.

Зенковки предназначены для обработки торцовых поверхностей, приливов, бобышек, отверстий под головки винтов и т. д. (см. рис. 10.23, в, г).

## 10.9. Развертки

Развертки цилиндрические предназначены для чистовой обработки отверстий 6—10-го квалитетов точности с параметром шероховатости обработанной поверхности  $R_a \leq 2,5$  мкм при обработке стальными и  $R_a \leq 0,63$  мкм при обработке твердосплавными развертками.

Развертки конические служат для образования конических отверстий под штифты, конусы и т. д.

Обозначение разверток по ОКП приведено в табл. 10.25.

Развертки состоят из рабочей части и корпуса (хвостовика).  
Материал разверток:

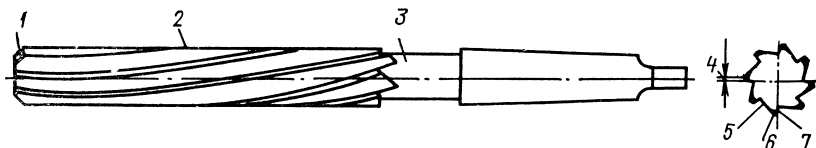


Рис. 10.24. Элементы конструкции разверток: 1, 2 — режущая и калибрующая части; 3 — корпус (хвостовик); 4 — ленточка; 5 — стружечная канавка; 6 — задняя поверхность зуба; 7 — передняя поверхность зуба

ручные цельные (корпус и рабочая часть из одного материала) — сталь марки 9ХС или быстрорежущая сталь (диаметр разверток до 13 мм), машинные цельные — быстрорежущая сталь (диаметр разверток до 10,0 мм);

ручные сварные и машинные сварные или напайные — рабочая часть — сталь 9ХС, быстрорежущая сталь, твердый сплав (машинные развертки), корпус — сталь 45 или 40Х;

сборные развертки; ножи — быстрорежущая сталь, корпус — стали марок У7 и У8.

Твердость рабочей части разверток: из стали 9ХС — 61—63 HRC<sub>9</sub> ( $d < 8$  мм) или 62—64 HRC<sub>9</sub> ( $d > 8$  мм), из быстрорежущей стали 61—63 HRC<sub>9</sub> ( $d \leq 6$  мм) или 62—65 HRC<sub>9</sub> ( $d > 6$  мм).

Твердость корпуса сварных разверток из стали 40Х — 35—45 HRC<sub>9</sub>, сборных разверток 35—45 HRC<sub>9</sub>, напайных разверток 30—40 HRC<sub>9</sub> (у концевых — на длине стружечных канавок, у насадных на всей длине корпуса).

Твердость квадратов хвостовиков лапок 30—45 HRC<sub>9</sub> или 35—55 HRC<sub>9</sub> (у цельных разверток).

Точность изготовления цилиндрических хвостовиков h7, конуса Морзе по АТ7 для цилиндрических машинных разверток и АТ8 — для остальных.

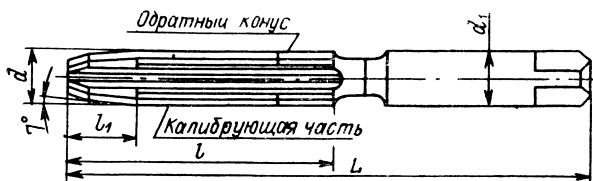
**Развертки цилиндрические.** Основные типы и размеры цилиндрических стандартных разверток приведены в табл. 10.26. Основные элементы разверток приведены на рис. 10.24. Рабочая часть имеет стружечные канавки — прямые ( $\omega = 0$ ) или винтовые ( $\omega = \pm 25^\circ$ ), разделяющие зубья разверток. Число зубьев (ка-

## 10.25. Обозначение разверток по ОКП

Группа 1700 Развертки	
Подгруппа	Вид
1710 — развертки из инструментальных сталей ручные	1711 — цельные с прямыми канавками 1712 — цельные с винтовыми канавками 1713 — разжимные 1714 — сборные регулируемые
1720 — развертки из быстрорежущей стали машинные с цилиндрическим и коническим хвостовиками	1721 — с цилиндрическим хвостовиком 1722 — с коническим хвостовиком цельные 1723 — с коническим хвостовиком сборные 1724 — с цилиндрическим хвостовиком и удлиненной рабочей частью 1725 — с коническим хвостовиком и удлиненной рабочей частью
1730 — развертки из быстрорежущей стали машинные насадные	1731 — цельные 1732 — сборные
1740 — развертки твердосплавные (кроме специальных и к станкам с ЧПУ)	1741 — с цилиндрическим хвостовиком цельные 1742 — с коническим хвостовиком цельные 1744 — с коническим хвостовиком с напайными пластинками 1745 — насадные с напаянными пластинками 1746 — насадные сборные с напаянными пластинками
1750 — развертки конические	1751 — с конусностью 1 : 50, 1 : 30, 1 : 20 1754 — под конусы Морзе 1755 — с конусностью 1 : 16 1756 — с другими конусностями
1760 — развертки котельные, однозубые, специальные	1761 — котельные 1762 — однозубые (однокромочные, однолезвийные одностороннего резания) твердосплавные 1768 — специальные из быстрорежущей стали 1769 — специальные твердосплавные
1790 — развертки для станков с ЧПУ	1791 — для станков с ЧПУ из быстрорежущей стали 1792 — для станков с ЧПУ твердосплавные

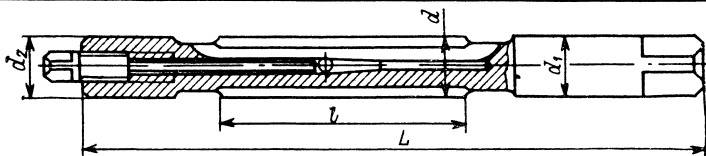
## 10.26. Основные типы и размеры цилиндрических разверток

Наименование, тип и основные размеры



Развертки ручные цилиндрические (ГОСТ 7722—77)

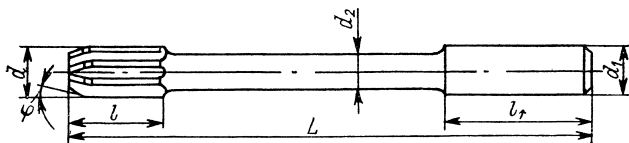
$d = 3 \div 40$  мм;  $d_1 = 3 \div 40$  мм;  $L = 62 \div 305$  мм;  $l = 31 \div 152$  мм;  
 $l_1 = 10 \div 42$  мм;  $z = 6$  при  $d \leq 10$  мм;  $z = 8$  при  $10 \text{ мм} < d < 30$  мм;  
 $z = 10$  при  $30 \text{ мм} < d < 35$  мм;  $z = 12$  при  $d \geq 35$  мм



Развертки ручные разжимные (ГОСТ 3509—71)

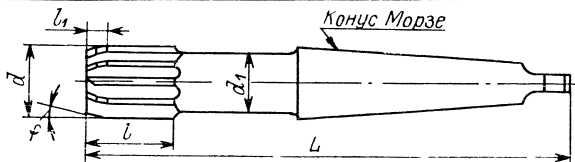
$d = 8 \div 50$  мм;  $L = 110 \div 380$  мм;  $d_1 = 8 \div 50$  мм;  $d_2 = 7,7 \div 49,7$  мм;  
 $z = 6$  при  $d \leq 10$  мм;  $z = 8$  при  $10 \text{ мм} < d < 30$  мм;  $z = 10$  при  $30 \text{ мм} < d \leq 45$  мм;  
 $z = 12$  при  $d > 45$  мм

Регулирование по диаметру не менее 0,16 мм при  $d = 8 \div 10$  мм; 0,25 мм при  $d = 10 \div 20$  мм; 0,40 мм при  $d = 20 \div 30$  мм; 0,5 мм при  $d > 30$  мм



Развертки машинные цельные тип I (ГОСТ 1672—71)

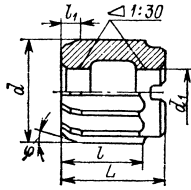
$d = 3,0 \div 9,0$  мм;  $d_1 = 3,0 \div 9,0$  мм;  $L = 60 \div 100$  мм;  $l = 10,0 \div 16,0$  мм;  
 для  $d \leq 8$  мм и  $\varphi = 5^\circ$   $l_1 = 2,0$  мм; для  $d \leq 8$  мм и  $\varphi = 15^\circ$   $l_1 = 1,0$  мм;  
 для  $d = 9$  мм и  $\varphi = 15^\circ$   $l_1 = 4,5$  мм; для  $d = 9$  мм и  $\varphi = 15^\circ$   $l_1 = 2,5$  мм



Развертки машинные цельные, тип II (ГОСТ 1672—71)

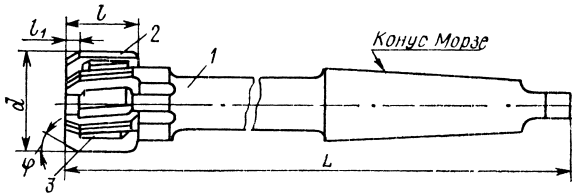
$d = 10 \div 32$  мм;  $L = 140 \div 240$  мм;  $d_1 = 8 \div 23$  мм;  $l = 16 \div 25$  мм; конус Морзе № 1—3;  $z = 6$  при  $d = 10$  мм;  $z = 8$  при  $d \leq 28$  мм;  $z = 10$  при  $d \geq 30$  мм; для  $d = 10 \div 30$  мм и  $\varphi = 5^\circ$   $l_1 = 4,5$  мм; для  $d > 30$  мм и  $\varphi = 5^\circ$   $l_1 = 6,5$  мм; для  $d = 10 \div 30$  мм и  $\varphi = 15^\circ$   $l_1 = 2,5$  мм; для  $d > 30$  мм и  $\varphi = 15^\circ$   $l_1 = 3,5$  мм; для  $d = 10 \div 30$  мм и  $\varphi = 45^\circ$   $l_1 = 1,0$  мм; для  $d > 30$  мм и  $\varphi = 45^\circ$   $l_1 = 1,5$  мм

## Наименование, тип и основные размеры



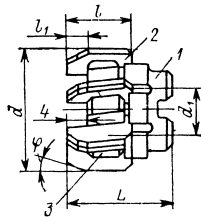
Развертки машинные цельные насадные, тип III (ГОСТ 1672—71)

$d = 25 \div 50$  мм;  $d_1 = 13 \div 22$  мм;  $L = 30 \div 42$  мм;  $l = 22 \div 30$  мм;  $z = 8$  при  $d \leq 30$  мм;  $z = 10$  при  $30 \text{ мм} \leq d \leq 35$  мм;  $z = 12$  при  $d \geq 35$  мм;  $\varphi = 5; 15; 45^\circ$ ; значения  $l_1$  те же, что в предыдущем случае



Развертки машинные со вставными ножами из быстрорежущей стали, тип I (ГОСТ 883—71); 1 — корпус; 2 — нож; 3 — клин

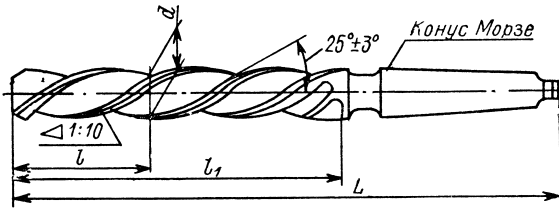
$d = 32 \div 50$  мм;  $L = 243 \div 319$  мм;  $l = 32 \div 50$  мм;  $z = 6$ ;  $\varphi = 5; 15; 45^\circ$ ; значения  $l_1$  те же, что в предыдущем случае



Развертки машинные со вставными ножами из быстрорежущей стали, насадные, тип II (ГОСТ 883—71); 1 — корпус; 2 — нож; 3 — клин

$d = 40 \div 100$  мм;  $L = 49 \div 74$  мм;  $d_1 = 16 \div 40$  мм;  $l = 28 \div 40$  мм;  $z = 6$  для  $d \leq 55$  мм;  $z = 8$  для  $d = 58 \div 78$  мм;  $z = 10$  для  $d > 78$  мм;  $\varphi = 5; 15; 45^\circ$ ; для  $d \leq 50$  мм  $l_1$  те же, что в предыдущем случае; для  $d > 50$  мм и  $\varphi = 45^\circ$   $l_1 = 2$  мм; для  $d > 50$  мм и  $\varphi = 15^\circ$   $l_1 = 4,5 \div 5$  мм; для  $d > 50$  мм и  $\varphi = 5^\circ$   $l_1 = 8 \div 9$  мм

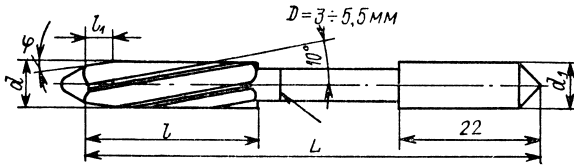
Наименование, тип и основные размеры



Развертки котельные машинные с левыми винтовыми канавками и коническим хвостовиком для обработки отверстий под заклепки для корабельных и мостовых работ (ГОСТ 18121—72)

$d = 6,4 \div 40,0$  мм;  $L = 155 \div 375$  мм;  $l = 30 \div 92$  мм;  $l_1 = 75 \div 230$  мм;  $z = 4$ ; конус Морзе № 1—4

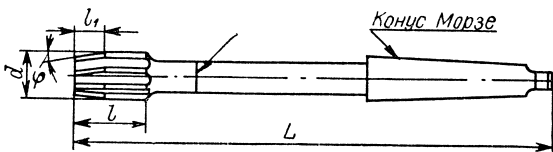
Тип 2



Развертки машинные цельные из твердого сплава с цилиндрическим хвостовиком с прямыми или винтовыми канавками (ГОСТ 16086—70)

$d = 3 \div 10$  мм;  $L = 60 \div 100$  мм;  $l = 12 \div 20$  мм;  $d_1 = 3 \div 9$  мм;  $l_1 = 1 \div 5,0$  мм;  $\varphi = 5; 15; 45^\circ$ ;  $z = 4; 6$

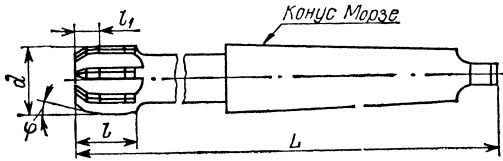
Тип 1



Развертки машинные цельные с коническим хвостовиком из твердого сплава с прямыми или винтовыми канавками (ГОСТ 16087—70)

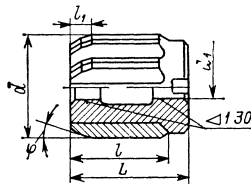
$d = 6,5 \div 12$  мм;  $L = 120 \div 150$  мм;  $l = 18 \div 22$  мм;  $l_1 = 1 \div 5,0$ ;  $z = 4; 6$ ;  $\varphi = 5; 15; 45^\circ$

## Наименование, тип и основные размеры



Развертки машинные, оснащенные пластинами из твердого сплава, с коническим хвостовиком, тип I (ГОСТ 11175—71)

$d = 10 \div 32,0$  мм;  $L = 140 \div 240$  мм;  $l = 16 \div 22$  мм;  $z = 4$  для  $d \leq 15$  мм;  $z = 6$  для  $d > 15$  мм; конус Морзе № 1—3; для  $\varphi = 45^\circ$   $l_1 = 1$  мм; для  $\varphi = 15^\circ$   $l_1 = 2,5$  мм; для  $\varphi = 5^\circ$   $l_1 = 4,5$  мм



Развертки машинные, оснащенные пластинами из твердого сплава, насадные, тип II (ГОСТ 11175—71)

$d = 32 \div 50$  мм;  $L = 40 \div 55$  мм;  $d_1 = 13 \div 22$  мм;  $l = 32$  мм;  $z = 6$  для  $d \leq 34$  мм;  $z = 8$  для  $d = 35 \div 40$  мм;  $z = 10$  для  $d > 40$  мм; для  $\varphi = 45^\circ$   $l_1 = 1,5$  мм; для  $\varphi = 15^\circ$   $l_1 = 3,5$  мм; для  $\varphi = 5^\circ$   $l_1 = 6,5$  мм

навок) разверток зависит от их конструкции (для стандартных разверток оно приводится в таблице, для конструкций, аналогичных стандартным, число зубьев можно принять равным стандартному или определить по графикам на рис. 10.25).

Расположение зубьев по окружности может быть равномерным или неравномерным, различие значений центральных углов, ограничивающих зубья, может достигать  $30^\circ$  (у стандартных разверток  $0,5—5^\circ$ ).

Форма зубьев в сечении, перпендикулярном к оси развертки, представлена на рис. 10.26. Передняя поверхность обычно прямолинейна ( $\omega = 0$ ;  $\gamma = 0$ ). Ленточка ( $f = 0,05 \div 0,4$  мм) выполнена по цилиндру.

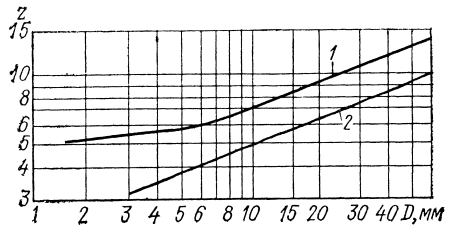


Рис. 10.25. Зависимость числа зубьев развертки от диаметра обработки: 1 — для разверток из быстрорежущей стали; 2 — для разверток, оснащенных твердым сплавом



Наружный диаметр, измеренный в начале калибрующей части, должен соответствовать диаметру обрабатываемого отверстия, расположение допусков и поле допуска на диаметр должны учитывать разбивку отверстия во время обработки, уменьшение размера при переточках и т. д. В связи с этим поле допуска на диа-

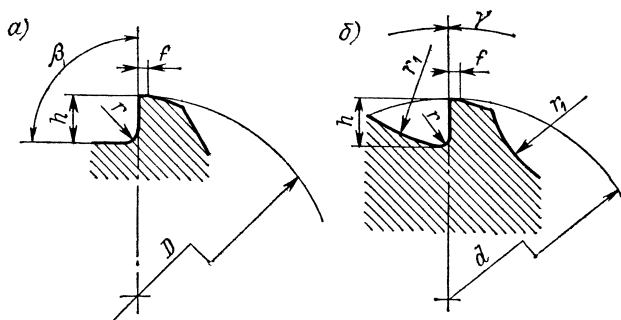


Рис. 10.26. Форма зуба разверток: а — ломаная, выпуклая; б — вогнутая

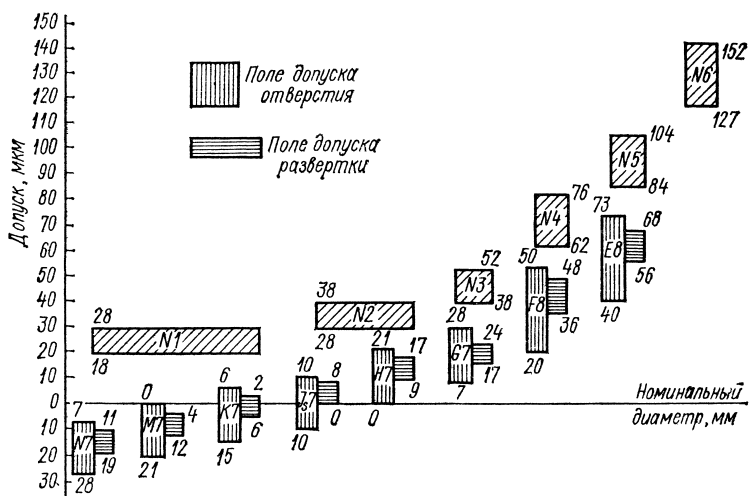


Рис. 10.27. Схема расположения допусков на отверстия и развертки для их обработки

метр развертки следует смещать к верхнему пределу поля допуска отверстия (оставляя запас на разбивку).

Допуски на диаметр доведенных разверток приведены в ГОСТ 13779—77, ГОСТ 7722—77, с припуском под доводку номеров 1—6 — в ГОСТ 11173—76.

Примеры значений полей допусков на развертки для отверстий под посадку Н различных квалитетов приведены в табл. 10.27.

Поля допусков разверток для отверстий с другими посадками одного качества точности остаются постоянными и равными табличным значениям. Положение полей допусков определяется следующей зависимостью: верхнее положение размера развертки должно отстоять от верхнего размера отверстия одного качества и посадки на 0,15 поля допуска отверстия. Поле допуска на развертку приблизительно равно 0,35 поля допуска отверстия (рис. 10.27).

По направлению к хвостовику наружный диаметр уменьшается не более чем на 0,5 допуска на диаметр.

Режущая часть разверток должна быть заточена. Параметры шероховатости поверхностей режущей и калибрующей частей разверток приведены в табл. 10.28.

Допуск биения зубьев режущей части приведен в табл. 10.29, допуск радиального биения зубьев калибрующей части — в табл. 10.30.

*Режущая часть* разверток имеет форму, зависящую от условий обработки. На рис. 10.28 приведены варианты заточки режущей части разверток. На рис. 10.28, а — наиболее простая форма,

10.27. Поля допусков на наружный диаметр разверток

Наружный диаметр, мм	Поле допуска (верхнее отклонение/нижнее отклонение), мкм						
	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12
1—3	+5 +2	+8 +4	+11 +6	+21 +12	+34 +20	+51 +30	+85 +50
3—6	+6 +3	+10 +5	+15 +8	+25 +14	+40 +23	+63 +36	+102 +60
6—10	+7 +3	+12 +6	+18 +10	+30 +17	+49 +28	+76 +44	+127 +74
10—18	+9 +5	+15 +8	+22 +12	+36 +20	+59 +34	+97 +54	+153 +90
18—30	+11 +6	+17 +9	+28 +16	+44 +25	+71 +41	+110 +64	+178 +104
30—50	+13 +7	+21 +12	+33 +19	+52 +30	+85 +50	+136 +80	+212 +124
50—80	+16 +9	+25 +14	+39 +22	+62 +36	+102 +60	+161 +94	+255 +150
80—120	+18 +10	+29 +16	+45 +26	+73 +42	+119 +70	+187 +110	+277 +174

**10.28. Параметры шероховатости  $R_z$ , мкм,  
поверхности режущей части разверток**

Поверхность	Чистовые развертки		Развертки с припуском под доводку	
	Квалитет отверстия		Номер развертки	
	6; 7—9	10; 11	1—3	4—6
Передняя поверхность развертки или ножа	1,6	$\frac{3,2}{1,6}$	$\frac{1,6}{3,2}$	3,2
Задняя поверхность режущей части и ленточка на калибрующей части	$\frac{1,6}{0,8; 1,6}$	3,2		
Задняя поверхность калибрующей части	6,3			
<p>Примечание. В числителе приведены значения для разверток из быстрорежущих сталей, в знаменателе — значения для разверток, оснащенных твердым сплавом (если эти значения отличаются от первых).</p>				

**10.29. Допуски биений зубьев режущей части разверток, мкм**

Диаметр развертки, мм	Для разверток доведенных, класса точности/квалитета				Для разверток с припуском под доводку номеров	
	1/6	2,2a/7; 8	3; 3a/9; 10	4/1	1—3	4—6
<i>Развертки стальные</i>						
3—10	10	12	16	20	16	20
10—30	12	16	20	25	20	25
Св. 30	16	20	25	32	25	32
<i>Развертки цельные твердосплавные</i>						
1—6	—	10	12	—	12	15
6—10	—	12	16	—	16	20
10—12	—	16	20	—	20	25

применяемая в стандартных развертках ( $\varphi = 45^\circ$ ). Задняя поверхность затачивается наостро или с оставлением ленточки. Развертки с углом  $\varphi < 45^\circ$  имеют дополнительную фаску  $s \times 45^\circ$  (рис. 10.28, б). Получают распространение развертки с ломаной режущей кромкой (рис. 10.28, в) или с криволинейной кромкой (рис. 10.28, г). При обработке вязких материалов, в том числе коррозионно-стойких и жаропрочных сталей применяют кольцевую форму режущей части. Размеры  $d_1 = d - 0,2$  мм;  $d_2 = d - 0,5$  мм или устанавливаются опытным путем (рис. 10.28, д).

### 10.30. Допуски радиального биения зубьев калибрующей части, мкм

Диаметр развертки, мм	Для разверток доведенных, класса точности/качества				Для разверток с при- пуском под доводку номеров	
	1/6	2,2а/7; 8	3; 3а/9, 10	4/11	1—3	4—6
<i>Развертки стальные</i>						
3—10	6	8	10	12	10	12
10—30	8	10	12	16	12	16
Св. 30	10	12	16	20	16	20
<i>Развертки цельные твердосплавные</i>						
1—6	—	6	8	—	8	10
6—10	—	8	10	—	10	12
10—12	—	10	12	—	12	16

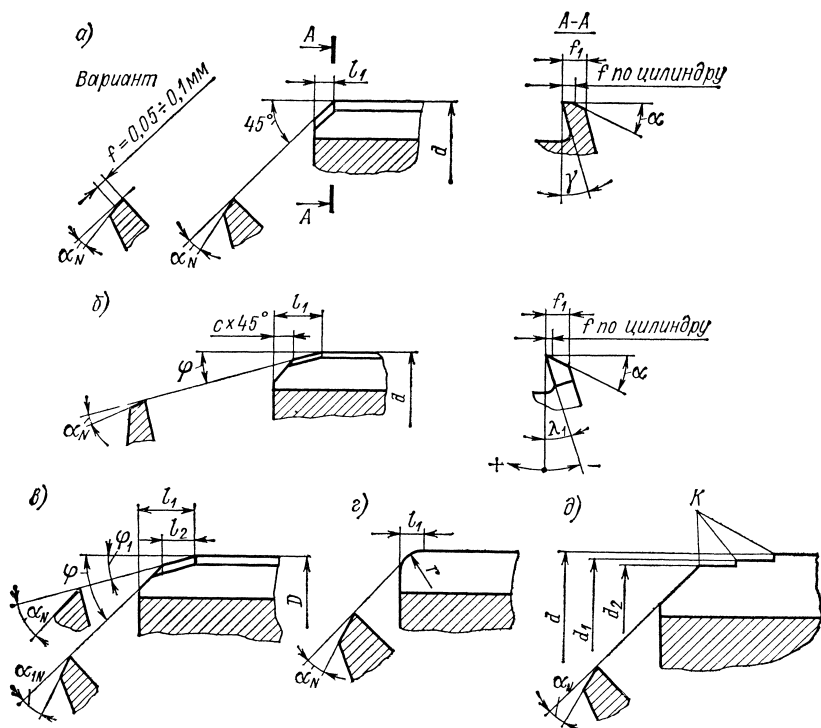


Рис. 10.28. Форма и геометрические параметры режущей части разверток

### 10.31. Значение коэффициента $C_s$

Обрабатываемый материал	Группа подач			Обрабатываемый материал	Группа подач		
	I	II	III		I	II	III
Сталь твердостью: <160 НВ 160—240 НВ >240 НВ	0,20 0,16 0,12	0,15 0,12 0,09	0,10 0,08 0,06	Чугун твердостью > 170 НВ Цветные металлы: мягкие твердые	0,20 0,20 0,33	0,15 0,15 0,25	0,10 0,10 0,16

Примечание. I группа подач — предварительное развертывание после сверления или зенкерования; II группа — чистовое развертывание после черного развертывания или растачивания; III группа — чистовое развертывание под дальнейшую отделку или развертывание отверстий 8-го качества без предварительного развертывания.

Углы в плане:  $\varphi = 1^\circ$  для ручных разверток с прямыми канавками для сквозных отверстий,  $\varphi = 6^\circ$  — для ручных разверток с винтовыми канавками,  $\varphi$  равно 5; 15 или  $45^\circ$  — для машинных разверток для хрупких, вязких материалов и работы в упор в глухих отверстиях соответственно. Передний угол в большинстве случаев  $\gamma = 0$ , при обработке вязких материалов  $\gamma = 7 \div 10^\circ$ .

Задние углы  $\alpha$ ,  $\alpha_N$ ,  $\alpha_{1N}$  принимают значения от 6 до  $15^\circ$ . При обработке углеродистых и легированных сталей с  $\sigma_B = 500$  МПа, а также при обработке титана  $\alpha = 6 \div 10^\circ$ , при обработке алюминиевых сплавов  $\alpha = 10 \div 15^\circ$ .

Процесс развертывания отличается рядом особенностей: уменьшенными припусками на обработку; увеличенным числом зубьев, участвующих одновременно в работе;

малой толщиной и большой шириной стружки, пониженными в этой связи нагрузками на каждую кромку;

надежным направлением развертки по отверстию за счет цилиндрической калибрующей части;

ориентацией развертки по отверстию при врезании режущей части (для обеспечения самоустановки развертки по отверстию применяют «плавающие» патроны, удлиненные оправки для крепления разверток и т. д.).

Режимы резания, силы резания и мощность при развертывании приведены в нормативах [210] или могут быть рассчитаны по формулам, приведенным ниже.

Подача, мм/об.,

$$s_0 = C_s d^{0,7},$$

где  $C_s$  — постоянная (определяется по табл. 10.31). Ориентировочно  $s_0 = 0,5 \div 1,8$  мм/об. — при обработке стали развертками  $d = 10 \div 100$  мм;  $s_0 = 0,75 \div 2,7$  мм/об — при обработке чугуна.

10.32. Режимы резания развертками цельными твердосплавными при глубине развёртывания  $(1 \div 3) d$

Обрабатываемый материал	Диаметр отверстия, мм	Скорость, м/мин	Подача на зуб, мм	Глубина, мм
Высокопрочная сталь с $\sigma_B = 1600 \div 2000$ МПа	От 1 до 6 Св. 6 » 10 » 10 » 12	15—25 25—30 30—35	0,04	0,05 0,10 0,15
Жаропрочная и коррозионно-стойкая стали с $\sigma_B = 550 \div 600$ МПа	От 1 до 6 Св. 6 » 10 » 10 » 12	15—20 20—25 25—35	0,06	0,05 0,10 0,15
Жаропрочные сплавы с $\sigma_B = 1000$ МПа	От 1 до 6 Св. 6 » 10 » 10 » 12	10—15 15—20 20—30	0,05	0,05 0,10 0,15
Серый чугун (180—220 НВ)	От 1 до 6	25	0,06	0,05
	Св. 6 до 10 » 10 » 12	30	0,08	0,10 0,15

Припуск на обработку  $t = 0,15 \div 0,5$  мм на сторону в зависимости от диаметра.

Скорость резания, м/мин

$$v = \frac{C_v d^q \text{HB}^{\pm n_v}}{T m^t x_v y_v} k_v,$$

где  $k_v = 1$  — для стали Р6М5;  $k_v = 0,6$  — для стали 9ХС;  $n_v = 0,9$  — при обработке сталей и  $n_v = 1,3$  — при обработке чугунов. Значения  $C_v$  приведены в табл. 10.21, значения  $q, m, x_v, y_v$  — в табл. 10.20.

Значения средней стойкости,  $T$ , мин:  $T \approx 2d$  — при обработке отверстий в стальных заготовках и  $T \approx 3d$  — при обработке отверстий в чугуне.

Ориентировочные значения  $v$ , м/мин:  $v = 4 \div 10$  — при работе стальными развертками и  $v = 5 \div 12$  — при работе развертками с пластинами твердого сплава.

Ориентировочные режимы резания развертками цельными твердосплавными приведены в табл. 10.32.

Параметр шероховатости отверстий  $R_a \leq 0,63$  мкм, точность отверстий до 7-го квалитета.

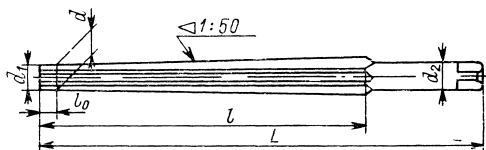
Силы резания, момент и мощность резания помимо нормативов могут быть ориентировочно рассчитаны через сечение среза одним зубом по формулам для резцов и пересчитаны на  $z$  зубьев.

**Развертки конические.** Основные типы и размеры конических стандартных разверток приведены в табл. 10.33. В зависимости

### 10.33. Основные типы и размеры конических разверток

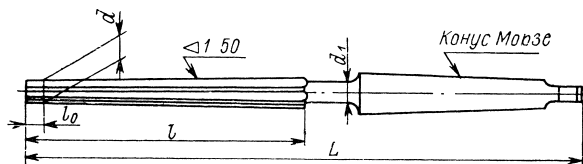
Наименование, тип, основные размеры, эскиз

Исполнение 1



Развертки конические конусностью 1 : 50 с цилиндрическим хвостовиком для обработки отверстия под конические штифты, исполнение 1 (ГОСТ 11177—71)

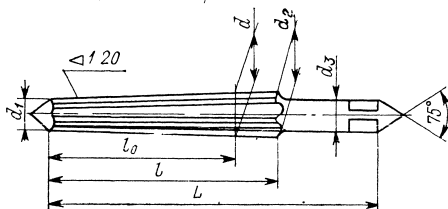
$d = 3 \div 20$  мм;  $d_1 = 2,9 \div 19,9$  мм;  $d_2 = 4,5 \div 22,4$  мм;  $L = 65 \div 370$  мм;  $l = 40 \div 320$  мм;  $l_0 = 5$ ;  $z = 5$  для  $d \leq 6$  мм;  $z = 7$  для  $d > 6$  мм



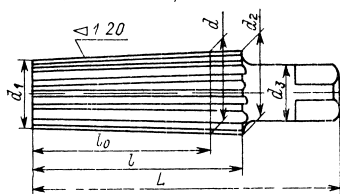
Развертки конические конусностью 1 : 50 с коническим хвостовиком для обработки отверстий под конические штифты, исполнение 1 (ГОСТ 10081—71)

$d = 6 \div 32$  мм;  $d_1 = 7,0 \div 30$  мм;  $L = 165 \div 385$  мм;  $l = 85 \div 235$  мм;  $l_0 = 5$  мм для  $d \leq 20$  мм;  $l_0 = 10$  мм для  $d = 20$  мм;  $z = 5$  для  $d = 6$  мм;  $z = 7$  для  $d = 8 \div 25$  мм;  $z = 9$  для  $d = 32$  мм; конус Морзе № 1—4

Для диаметров 4 и 6 мм



Для диаметров 80 и 100 мм

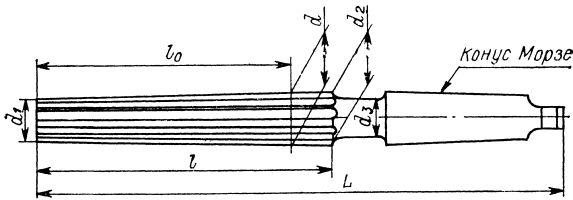


Развертки конические с цилиндрическим хвостовиком под метрические конусы конусностью 1 : 20, чистовые и предварительные (ГОСТ 11183—71)

Для метрических конусов	Размеры, мм							Число зубьев для разверток	
	$d$	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$L$	$l$	$l_0$	предварительных	чистовых
4	4,0	2,9	4,5	4,0	50	32	22	5	6
6	6,0	4,5	6,6	5,0	65	42	30	5	6
80	80,0	70,9	82,0	56,0	340	222	182	13	14
100	100,0	89,3	102,3	71,0	385	260	214	13	16

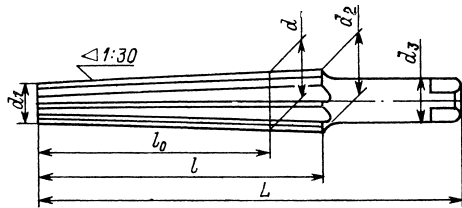
Наименование, тип, основные размеры, эскиз

Исполнение 1



Развертки конические с коническим хвостовиком с прямыми и винтовыми канавками для обработки отверстий под конусы Морзе, чистовые и предварительные (ГОСТ 10079—71)

Размеры см. для разверток по ГОСТ 11182 —71, конусы Морзе № 1—5



Развертки конические конусностью 1 : 30 с цилиндрическим хвостовиком для обработки посадочных отверстий насадных зенкеров и разверток (ГОСТ 11184—71)

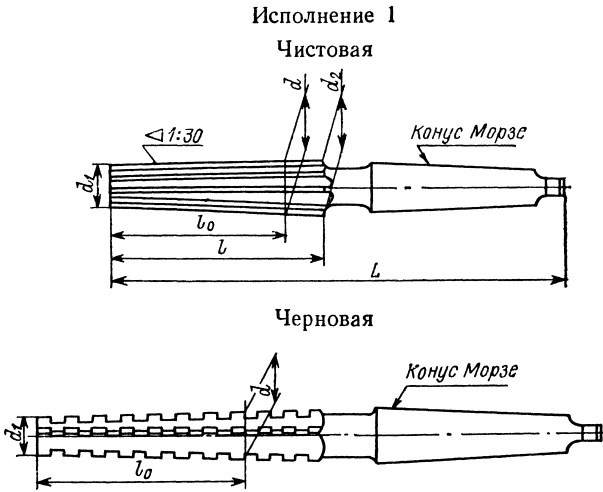
$d = 13,0 \div 60,0$  мм;  $d_1 = 10,9 \div 54,9$  мм;  $d_2 = 13,6 \div 61$  мм;  $d_3 = 11,2 \div 40,0$  мм;  $L = 120 \div 270$  мм;  $l = 80 \div 184$  мм;  $l_0 = 62 \div 154$  мм;  $z = 7 \div 13$

Развертки конические с цилиндрическим хвостовиком под конусы Морзе, чистовые и предварительные (ГОСТ 11182—71)

Для конусов Морзе	Размеры, мм							Число зубьев для разверток	
	$d$	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$L$	$l$	$l_0$	предварительных	чистовых
0	9,045	6,547	9,878	8,0	95	64	48	5	6
1	12,065	9,571	12,913	10,0	100	67	50	5	7
2	17,780	14,733	18,729	14,0	125	80	61	5	7
3	23,825	20,010	24,879	20,0	150	97	76	7	9
4	31,267	26,229	32,462	25,0	180	120	97	7	9
5	44,399	37,873	45,767	35,5	230	150	124	9	11
6	63,348	54,380	65,069	45,0	310	205	172	11	13



Название, тип, основные размеры, эскиз



Развертки конические конусностью 1 : 30 с коническим хвостовиком для обработки посадочных отверстий насадных зенкеров и разверток (ГОСТ 10082—71)

$d = 13 \div 40$  мм;  $d_1 = 10,9 \div 35,8$  мм;  $d_2 = 13,6 \div 41,0$  мм;  $L = 160 \div 300$  мм;  $l = 80 \div 156$  мм;  $l_0 = 62 \div 126$  мм;  $z = 7 \div 11$ ; конус Морзе № 1—4

У черновой развертки направление стружкоразделительных канавок — левое

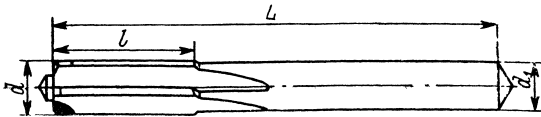


Рис. 10.29. Развертки цилиндрические твердосплавные фирмы «Хам» (ФРГ)

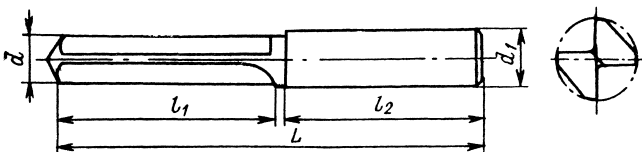


Рис. 10.30. Сверла-развертки

от угла и размеров конуса изменяется нагрузка на развертку, поэтому развертки выпускаются как одноштучными (конусность 1 : 50), так и комплектами из двух-трех штук.

Отличительными особенностями конических разверток являются отсутствие калибрующей цилиндрической части, удлиненная режущая часть с малыми углами  $\varphi$  (в соответствии с углом конуса), тонкие и очень широкие стружки при обработке отверстий. Для разделения стружек у черновых комплектных разверток режущие кромки выполняются прерывистыми.

Режущая часть разверток из-за очень тонких стружек должна быть острозаточенной. Параметр шероховатости передних и задних поверхностей режущей части  $R_a \leq 0,63$  мкм — для шлифованных и  $R_a \leq 0,32$  мкм — для доведенных разверток. Допуск радиального биения зубьев при проверке в центрах — 0,02 мм при  $d < 20$  мм и 0,03 мм при  $d > 20$  мм. На задней поверхности зубьев допускается ленточка шириной не более 0,05 мм.

**Специальные конструкции разверток.** *Развертки цилиндрические твердосплавные четырехзубые*, оснащенные пластинами из сверхтвердых материалов (рис. 10.29) фирмы «Хам» (ФРГ). Пластины закрепляются в уголках двух противоположных зубьев. Материал пластин — амборит или CBN. Диаметр разверток  $d = 4 \div 20$  мм, длина  $L = 60 \div 195$  мм. Развертки предназначены для обработки труднообрабатываемых материалов.

*Сверла-развертки* цельнотвердосплавные и с монолитной рабочей частью, припаянной к стальному хвостовику (рис. 10.30) рекомендуются для одновременного сверления и развертывания отверстий диаметром от 2 до 20 мм в деталях из чугуна или алюминиевых сплавов, выпускаются фирмой «Тангалой» (Япония). С их помощью можно получить поверхности с  $R_a = 1 \div 2$  мкм — при обработке чугуна и  $R_a = 1 \div 3$  мкм — при обработке алюминиевых сплавов.

*Развертки регулируемые ручные* (ТУ 2-035-478—76) предназначены для обработки предварительно подготовленных отверстий. Восемь разверток обеспечивают обработку отверстий в диапазоне диаметров 15,25—38,00 мм. Каждая развертка обрабатывает и регулируется в пределах от 2 до 4,5 мм. Общая длина разверток 170—310 мм.