ОПД 06 Процессы формообразования и инструменты

Практическая работа № 8

Тема: Расчет и конструирование спирального сверла
(4 часа)

Цель: Научиться определять геометрические параметры спирального сверла

Порядок выполнения:

1. Ознакомиться с теоретическими сведениями
2. Выполнить практические задания
3. Ответить на контрольные вопросы в **письменном** виде
4. Представить **отчет по практической работе и ответы** на контрольные вопросы на проверку в течение трех дней со дня получение задания.

С уважением, ***Гнатюк Ирина Николаевна***.
При необходимости вопросы можно задать по телефону: 072-136-54-46
Работы отправлять на электронную почту ira.gnatyuk.60@inbox.ru

Теоретические сведения

Пример расчета геометрических параметров сверла

Рассчитать сверло из быстрорежущей стали с коническим хвостовиком для операции сверления сквозного отверстия диаметром 23,9 мм глубиной 1 = 50 мм в верхней плите вырубного штампа. Обрабатываемый материал – сталь 20 ($\sigma_в$ = 450МПа)

Решение:

1.Определяем диаметр сверла. По ГОСТ **10903-77** принимаем диаметр сверла D=23,9мм
2.По таблице 1 приложения принимаем материал инструмента – быстрорежущая сталь марки **Р18.**
3. По нормативам на сверление из таблиц 2 и 3 определяем режим резания:
находим подачу s=0,39…0,47мм/об (табл.2);
принимаем s=0,4 мм/об.
Скорость резания v=32 м/мин (табл.3)
4.Определяем осевую силу P_x (Н) по формуле
$P_x = 9{,}81 C_p D^q P_s^y K_p$

По таблице 5 выписываем значения коэффициента и показателей степеней : C_p = 68, q=1,0, y=0,7,

По таблицам 7 и 8 определяем поправочный коэффициент Кр :

$K_p = (\frac{\sigma_в}{750})^n$ (табл.7)

n= 0,75 (табл.8)

$K_p = (\frac{450}{750})^{0,75} = 0,682$

P_x = 9,81 x 68 x 23,9 x $0,4^{0,7}$ x 0,682 = 5,850 кН

Определяем момент сил сопротивления резанию (крутящий момент) по формуле:

$M_{с.р.} = 9,81 C_м D^q s^y K_м$

По таблице 5 находим значения:

$C_м$ = 0,0345, q = 2,0, y = 0,8,

Поправочный коэффициент $K_м = K_р = (\frac{450}{750})^{0,75} = 0,682$

$M_{с.р.}$ = 9,81 x 0,0345 x $23,9^{2,0}$ x 0,682 = 64,2 Нм

Определяем номер конуса хвостовика сверла. Момент трения между хвостовиком и втулкой находим по формуле:

$$M_{тр} = \frac{\mu Px(d1 + d2)}{4\sin\theta(1 - 0,04\theta)}$$

Приравниваем момент трения максимальному моменту сил сопротивления резанию при работе затупившимся сверлом; этот момент в 3 раза больше, чем момент, полученный при расчете для нормальной работы сверла: $M_{тр} = 3\ M_{с.р.}$

Находим средний диаметр конуса хвостовика:

$$d_{ср} = \frac{d1 + d2}{2} \quad \text{или} \quad d_{ср} = \frac{6McpSIN\theta}{\mu Px(1 - 0,04\Delta\theta)}$$

где $M_{с.р}$ = 64,2Нм,

P_x = 5,85 кН,

μ = 0,096 – коэффициент трения стали по стали,

$\theta = 1^o 26' 16''$ - половина угла конуса,

$\Delta\theta = 5'$ - отклонение угла конуса, отсюда

$d_{ср}$ = 6 x 63,6 x $\sin 1^o 26' 16''$ / 0,096 x 5810(1-0,2) = 0,0217м = 21,7мм

По СТ СЭВ 147-75 (таблица 9) принимаем ближайший больший конус Морзе №3 с лапкой, имеющий следующие основные конструктивные размеры:

D_1 =24,1мм, D_2 = 19,1мм, l_{4max} = 99,0мм.

Остальные размеры хвостовика указываются на чертеже

Конструктивные размеры сверла выбираем по ГОСТ 10903-77 (таблица 10)

Для d= 23,9 мм (диаметр сверла) принимаем

L = 281 мм, (длина сверла)

l =160 мм (длина рабочей части)

7. Геометрические и конструктивные размеры режущей части сверла определяем по таблице 11

Для обработки углеродистой стали сверлом из быстрорежущей стали принимаем:

угол наклона винтовой канавки $\omega = 30^o$,

углы между режущими лезвиями $2\varphi = 118^o$; $2\varphi_o = 70^o$,

задний угол $\alpha = 12^o$,

угол наклона поперечного лезвия $\psi = 55^o$,
размеры подточки: А = 25мм, l = 5мм,

Шаг винтовой канавки $H = \frac{\pi D}{tg\omega} = \frac{3{,}14 * 23{,}9}{tg30^0} = 130{,}1$мм

Выбираем толщину сердцевины сверла:
$d_c = 0{,}14D = 0{,}14 \times 23{,}9 = 3{,}34$ мм,
Утолщение сердцевины по направлению к хвостовику принимаем равным 1,5 мм.
Обратная конусность сверла на длине 100мм рабочей части равна 0,08мм.
По таблице 12 выбираем ширину ленточки f_o = 1,6мм и высоту затылка по спинке К = 0,7мм.
Ширину пера В определяем из соотношения
$B = 0{,}58D = 0{,}58 \times 23{,}9 = 13{,}9$мм.
Геометрические элементы профиля фрезы для фрезерования канавки сверла определяем упрощенным аналитическим методом. Большой радиус профиля
$R_o = C_R C_г C_ф D$,

где $C_R = 0{,}026*2\ \varphi \sqrt[3]{\frac{2\varphi}{\omega}} = 0{,}026*118\sqrt[3]{\frac{118}{30}} = 0{,}493$

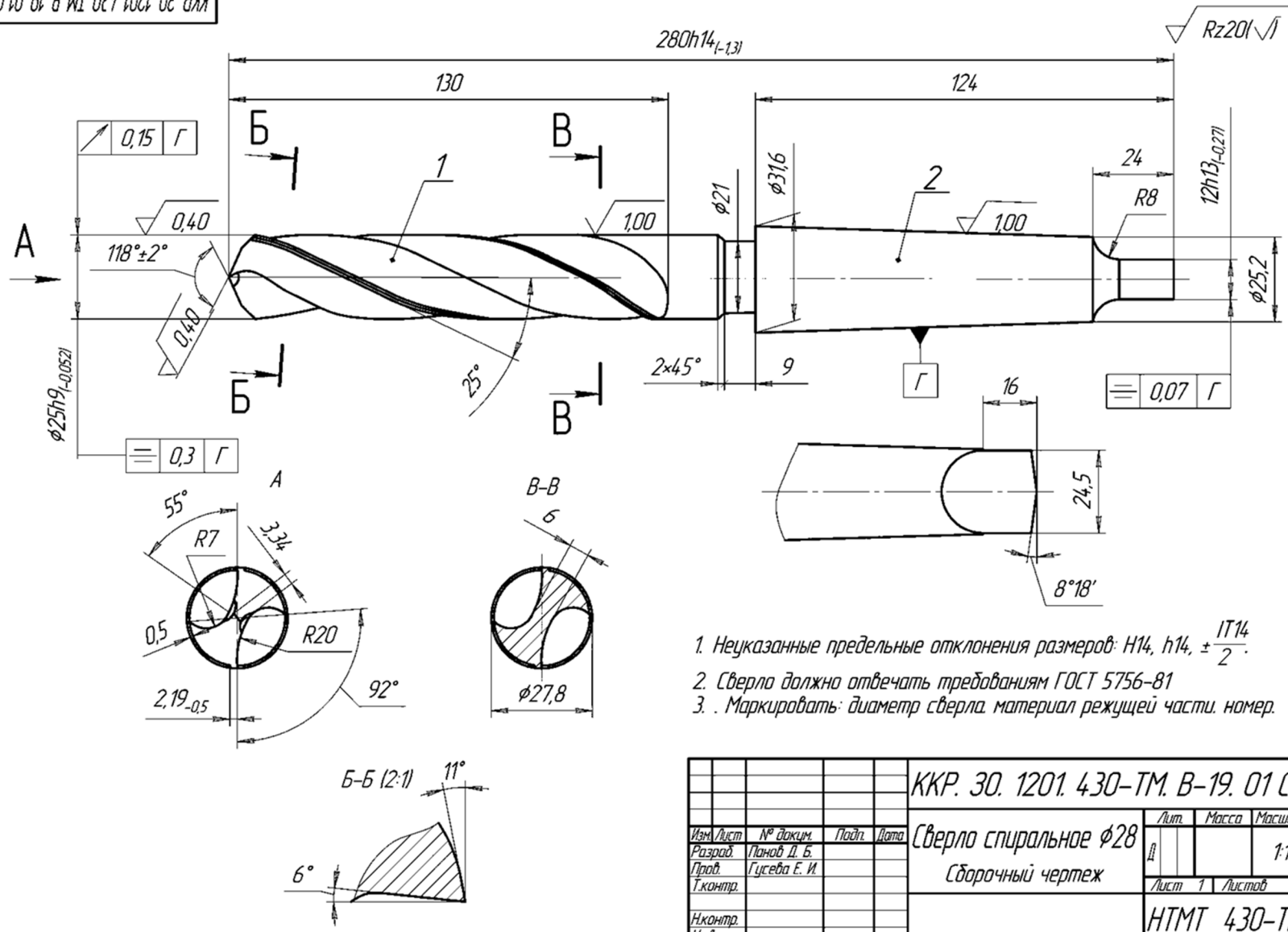
$C_г = (\frac{0{,}14D}{d_c})^{0{,}044} = 1{,}0$

При диаметре фрезы, равном $D=13\sqrt{D}$ $C_ф = (13\sqrt{\frac{D}{D_ф}})^{0{,}9} = 1{,}0$

Следовательно, $R_o = 0{,}493 * 23{,}9 = 11{,}75$мм
Меньший радиус профиля $R_M = C_k D$,
где $C_k = 0{,}051\ \omega^{0{,}75} = 0{,}015 \times 30^{0{,}75} = 0{,}191$. Следовательно,
$R_M = 0{,}191 \times 23{,}9 = 4{,}55$мм
Ширина профиля $B = R_o + R_M = 16{,}30$мм
По найденным размерам строим профиль канавочной фрезы .
13.Основные технические требования и допуски на сверло устанавливаем по ГОСТ 885-77.

Предельные отклонения диаметров сверла (ГОСТ 885-77) $D=23{,}9_{-0{,}052}$. Допуск на общую длину и длину рабочей части сверла равен удвоенному допуску по 14-му квалитету точности с симметричным расположением предельных отклонений.

Предельные отклонения размеров конуса Морзе должны соответствовать степени точности АТ8 по ГОСТ 2848-75. Радиальное биение рабочей части сверла относительно оси хвостовика не должно превышать 0,15мм. Предельные отклонения на угол: 2φ равно $+2^o$, на угол $2\varphi_o$ равно $+5^o$. Предельные отклонения винтовой канавки ω равно -2°; размеров подточки режущей части сверла +5мм. Твердость рабочей части сверла HRC 62…65. Твердость лапки хвостовика сверла HRC 30…45.



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: H14, h14, $\pm\frac{IT14}{2}$.
2. Сверло должно отвечать требованиям ГОСТ 5756-81
3. . Маркировать: диаметр сверла. материал режущей части. номер.

					ККР. 30. 1201. 430-ТМ. В-19. 01 СБ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Сверло спиральное ϕ28	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Панов Д. Б.				Д		1:1
Пров.		Гусева Е. И.			Сборочный чертеж	Лист 1	Листов 1	
Т.контр.						НТМТ 430-ТМ		
Н.контр.								
Утв.								

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

ККР. 30. 1201. 430-ТМ. В-19. 01 СБ

Копировал

Формат А3

СПРАВОЧНЫЕ ТАБЛИЦЫ

Таблица 1 - Марки инструментального материала для сверления в зависимости от обрабатываемого материала

Характер и условия обработки	Производительность инструментального материала	Обрабатываемый материал		
		Сталь	Чугун	Сплавы цветные
Сплошное сверление	Наивысшая	Т14К8; Р18*	ВК6; Р18	Р18
	Средняя	Т5К10; Р18*	ВК6; Р18	Р18
	Пониженная	ВК8; Р18*	ВК8; Р18	Р18
Рассверливание	Наивысшая	Т15К6; Р18*	ВК2; ВК3; Р18	Р18
	Средняя	Т15К6; Р18*	ВК6; Р18	Р18
	Пониженная	Т14К6; Р18*	ВК6; Р18	Р18

*При одно- и многоинструментальной обработке в случае невозможности обеспечения достаточной скорости резания

Таблица 2 - Подачи при сверлении стали сверлами из стали Р18

Диаметр сверла D в мм до	Предел прочности при растяжении $\sigma_в$ в Мпа					
	До 800			Св. 800		
	I	II	III	I	II	III
	Подача S в мм/об					
2	0,05-0,06	0,04-0,05	0,03-0,04	0,04-0,05	0,03-0,04	0,02-0,03
4	0,08-0,10	0,06-0,08	0,04-0,05	0,06-0,08	0,04-0,06	0,03-0,04
6	0,14-0,18	0,11-0,13	0,07-0,09	0,10-0,12	0,07-0,09	0,05-0,06
8	0,18-0,22	0,13-0,17	0,09-0,11	0,13-0,15	0,09-0,11	0,06-0,08
10	0,22-0,28	0,16-0,20	0,11-0,13	0,17-0,21	0,13-0,15	0,08-0,11
13	0,25-0,31	0,19-0,23	0,13-0,15	0,19-0,23	0,14-0,18	0,10-0,12
16	0,31-0,37	0,22-0,27	0,15-0,19	0,22-0,28	0,17-0,21	0,12-0,14
20	0,35-0,43	0,26-0,32	0,18-0,22	0,26-0,32	0,20-0,24	0,13-0,17
25	0,39-0,47	0,29-0,35	0,20-0,24	0,29-0,35	0,22-0,26	0,14-0,18
30	0,45-0,55	0,33-0,41	0,22-0,28	0,32-0,40	0,24-0,30	0,16-0,20
30-60	0,6-0,7	0,45-0,55	0,30-0,35	0,4-0,5	0,30-0,35	0,20-0,25

Поправочные коэффициенты на подачу в зависимости от глубины сверления (для I группы подач)				
Глубина сверления в диаметрах сверла	3D	5D	7D	10D
Коэффициент K_1	1,0	0,9	0,8	0,75

Технологические факторы выбора подач

I группа подач. Сверление отверстий в жестких деталях без допуска или с допуском до 8-го квалитета точности под последующую обработку сверлом, зенкером или резцом.

II группа подач. Сверление отверстий в деталях средней жесткости (тонкостенные детали коробчатой формы, тонкие выступающие детали и т.п.) без допуска или с допуском до 8-го квалитета точности под последующую обработку сверлом, зенкером или резцом.

III группа подач. Сверление точных отверстий при последующей обработке развертками.; сверление отверстий, ось которых не перпендикулярна плоскости

Таблица 3 - Скорость резания при сверлении стали сверлами из стали Р18

		Подача S в мм/об								
		0,11	0,13	0,16	0,20	0,27	0,36	0,49	0,66	0,88
Форма заточки	Диаметр сверла D в мм до	Скорость резания V в м/мин								
Двойная ДП	20	-	-	37	32	27,5	24	20,5	17,7	15
	30	-	-	-	37	32	27,5	24	20,5	17,7
	60	-	-	-	-	37	32	27,5	24	20,5
Нормальная Н и НП	4,6	32	27,5	24	20,5	17,7	15	13	11	9,5
	9,6	-	32	27,5	24	20,5	17,7	15	13	11
	20	-	-	32	27,5	24	20,5	17,7	15	13
	30	-	-	-	32	27,5	24	20,5	17,7	15
	60	-	-	-	-	32	27,5	24	20,5	17,7
Комбинированное центровочное сверло		Диаметр сверла в мм					2,5		3 – 5	
		Скорость резания в м/мин					15		18	

Поправочные коэффициенты на скорость резания в зависимости от обрабатываемого материала (K_1) и длины отверстия (K_2)									
Обрабатываемая углеродистая сталь									
Марки сталей	10-25	30, 35, 40			45, 50				
Предел прочности $\sigma_в$ в МПа	560	510-750	610-830	750-980	560-750	610-830	750-980	970-1100	1020-1160
Твердость НВ	До 156	143-207	170-229	207-269	156-207	170-229	207-269	269-302	285-321
Коэффициент K_1	0,7	1,0	0,9	0,8	1,0	0,8	0,7	0,7	0,65
Длина отверстия в диаметрах сверла		3D		5D		7D		10D	
Коэффициент K_2		1,0		0,9		0,8		0,75	

Таблица 4 - Подачи при сверлении чугуна сверлами с пластинами из твердого сплава

Диаметр сверла D в мм до	Группа твердости по НВ			
	Чугун ковкий и серый		Чугун серый	
	НВ до 229		НВ свыше 229	
	Группа подач			
	I	II	I	II
	Подача S в мм/об			
8	0,22-0,28	0,18-0,22	0,18-0,22	0,13-0,17
12	0,30-0,36	0,22-0,28	0,25-0,30	0,18-0,22
16	0,35-0,40	0,25-0,30	0,28-0,34	0,20-0,25
20	0,40-0,48	0,27-0,30	0,32-0,38	0,23-0,28
24	0,45-0,55	0,33-0,38	0,38-0,43	0,27-0,33
26	0,50-0,60	0,37-0,44	0,40-0,46	0,32-0,38
30	0,55-0,65	0,40-0,50	0,45-0,50	0,36-0,44

Поправочные коэффициенты на подачу в зависимости от глубины сверления (для I группы подач)			
Длина отверстия в диаметрах сверла	3D	5D	7D
Коэффициент K_1	1,0	0,9	0,8

Технологические факторы выбора подач (см. примечания к табл. 2)

Таблица 5 - Значения коэффициента и показателей степеней в формулах крутящего момента и осевой силы при сверлении и рассверливании

<table>
<tr><th rowspan="3">Обрабатываемый материал</th><th rowspan="3">Наименование операции</th><th rowspan="3">Материал режущей части инструмента</th><th colspan="8">Коэффициент м показатели степени</th></tr>
<tr><th colspan="4">В формуле крутящего момента</th><th colspan="4">В формуле осевой силы</th></tr>
<tr><th>См</th><th>q</th><th>x</th><th>y</th><th>Ср</th><th>q</th><th>x</th><th>y</th></tr>
<tr><td>Сталь конструкционная и стальное литье $\sigma_в$ = 750Мпа</td><td rowspan="2">Сверление рассверливание</td><td rowspan="4">Быстрорежущая сталь</td><td>0,0345</td><td>2,0</td><td>-</td><td rowspan="2">0,8</td><td>68</td><td>1,0</td><td>-</td><td rowspan="3">0,7</td></tr>
<tr><td>Сталь жаропрочная</td><td>0,09</td><td>1,0</td><td>0,9</td><td>37,8</td><td>-</td><td>1,2</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Чугун серый НВ 190</td><td rowspan="3">Сверление</td><td>0,041</td><td rowspan="2">2,0</td><td rowspan="3">-</td><td>0,7</td><td>143</td><td rowspan="2">1,0</td><td rowspan="3">-</td></tr>
<tr><td>0,021</td><td rowspan="4">0,8</td><td>42,7</td><td>0,8</td></tr>
<tr><td>Твердый сплав</td><td>0,012</td><td>2,2</td><td>42,0</td><td>1,2</td><td>0,75</td></tr>
<tr><td>Рассверливание</td><td rowspan="2">Быстрорежущая сталь</td><td>0,085</td><td>1,0</td><td>0,75</td><td>23,5</td><td>-</td><td>1,2</td><td>0,4</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Чугун ковкий НВ 150</td><td rowspan="3">Сверление</td><td>0,021</td><td>2,0</td><td rowspan="3">-</td><td>43,3</td><td>1,0</td><td rowspan="3">-</td><td>0,8</td></tr>
<tr><td>Твердый сплав</td><td>0,01</td><td>2,2</td><td>32,5</td><td>1,2</td><td>0,75</td></tr>
<tr><td>Медные сплавы НВ 100-140</td><td>Быстрорежущая сталь</td><td>0,012</td><td>2,0</td><td>31,5</td><td>1,0</td><td>0,8</td></tr>
</table>

Таблица 6 - Скорость резания при сверлении чугуна сверлами с пластинами из твердого сплава

Группа твердости по НВ	Подача S в мм/об					
143-229	0,13	0,19	0,28	0,41	0,6	-
170-255	-	0,13	0,19	0,28	0,41	0,6
197-269	-	-	0,13	0,19	0,28	0,41
Диаметр сверла D в мм до	Скорость резания V в м/мин					
8	82	72	64	57	51	45
12,5	92	82	72	64	57	51
20	103	92	82	72	64	57
30	118	105	94	83	74	65
Поправочные коэффициенты на скорость резания в зависимости от глубины сверления						
Длина отверстия в диаметрах сверла		3D	4D	5D	6D	8D
Коэффициент K_1		1,0	0,85	0,75	0,7	0,6

Таблица 7 - Формулы расчета поправочного коэффициента Кр , учитывающего влияние механических свойств материала

Коэффициент Кр при обрабатываемом материале		
Сталь	Чугун	
	серый	ковкий
$Кр = (\frac{\sigma_в}{750})^n$	$Кр = (\frac{HB}{190})^n$	$Кр = (\frac{HB}{150})^n$

Примечание: Показатель степени n см. в табл. 6

Таблица 8 - Показатель степени в формулах расчета поправочного коэффициента Кр, учитывающего влияние механических свойств материала

Обрабатываемый материал	Тангенциальная составляющая Pz		Крутящий момент M и осевая сила Po при сверлении и рассверливании		Окружная сила резания при фрезеровании Pz	
	Твердый сплав	Быстрорежущая сталь	Твердый сплав	Быстрорежущая сталь	Твердый сплав	Быстрорежущая сталь
Сталь конструкционная и стальное литье: $\sigma_в < 600$Мпа	0,75	0,35	0,75		0,3	
$\sigma_в > 600$Мпа		0,75				
Чугун серый и ковкий	0,4	0,55	0,6		1,0	0,55

Таблица 9 - Основные размеры наружных инструментальных конусов Морзе с лапкой, мм

Обозначение величины конуса	Конусы Морзе						
	0	1	2	3	4	5	6
	При конусности						
	1:19,212 =0,05205	1:20,047 = 0,04988	1:20,020 = 0,04995	1:19,922 = 0,05020	1:19,254 = 0,05194	1:19,002 = 0,05263	1:19,180 = 0,05214
D	9,045	12,065	17,780	23,825	31,267	44,399	63,348
D_1	9,2	12,2	18,0	24,1	31,6	44,7	63,8
d_2	6,1	9,0	14,0	19,1	25,2	36,5	52,4
$d_{3\ max}$	6,0	8,7	13,5	18,5	24,5	35,7	51,0
$l_{3\ max}$	56,5	62,0	75,0	94,0	117,5	149,5	210,0
$l_{4\ max}$	59,5	65,5	80,0	99,0	124,0	156,0	218,0
a	3,0	3,5	5,0	5,0	6,5	6,5	8,0
bh13	3,9	5,2	6,3	7,9	11,9	15,9	19,0
c	6,5	8,5	10,0	13,0	16,0	19,0	27,0
e_{max}	10,5	13,5	16,0	20,0	24,0	29,0	40,0
R	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	10,0	13,0
R_1	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5	3,0	4,0
v	0,06	0,06	0,065	0,065	0,07	0,07	0,07

Таблица 10 - Сверла спиральные с коническим хвостовиком (ГОСТ 10903-77)

d	L	l	d	L	l
5,0-5,2	133	52	26,75-28,0	291	170
5,8-6,0	138	57	28,25-30,0	296	175
6,2-6,6	144	63	30,25-31,5	301	180
6,8-7,5	150	69	31,75	306	185
7,6-8,5	156	75	32,0-33,5	334	185
8,8-9,5	162	81	34,0-35,5	339	190
9,8-10,5	168	87	35,75-37,5	344	195
10,8-11,8	175	94	38,0-40,0	349	200
1,20-13,2	182	101	40,5-42,5	354	205
13,5-14,0	189	108	43,0-45,0	359	210
14,25-15,0	212	120	45,25-47,5	364	215
15,25-16,0	218	120	48,0-50,0	369	220
16,25-17,0	223	125	50,5	374	225
17,25-18,0	228	130	51,0-53,0	412	225
18,25-19,0	233	135	54,0-56,0	417	230
19,25-20,0	238	140	57,0-59,0	422	235
20,25-21,0	243	145	60,0-63,0	427	240
21,25-22,25	248	150	64,0-67,0	432	245
22,5-23,0	253	155	68,0-71,0	437	250
23,25-23,5	276	155	72,0-75,0	442	255
23,75-25,0	281	160	76,0	447	260
25,25-26,5	286	165	77,0-80,0	514	260

Таблица 11 - Геометрические и конструктивные размеры режущей части сверла из быстрорежущей стали

Обрабатываемый материал	HB	2φ	ψ	α	ω
Автоматная конструкционная сталь	170-196	118	45-55	12-15	24-32
Инструментальная сталь	240-400	118-150		7-15	
Нержавеющая и жаропрочная сталь	-	127	50-55	12-14	31-35
Чугун	100-400	90-150	45-55	7-15	24-32
Титановые сплавы	-	135-140	50-55	12	30
Медь	80-85	100-118	45-55	12-15	28-40
Медные сплавы	-	118-150	50-55		10-40
Алюминиевые сплавы	-	90-140	45-55	12-17	24-50
Магниевые сплавы	-	70-118	45-60	12	10-50

Таблица 12 - Рекомендуемые ширина ленточки f_0 и высота затылка по спинке К спиральных сверл, мм

Диаметр сверла D	Ширина ленточки f_0	Высота затылка по спинке К	Диаметр сверла D	Ширина ленточки f_0	Высота затылка по спинке К
0,55-0,75	0,2	0,1	15-20	1,2	0,6
0,8-1,0	0,3		20-25	1,6	0,7
1,1-2,0	0,4		25-30	1,8	0,8
2-5	0,6	0,15	30-35	1,8	0,9
5-8	0,7	0,2	35-40	2,0	
8-10	0,8	0,3	40-45	2,3	1,0
10-12	0,9	0,4	45-50	2,6	1,2
12-15	1,0		50-80	3,0	1,5

Задание

1. Ознакомиться с примером расчета и проектирования спирального сверла
2. Рассчитать и сконструировать спиральное сверло
3. Выполнить рабочий чертеж спирального сверла
4. Ответить на контрольные вопросы

Исходные данные	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Диаметр отверстия d,мм	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
Обрабатываемый материал	сталь	СЧ20	сталь	СЧ30	сталь	ВЧ50	сталь	ВЧ40	сталь	СЧ45
Предел прочности материала $\sigma_в$,МПа	400	200	450	300	350	500	450	400	550	450
Глубина сверления l, мм	50	80	100	120	140	160	140	120	100	80

Контрольные вопросы:

1. Каковы основные геометрические параметры спирального сверла?
2. Как определить силу резания при сверлении и момент сил сопротивления резанию (крутящий момент)?
3. Какие параметры сверла можно определить по ГОСТ 10903-77?
4. Как выбрать номер конуса Морзе хвостовика сверла?