

Расчет режимов резания с помощью нормативно–справочной литературы

Режимы резания устанавливаются в следующем порядке:

1. Определение глубины резания t мм и числа проходов i . При черновой обработке весь припуск целесообразно снимать за один проход (в ряде случаев, когда имеется лимит мощности станка, бывает выгодно снимать припуск за несколько проходов). Целесообразность этого должна определяться сравнительным расчетом продолжительности оперативного времени. Деление припусков на несколько проходов производится также при получистовом и чистовом точении, а также при обработке резцами с дополнительной режущей кромкой ($\phi_1=0$).
2. Выбор подачи S мм/об. Подача выбирается в зависимости от площади сечения державки резца, диаметра обработки и глубины резания. Выбранная подача проверяется на допустимость по мощности электродвигателя, прочности державки резца, прочности пластин из твердого сплава и от заданной чистоты поверхности.
3. Определение нормативной скорости резания V , м/мин, и соответствующей ей частоты вращения n , об/мин. По значению скорости выбирается необходимая частота вращения шпинделя, которая корректируется по паспорту станка.
4. Определяются усилия и мощности резания по выбранным значениям t , S и V .
5. Проверка возможности осуществления выбранного режима резания на заданном станке по его эксплуатационным данным. Если найденный режим не может быть осуществлен на заданном станке, а выбранная подача удовлетворяет, необходимо уменьшить скорость резания. Уменьшение скорости V осуществляется вводом поправочного коэффициента изменения скорости K_v в зависимости от отношения мощности на шпинделе, допустимой станком, к мощности по нормативам.
6. Корректировка выбранного режима по станку в соответствии с его паспортными данными.

ЗАДАНИЕ №1

Расчет режима резания при точении аналитическим способом

Точение широко распространенный метод обработки резанием тел вращения.

Применяется для удаления наружных, внутренних и торцовых поверхностных слоев заготовок (цилиндрических, конических и фасонных). Рассматривают следующие виды точения:

- 1) черновое точение ("обдирка") – удаление дефектных слоев заготовки, разрезка, отрезка и подрезка торцов заготовки. Срезается поверхностная "корка" и основная (>70%) часть припуска на обработку, позволяет получать шероховатость 50...12,5 Ra;
- 2) получистовое точение – снятие 20...25% припуска и позволяет получать шероховатость 6,3...3,2 Ra и точность 10...11-го квалитетов. Заготовка получает форму, близкую к детали.
- 3) чистовое точение – обеспечивает получение шероховатости 3,2...1,6 Ra и точность 7–9 квалитетов. Деталь получает окончательную форму и размеры;
- 4) тонкое точение – позволяет при срезании очень тонких стружек получать на поверхностях детали шероховатость 0,40...0,20 Ra и точность 5–7-го квалитетов.

Определение режимов резания состоит в выборе по заданным условиям обработки наивыгоднейшего сочетания глубины резания, подачи и скорости резания, обеспечивающих наименьшую трудоемкость и себестоимость выполнения операции.

Обработка заготовки точением осуществляется при сочетании двух движений: равномерного вращательного движения детали – движения резания (или главное движение) и равномерного поступательного движения резца вдоль или поперек оси детали – движение подачи. К элементам режима резания относятся:

глубина резания t , подача S , скорость резания V .

Глубина резания – величина срезаемого слоя за один проход, измеренная в направлении, перпендикулярном обработанной поверхности, т.е. перпендикулярном направлению подачи. При

черновой обработке, как правило, глубину резания назначают равной всему припуску, т.е. припуск срезают за один проход:

$$t = z = \frac{D - d}{2}$$

где z – припуск, мм;

D – диаметр заготовки, мм;

d – диаметр детали, мм.

При чистовой обработке припуск зависит от требований точности и шероховатости обработанной поверхности.

Подача – величина перемещения режущей кромки инструмента относительно обработанной поверхности в направлении подачи за единицу времени (минутная подача S_m) или за один оборот заготовки. При черновой обработке назначают максимально возможную подачу исходя из жесткости и прочности системы СПИД, прочности пластинки, мощности привода станка; при чистовой обработке – в зависимости от требуемой степени точности и шероховатости обработанной поверхности.

Скорость резания – величина перемещения точки режущей кромки инструмента относительно поверхности резания в направлении движения резания за единицу времени. Скорость резания зависит от режущих свойств инструмента и может быть определена при точении по таблицам нормативов [2] или по эмпирической формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot K_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}$$

где C_V – коэффициент, учитывающий условия обработки;

m, x, y – показатели степени;

T – период стойкости инструмента;

t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об;

K_V – обобщенный поправочный коэффициент, учитывающий изменения условий обработки по отношению к табличным:

$$K_V = K_{M_V} \cdot K_{n_V} \cdot K_{u_V} \cdot K_{\varphi_V} \cdot K_{r_V},$$

где K_{M_V} – коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки;

$$K_{M_V} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v} \quad \text{– для стали;}$$

$$K_{M_V} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v} \quad \text{– для серого чугуна;}$$

$$K_{M_V} = \left(\frac{150}{HB} \right)^{n_v} \quad \text{– для ковкого чугуна.}$$

K_{n_V} – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

K_{u_V} – коэффициент, учитывающий материал инструмента;

K_{φ_V} – коэффициент, учитывающий главный угол в плане резца;

K_{r_V} – коэффициент, учитывающий радиус при вершине резца – учитывается только для резцов из быстрорежущей стали.

При настройке станка необходимо установить частоту вращения шпинделя, обеспечивающую расчетную скорость резания.

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \text{ об/мин}$$

Для изучения действия силы сопротивления резанию принято ее раскладывать на три взаимно перпендикулярные составляющие силы, направленные по осям координат станка: P_x – осевая сила; P_y – радиальная сила; P_z – тангенциальная сила, которую обычно называют силой резания [1].

Осевая сила P_x действует вдоль заготовки, при продольном точении противодействует механизму подачи. Радиальная сила P_y – отжимает резец, ее реакция изгибает заготовку. Сила резания P_z направлена по касательной к поверхности резания, определяет расходуемую мощность на резание N .

Составляющие силы резания при точении рассчитывают по аналитической формуле [2], Н:

$$P_{z(x,y)} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

где C_p – коэффициент, учитывающий условия обработки;

x, y, n – показатели степени;

t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об;

V – скорость резания, м/мин;

K_p – обобщенный поправочный коэффициент, учитывающий изменение условий по отношению к табличным.

$$K_p = K_{M_p} \cdot K_{\lambda_p} \cdot K_{\rho_p} \cdot K_{\phi_p} \cdot K_{\gamma_p},$$

где K_{M_p} – поправочный коэффициент, учитывающий свойства обрабатываемого материала;

$$K_{M_p} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n \text{ – для стали;}$$

$$K_{M_p} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n \text{ – для серого чугуна;}$$

$$K_{M_p} = \left(\frac{HB}{150} \right)^n \text{ – для ковкого чугуна.}$$

$K_{\lambda_p}; K_{\rho_p}; K_{\phi_p}; K_{\gamma_p}$ – коэффициенты, учитывающие соответствующие геометрические параметры резца.

Мощность резания рассчитывают по формуле

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}$$

где P_z – сила резания, Н;

V – скорость резания, м/мин.

Основное технологическое (машинное) время – время, в течение которого происходит снятие сружки без непосредственного участия рабочего

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{S \cdot n}, \text{ мин (2.4)}$$

где L – путь инструмента в направлении рабочей подачи, мм;

i – количество проходов.

$$L = l + l_1 + l_2, \text{ мм}$$

где l – размер обрабатываемой поверхности в направлении подачи;

l_1 – величина врезания, мм;

$$l_1 = t \cdot \operatorname{ctg} \phi,$$

где t – глубина резания;

ϕ – главный угол в плане резца.

l_2 – величина перебега, мм, $l_2 = 1 \div 2$ мм.

Пример решения задачи

На токарно-винторезном станке 16К20 производится черновое обтачивание на проход вала $D=68$ мм до $d=62$ мм. Длина обрабатываемой поверхности 280 мм; длина вала $l=430$ мм.

Заготовка – поковка из стали 40Х с пределом прочности $\sigma_b=700$ МПа. Способ крепления заготовки – в центрах и поводковом патроне.

Система СПИД недостаточно жесткая. Параметр шероховатости поверхности $Ra=12,5$ мкм. Необходимо: выбрать режущий инструмент, назначить режим резания; определить основное время.

Решение:

1. Выполнение эскиза обработки.

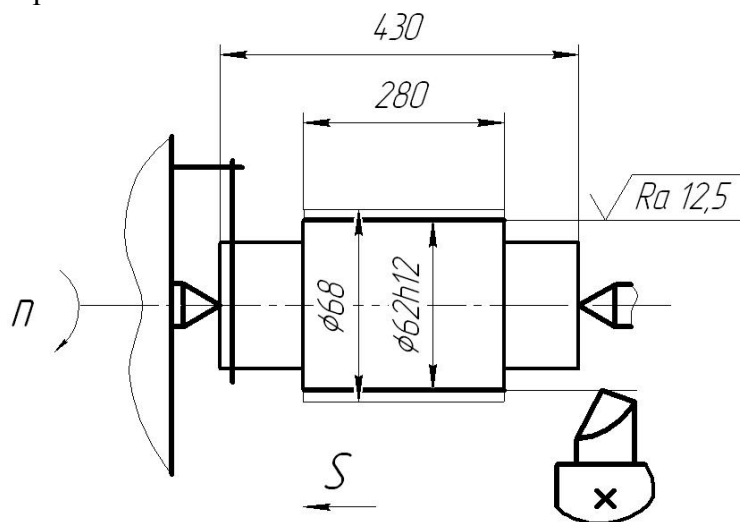


Рисунок 1.

2. Выбор режущего инструмента

Для обтачивания на проход вала из стали 40Х принимаем токарный проходной резец прямой правый с пластинкой из твердого сплава Т5К10 [2] или [3]. Форма передней поверхности радиусная с фаской [3]; геометрические параметры режущей части резца:

$\gamma=10^\circ$; $\alpha=12^\circ$; $\lambda=0$ [3],

$\phi=60^\circ$; $\phi_1=15^\circ$; [3], $r=1$ мм.

3. Назначение режимов резания

Глубина резания. При черновой обработке припуск срезаем за один проход, тогда

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{68 - 62}{2} = 3 \text{ мм.}$$

Назначаем подачу. Для черновой обработки заготовки из конструкционной стали диаметром до 100 мм резцом сечением 16×25 (для станка 16К20) при глубине резания до 3 мм:

$S=0,6 \div 1,2$ мм/об [2], [3].

В соответствии с примечанием 1 к указанной таблице и паспортным данным станка (см. Приложение 1 к данным методическим указаниям) принимаем $S=0,8$ мм/об.

Скорость резания, допускаемая материалом резца

$$V = \frac{C_V \cdot K_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}, \text{ м/мин}$$

где $C_V=340$; $x=0,15$; $y=0,45$; $m=0,2$; $T=60$ мин [2].

Поправочный коэффициент для обработки резцом с твердосплавной пластиной

$$K_V = K_{M_V} \cdot K_{n_V} \cdot K_{u_V} \cdot K_{\phi_V} \cdot K_{r_V}$$

$$K_{M_V} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v}, [2],$$

где $K_r=1$; $n_v=1$ [2],

$$\text{тогда } K_{M_V} = \left(\frac{750}{700} \right)^1 = 1,07$$

$K_{n_v}=0,8$ [2] или [3],

$K_{u_v}=0,65$ [2] или [3],

$K_{\phi_v}=0,9$ [2] или [3].

$$V = \frac{340 \cdot 1,07 \cdot 0,8 \cdot 0,65 \cdot 0,9}{60^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} = 70,6 \text{ м/мин}$$

Частота вращения, соответствующая найденной скорости резания, об/мин:

$$n = \frac{1000 \cdot 70,6}{\pi \cdot 68} = 330,6.$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по паспортным данным станка $n=315$ об/мин.

Действительная скорость резания, м/мин:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 68 \cdot 315}{1000} = 67,3.$$

4. Силы резания при точении

$$P_{z(x,y)} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Определяем значения постоянной и показателей степени [2],

$$C_{Pz}=300; x=1,0; y=0,75; n=-0,15$$

$$C_{Px}=339; x=1,0; y=0,5; n=-0,4$$

$$C_{Py}=243; x=0,9; y=0,6; n=-0,3$$

Определяем значения поправочных коэффициентов

$$K_P = K_{Mp} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\rho p} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p}$$

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n - \text{для стали; } n=0,75 [2], K_{Mp} = \left(\frac{700}{750} \right)^{0,75} = 0,95$$

Поправочные коэффициенты, учитывающие геометрию резца [2],

$$\text{для тангенциальной силы } P_z - K_{\phi p} = 0,94; K_{\gamma p} = 1,0; K_{\lambda p} = 1,0;$$

$$\text{для осевой силы } P_x - K_{\phi p} = 1,11; K_{\gamma p} = 1,0; K_{\lambda p} = 1,0;$$

$$\text{для радиальной силы } P_y - K_{\phi p} = 0,77; K_{\gamma p} = 1,0; K_{\lambda p} = 1,0;$$

$K_{\rho p}$ — учитывается только для резцов из быстрорежущей стали.

Силы резания, Н:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3^1 \cdot 0,8^{0,75} \cdot 67^{-0,15} \cdot 0,95 \cdot 0,94 \cdot 1,0 = 3240$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 3^1 \cdot 0,8^{0,5} \cdot 67^{-0,4} \cdot 0,95 \cdot 1,11 \cdot 1,0 = 759,2$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 3^{0,9} \cdot 0,8^{0,6} \cdot 67^{-0,3} \cdot 0,95 \cdot 0,77 \cdot 1,0 = 1046,1$$

Мощность резания, кВт:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{3240 \cdot 67}{60 \cdot 1020} = 3,54$$

Мощность на шпинделе станка $N_s = N_o \cdot \eta$.

$$N_o = 10 \text{ кВт; } \eta = 0,8 \text{ (по паспорту станка).}$$

$$N_s = 10 \cdot 0,8 = 8 \text{ кВт.}$$

Так как $N_s = 8 \text{ кВт} > N = 3,8 \text{ кВт}$, то обработка возможна.

5. Основное время [3], мин:

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{S \cdot n}.$$

Путь резца $L = l + l_1 + l_2$, мм

$$\text{Врезание резца } l_1 = t \cdot \operatorname{ctg} \phi = 3 \cdot \operatorname{ctg} 60^\circ = 3 \cdot 0,58 = 1,7 \text{ мм}$$

Пробег резца $l_2 = 1,3$ мм.

$$\text{Тогда } L = 280 + 1,7 + 1,3 = 283 \text{ мм.}$$

$$T_0 = \frac{283}{315 \cdot 0,8} = 1,12 \text{ мин.}$$

Задание на практическое занятие №1

Выполнить расчет режимов резания аналитическим способом (по эмпирической формуле) по заданному варианту для обработки на токарно-винторезном станке 16К20.

Исходные данные приведены в таблице 1.

Порядок выполнения работы

1. Пользуясь инструкцией и дополнительной литературой, изучить методику определения режима резания. Ознакомиться со справочником [2] и [3].

Ознакомиться с условием задания.

2. Выполнить эскиз обработки.

3. Выбрать режущий инструмент.

4. Назначить глубину резания.

5. Определить подачу.

6. Рассчитать скорость резания.

7. Определить частоту вращения шпинделя и скорректировать по паспорту станка.

8. Определить действительную скорость резания.

9. Рассчитать основное технологическое время.

Таблица 1

№ вар.	Заготовка, материал и его свойства	Вид обработки и параметр шероховатости	Параметры обрабатываемой поверхности			Геометрические параметры резца				
			D, мм	d, мм	l, мм	φ°	α°	γ°	λ°	ρ , мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Прокат. Сталь 20, $\sigma_b=500$ МПа	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	90	82h12	260	45	8	10	5	1
2	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, HB160	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	120	110h12	310	60	8	5	10	1
3	Поковка. Сталь 12X18H9T, HB180	Обтачивание в упор Ra=1,6 мкм	52	50e9	400	90	12	10	0	2
4	Прокат. Сталь 14X17H2, HB200	Растачивание в упор Ra=3,2 мкм	90	93H11	30	90	12	10	0	2
5	Отливка без корки СЧ30, HB220	Растачивание на проход Ra=3,2 мкм	80	83H11	50	45	10	5	-5	2
6	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, HB210	Растачивание на проход Ra=12,5 мкм	120	124H12	100	45	10	12	0	1
7	Прокат. Сталь 38ХА, $\sigma_b=680$ МПа	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	76	70h12	315	60	8	10	5	1,5
8	Обработанная. Сталь 35, $\sigma_b=560$ МПа	Растачивание на проход Ra=3,2 мкм	97	100H11	75	60	12	15	0	2
9	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 15, HB170	Обтачивание в упор Ra=12,5 мкм	129	120h12	340	90	8	5	0	1
10	Обработанная. Серый чугун СЧ 10, HB160	Подрезание торца сплошного Ra=12,5 мкм	80	0	3,5	45	10	10	5	2
11	Поковка. Сталь 40ХН, $\sigma_b=700$ МПа	Растачивание на проход Ra=3,2 мкм	77	80H11	45	60	12	10	-5	2
12	Обработанная. Сталь Ст3, $\sigma_b=600$ МПа	Подрезание торца Ra=12,5 мкм	90	0	5	60	10	5	0	
13	Прокат. Сталь 40Х, $\sigma_b=750$ МПа	Обтачивание в упор Ra=0,8 мкм	68	62e9	250	90	12	10	-5	1,5
14	Обработанная. Сталь Ст5, $\sigma_b=600$ МПа	Растачивание на проход Ra=12,5 мкм	73	80H12	35	45	8	10	5	1
15	Отливка с коркой. Серый	Обтачивание на	62	58h12	210	60	8	5	10	2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	чугун СЧ 20, HB180	проход Ra=12,5 мкм								
16	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, HB200	Подрезание втулки Ra=3,2 мкм	80	40	2,5	45	10	5	0	1,5
17	Поковка. Сталь 20Х, $\sigma_B=580$ МПа	Растачивание сквозное Ra=1,6 мкм	48	50H9	50	45	12	15	0	2
18	Обработанная. Сталь 50, $\sigma_B=750$ МПа	Подрезание торца втулки Ra=3,2 мкм	60	20	2,0	60	10	12	5	2
19	Отливка с коркой. Бронза БрАЖН 10–4, HB170	Обтачивание на проход Ra=1,6 мкм	88	85e12	140	60	6	20	10	1
20	Прокат. Латунь ЛМцЖ 52–4–1, HB220	Растачивание в упор Ra=3,2 мкм	48	53H11	65	90	8	25	–5	1
21	Обработанная. Серый чугун СЧ 30, HB220	Подрезание торца Ra=1,6 мкм	65	0	1,5	45	10	8	0	1,5
22	Обработанная. Серый чугун СЧ 20, HB220	Обработка в упор Ra=3,2 мкм	74	80H11	220	90	8	10	–5	2
23	Поковка. Сталь 30ХН3А, $\sigma_B=800$ МПа	Обработка на проход Ra=12,5 мкм	105	115H12	260	60	12	12	–5	1
24	Прокат. Сталь 30ХМ, $\sigma_B=780$ МПа	Подрезание торца Ra=1,6 мкм	80	0	2,5	45	10	10	2	2
25	Обработанная. Сталь 45, $\sigma_B=650$ МПа	Обработка на проход Ra=1,6 мкм	72	80H9	100	60	8	15	0	2
26	Прокат. Сталь ШХ15, $\sigma_B=700$ МПа	Растачивание на проход Ra=3,2 мкм	90	95H11	60	45	6	8	5	1,5
27	Поковка. Ковкий чугун КЧ30, HB163	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	115	110h7	150	90	8	10	0	1
28	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 15, HB163	Обтачивание в упор Ra=6,3 мкм	150	142h8	70	60	12	5	–5	2
29	Прокат. Бронза Бр АЖ 9–4, $\sigma_B=500$ МПа	Растачивание в упор Ra=12,5 мкм	60	69H11	50	45	10	12	10	2
30	Прокат. Сталь 35Г2, $\sigma_B=618$ МПа	Подрезание торца втулки Ra=6,3 мкм	100	80	3,0	90	8	5	0	1,5

ЗАДАНИЕ №2

Назначение режима резания при сверлении, зенкерование и развертывании

Наиболее распространенный метод получения отверстий резанием – сверление.

Движение резания (главное движение) при сверлении – вращательное движение, движение подачи – поступательное. В качестве инструмента при сверлении применяются сверла. Самые распространенные из них – спиральные, предназначены для сверления и рассверливания отверстий, глубина которых не превышает 10 диаметров сверла. Шероховатость поверхности после сверления $Ra=12,5 \div 6,3$ мкм, точность по 11–14 квалитету. Градация диаметров спиральных сверл должна соответствовать ГОСТ 885–64.

Для получения более точных отверстий (8–9 квалитет) с шероховатостью поверхности $Ra=6,3 \div 3,2$ мкм применяют зенкерование. Исполнительные диаметры стандартных зенкеров соответствуют ГОСТ 1677–75.

Развертывание обеспечивает изготовление отверстий повышенной точности (5–7 квалитет) низкой шероховатости до $Ra=0,4$ мкм. Исполнительные размеры диаметров разверток из инструментальных сталей приведены в ГОСТ 11174–65, с пластинками из твердого сплава в ГОСТ 1173–65.

Отличительной особенностью назначения режима резания при сверлении является то, что глубина резания $t=D/2$. При рассверливании, зенкерования и развертывании

$$t = \frac{D-d}{2}, \text{ мм.}$$

Средние значения припусков на диаметр, снимаемых зенкерами и развертками см. в приложении 4. При сверлении, зенкерования, развертывании подача назначается по справочным таблицам [2]. При рассверливании отверстий подача, рекомендуемая для сверления, может быть увеличена в 2 раза.

Расчет скорости при сверлении.

$$V = \frac{C_V \cdot D^q \cdot K_V}{T^m \cdot S^y}$$

где C_V – коэффициент, учитывающий условия обработки;

m, q, y – показатели степени;

T – период стойкости инструмента;

S – подача, мм/об;

K_V – обобщенный поправочный коэффициент, учитывающий изменения условий обработки по отношению к табличным:

$$K_V = K_{M_V} \cdot K_{u_V} \cdot K_{l_V},$$

где K_{M_V} – коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки;

K_{u_V} – коэффициент, учитывающий материал инструмента;

K_{l_V} – коэффициент, учитывающий длину отверстия.

Расчет скорости при зенкерования и при развертывание:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q \cdot K_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}$$

Расчет числа оборотов.

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \text{ об/мин.}$$

Крутящий момент при сверлении, Н·м:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p.$$

Осевая сила при сверлении, Н:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p.$$

Крутящий момент при рассверливании и зенкерования, Н·м:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p.$$

Осевая сила при рассверливании и зенкерования, Н:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p.$$

Мощность резания рассчитывают по формуле, кВт:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}$$

где $M_{кр}$ – крутящий момент, Н·м;

n – число оборотов, об/мин.

Пример решения задачи

На вертикально–сверлильном станке 2Н135 обработать сквозное отверстие диаметром 25Н7 ($Ra=1,6$ мкм), $l=125$ мм. Материал заготовки СЧ18, НВ 210.

Необходимо: выбрать режущий инструмент, назначить режим резания по таблицам нормативов, определить основное время.

Решение:

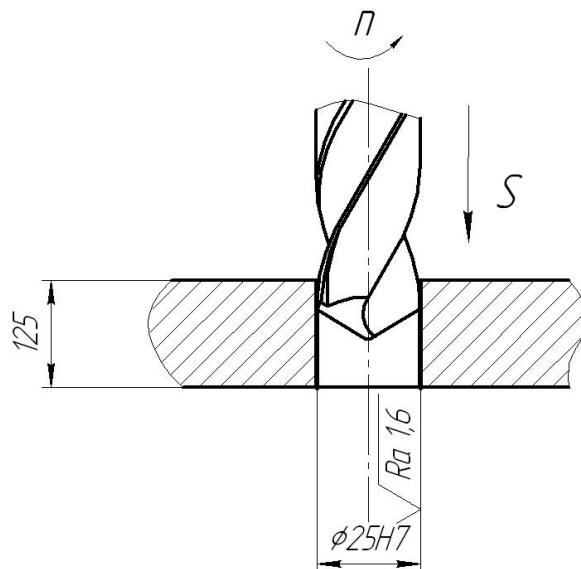


Рисунок 2.

1. Выбор инструмента.

Согласно исходных данных операция выполняется в три перехода: сверление, зенкерование и развертывание.

Диаметральный припуск на развертывание (согласно приложению 3) равен 0,05 мм, припуск на зенкерование – 1,4 мм.

С учетом припуска для сверления чугуна СЧ18 НВ 210 выбираем сверло $D=22,5$ мм из стали P18, $2\phi=118^\circ$; $2\phi_0=70^\circ$; для зенкерования – цельный зенкер $D=24,9$ мм из стали P18; $\phi=45^\circ$; $\alpha_p=10^\circ$; для развертывания – цельную развертку $D=25$ мм, $\phi=5^\circ$ из стали P18 [3].

2. Выбор режима резания.

Расчет режимов резания выполним в традиционной последовательности с использованием данных работы [2].

Первый переход.

Выбор подачи.

Для сверления чугуна НВ 210 сверлом диаметром 22,5 мм выбираем подачу $S=0,47\div 0,54$ мм/об. С учетом поправочного коэффициента на длину сверления $K_{ls}=0,9$ получаем расчетные величины подач $S=0,42\div 0,48$ мм/об.

По паспорту станка устанавливаем ближайшую подачу $S=0,4$ мм/об.

Выбор скорости и числа оборотов.

$$V = \frac{C_V \cdot D^q \cdot K_V}{T^m \cdot S^y}$$

где $C_V=17,1$ – коэффициент, учитывающий условия обработки;

$m=0,125$; $q=0,25$; $y=0,4$ – показатели степени;

$T=75$ – период стойкости инструмента, мин.

K_V – обобщенный поправочный коэффициент, учитывающий изменения условий обработки по отношению к табличным:

$$K_V = K_{M_V} \cdot K_{u_V} \cdot K_{l_V},$$

где K_{M_V} – коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки;

$$K_{M_V} = K_r \left(\frac{HB}{190} \right)^{n_v}, \quad [2],$$

где $K_r=1$; $n_v=0,6$ [2],

$$\text{тогда } K_{M_V} = \left(\frac{210}{190} \right)^{0,6} = 0,8.$$

$K_{u_V}=1$ – коэффициент, учитывающий материал инструмента;

$K_{lv} = 0,75$ – коэффициент, учитывающий длину отверстия.

$$K_V = 0,8 \cdot 1 \cdot 0,75 = 0,6$$

$$V = \frac{17,1 \cdot 23,5^{0,25} \cdot 0,6}{75^{0,125} \cdot 0,4^{0,4}} = 19,04 \text{ м/мин.}$$

При настройке станка необходимо установить частоту вращения шпинделя, обеспечивающую расчетную скорость резания.

$$n = \frac{1000 \cdot 19,04}{\pi \cdot 23,5} = 269,5$$

По паспорту станка принимаем $n = 250$ об/мин.

Фактическая скорость резания, м/мин:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 23,5 \cdot 250}{1000} = 17,66$$

Крутящий момент при сверлении, Н·м:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,021 \cdot 23,5^2 \cdot 0,4^{0,8} \cdot 1,06 = 54,15.$$

где $C_M = 0,021$;

$q = 2$; $y = 0,8$;

$$K_P = K_{Mp} = K_{Mp} = \left(\frac{210}{190} \right)^{0,6} = 1,06$$

Осевая сила при сверлении, Н:

$$P_o = 10 \cdot 23,5 \cdot 23,5^{1,0} \cdot 0,4^{0,8} \cdot 1,06 = 2632,9.$$

По паспорту станка наибольшее усилие, допускаемое механизмом подачи, равно 15000 Н.

Проверка выбранного режима по осевому усилию и мощности.

Мощность резания рассчитывают по формуле, кВт:

$$N = \frac{54,15 \cdot 250}{9750} = 1,39$$

где $M_{кр}$ – крутящий момент, Н·м;

n – число оборотов, об/мин.

По паспорту станка мощность на шпинделе

$$N_s = N_o \cdot \eta = 4,5 \cdot 0,8 = 3,6 \text{ кВт}; N_s = 3,6 > N = 1,39 \text{ кВт.}$$

Следовательно, станок не лимитирует выбранного режима резания.

Второй переход.

$$\text{Глубина резания, мм: } t = \frac{D - d}{2} = \frac{24,9 - 23,5}{2} = 0,7$$

Выбор подачи. Для зенкерования отверстия в сером чугуна НВ 210 зенкером диаметром 24,9 мм при последующей обработке отверстия одной разверткой рекомендуется подача $S = 0,7 \div 0,8$ мм/об.

$$K_{os} = 0,7$$

$$S = 0,7 \cdot 0,8 = 0,56$$

Ближайшая подача по паспорту станка $S = 0,56$ мм/об.

Выбор скорости резания и числа оборотов.

$$V = \frac{18,8 \cdot 24,9^{0,2} \cdot 0,6}{40^{0,125} \cdot 0,7^{0,1} \cdot 0,56^{0,4}} = 16,36$$

где $C_V = 18,8$; $K_V = 0,6$;

$m = 0,12$; $x = 0,1$; $q = 0,2$; $y = 0,4$;

$T = 40$ мин;

$t = 0,7$ мм.

Частота вращения шпинделя, об/мин:

$$n = \frac{1000 \cdot 16,36}{\pi \cdot 24,9} = 208,3$$

По паспорту станка принимаем $n = 180$ об/мин.

Фактическая скорость резания, м/мин:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 24,9 \cdot 180}{1000} = 14,07$$

Крутящий момент при зенкеровании, Н·м:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,085 \cdot 0,56^{0,8} \cdot 0,7^{0,75} \cdot 1,06 = 0,81.$$

где $C_M = 0,085$;

$q = 0$; $y = 0,8$; $x = 0,75$;

$$K_P = K_{Mp} = K_{Mp} = \left(\frac{210}{190} \right)^{0,6} = 1,06$$

Осевая сила при зенкеровании, Н:

$$P_o = 10 \cdot 23,5 \cdot 0,56^{0,8} \cdot 0,7^{0,75} \cdot 1,06 = 206,9$$

Мощность резания рассчитывают по формуле, кВт:

$$N = \frac{0,81 \cdot 180}{9750} = 0,014$$

Третий переход.

$$\text{Глубина резания, мм: } t = \frac{D - d}{2} = \frac{25 - 24,9}{2} = 0,05$$

Выбор подачи. Для развертывания отверстия в сером чугуна HB>200 механической разверткой $D=25$ мм с чистотой поверхности отверстия Ra=1,6 мкм рекомендуется подача $S=2,2$ мм/об. Ближайшая подача по паспорту станка $S=1,6$ мм/об.

Выбор скорости резания и числа оборотов.

$$V = \frac{15,6 \cdot 25^{0,2} \cdot 0,6}{120^{0,3} \cdot 0,05^{0,1} \cdot 1,6^{0,5}} = 4,52$$

где $C_V = 15,6$; $K_V = 0,6$;

$m = 0,3$; $x = 0,1$; $q = 0,2$; $y = 0,5$;

$T = 120$ мин;

$t = 0,05$ мм.

Частота вращения шпинделя, об/мин:

$$n = \frac{1000 \cdot 4,52}{\pi \cdot 25} = 57,5$$

По паспорту станка принимаем $n = 45$ об/мин.

Фактическая скорость резания, м/мин:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 25 \cdot 45}{1000} = 3,53$$

Проверка выбранного режима по осевому усилию и мощности не производится.

4. Определение основного (технологического) времени.

Величина врезания и перебега инструментов l_1 при работе на проход для сверла равна 12 мм; для зенкера 5 мм и для развертки 30 мм.

При длине отверстия $l=125$ мм основное (технологическое) время каждого перехода равно, мин:

$$T_{01} = \frac{l + l_1}{S \cdot n} = \frac{125 + 12}{0,56 \cdot 250} = 0,98$$

$$T_{02} = \frac{l + l_1}{S \cdot n} = \frac{125 + 5}{0,56 \cdot 180} = 1,29$$

$$T_{03} = \frac{l + l_1}{S \cdot n} = \frac{125 + 30}{1,6 \cdot 45} = 2,15$$

Основное время операции, мин:

$$T_0 = T_{01} + T_{02} + T_{03} = 0,98 + 1,29 + 2,15 = 4,42$$

Задание на практическое занятие №2.

Выполнить расчет режима резания по таблицам нормативов для обработки сквозного отверстия на вертикально-сверлильном станке 2Н135 по заданному варианту. Исходные данные в таблице 2.

Таблица 2.

№	Материал заготовки и его характеристики	Диаметр отверстия D , мм	Параметр шероховатости, мкм	Длина отверстия l , мм
1	2	3	4	5
1	Сталь 12ХН2, $\sigma_B = 800$ МПа	18Н7	Ra=1,6	50
2	Сталь 12ХН3А, $\sigma_B = 950$ МПа	25Н5	Ra=0,4	60
3	Серый чугун СЧ30, HB200	30Н5	Ra=0,4	80
4	Серый чугун СЧ20, HB210	35Н7	Ra=1,6	90
5	Сталь 38ХА, $\sigma_B = 680$ МПа	28Н7	Ra=1,6	55
6	Сталь 35, $\sigma_B = 560$ МПа	38Н8	Ra=6,3	75
7	Серый чугун СЧ15, HB170	45Н9	Ra=3,2	45
8	Серый чугун СЧ10, HB160	17Н7	Ra=1,6	50
9	Сталь 40ХН, $\sigma_B = 700$ МПа	45Н9	Ra=6,3	100
10	Сталь Ст3, $\sigma_B = 600$ МПа	50Н9	Ra=6,3	60
11	Сталь 40Х, $\sigma_B = 750$ МПа	22Н5	Ra=0,4	95
12	Сталь Ст5, $\sigma_B = 600$ МПа	16Н5	Ra=0,4	30
13	Серый чугун СЧ20, HB180	38Н9	Ra=6,3	85
14	Серый чугун СЧ20, HB200	50Н9	Ra=3,2	50
15	Сталь 20Х, $\sigma_B = 580$ МПа	20Н5	Ra=0,4	40
16	Сталь 50, $\sigma_B = 750$ МПа	30Н7	Ra=1,6	60
17	Бронза Бр АЖН 10–4, HB170	28Н7	Ra=1,6	55
18	Латунь ЛМцЖ 52–4–1, HB220	40Н9	Ra=3,2	80
19	Серый чугун СЧ30, HB220	23Н5	Ra=0,4	45
20	Серый чугун СЧ20, HB220	32Н7	Ra=1,6	35
21	Сталь 30ХН3А, $\sigma_B = 800$ МПа	20Н7	Ra=1,6	60
22	Сталь 30ХМ, $\sigma_B = 780$ МПа	55Н8	Ra=3,2	110
23	Сталь 45, $\sigma_B = 650$ МПа	48Н9	Ra=6,3	96
24	Сталь 20, $\sigma_B = 500$ МПа	50Н8	Ra=3,2	100
25	Силумин АЛ4, HB50	35Н7	Ra=1,6	60
26	Чугун КЧ35, HB163	42Н9	Ra=6,3	50
27	Сталь 38ХС, $\sigma_B = 950$ МПа	22Н5	Ra=0,4	45
28	Сталь 50, $\sigma_B = 900$ МПа	37Н9	Ra=6,3	70
29	Чугун ЖЧХ, HB280	32Н7	Ra=1,6	65
30	Чугун ВЧ60, HB250	27Н5	Ra=0,4	55

ЗАДАНИЕ №3

Расчет режима резания при фрезеровании

Фрезерование – один из самых производительных методов обработки. Главное движение (движение резания) при фрезеровании – вращательное; его совершает фреза, движение подачи обычно прямолинейное, его совершает фреза.

Фрезерованием можно получить деталь точно по 6–12 качеству шероховатостью до $Ra=0,8$ мкм. Фрезерование осуществляется при помощи многозубого инструмента – фрезы. Фрезы по виду различают: цилиндрические, торцевые, дисковые, прорезные и отрезные, концевые, фасонные; по конструкции – цельные, составные и сборные.

При торцевом фрезеровании (обработка торцевой фрезой) диаметр фрезы D должен быть больше ширины фрезерования B , т.е. $D=(1,25 \div 1,5)B$.

Для обеспечения производительных режимов работы необходимо применять смещенную схему фрезерования (есть симметричная схема), для чего ось заготовки смещается относительно оси фрезы.

При цилиндрическом фрезеровании различают встречное фрезерование, – когда вектор скорости (направление вращения фрезы) направлен навстречу направлению подачи; и попутное фрезерование, когда вектор скорости и направление подачи направлены в одну сторону. Встречное фрезерование применяют для черновой обработки заготовок с литейной коркой, с большими припусками. Попутное фрезерование применяют для чистовой обработки нежестких, предварительно обработанных заготовок с незначительными припусками.

Глубина резания (фрезерования) t во всех видах фрезерования, за исключением торцевого фрезерования и фрезерования шпонок, представляет собой размер слоя заготовки срезаемой при фрезеровании, измеряемый перпендикулярно оси фрезы.

При торцевом фрезеровании и фрезеровании шпонок шпоночными фрезами – измеряют в направлении параллельном оси фрезы.

При фрезеровании различают подачу на один зуб S_z подачу на один оборот фрезы S и минутную подачу S_m мм/мин, которые находятся в следующем соотношении:

$$S_m = S \cdot n = S_z \cdot z \cdot n$$

где n – частота вращения фрезы, об/мин;

z – число зубьев фрезы.

При черновом фрезеровании назначают подачу на зуб; при чистовом фрезеровании – подачу на один оборот фрезы.

Скорость резания – окружная скорость фрезы, определяется режущими свойствами инструмента.

$$V = \frac{C_V \cdot D^q \cdot K_V}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p}$$

где C_V – коэффициент, учитывающий условия обработки;

m, q, y, x, u, p – показатели степени;

T – период стойкости инструмента;

S_z – подача на зуб фрезы, мм/зуб;

K_V – обобщенный поправочный коэффициент, учитывающий изменения условий обработки по отношению к табличным:

$$K_V = K_{M_V} \cdot K_{u_V} \cdot K_{n_V},$$

где K_{M_V} – коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки;

K_{u_V} – коэффициент, учитывающий материал инструмента;

K_{n_V} – коэффициент, учитывающий состояние поверхностного слоя заготовки.

Расчет числа оборотов.

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \text{ об/мин.}$$

Окружная сила резания при фрезеровании, Н:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{M_p}.$$

где K_{M_p} – поправочный коэффициент, учитывающий свойства обрабатываемого материала;

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n \text{ – для стали;}$$

$$K_{Mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n \text{ – для серого чугуна;}$$

$$K_{Mp} = \left(\frac{HB}{150} \right)^n \text{ – для ковкого чугуна.}$$

C_p – коэффициент, учитывающий условия обработки;

x, y, n, q, w – показатели степени;

t – глубина резания, мм;

S_z – подача на зуб фрезы, мм/зуб;

V – скорость резания, м/мин;

B – ширина фрезерования, мм;

D – диаметр фрезы, мм.

Крутящий момент на шпинделе, Н·м:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{200}.$$

Мощность резания рассчитывают по формуле, кВт:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}$$

Пример решения задачи.

На вертикально-фрезерном станке 6Р12 производится торцевое фрезерование плоской поверхности шириной $B=80$ мм, длиной $l=400$ мм, припуск на обработку $h=1,8$ мм. Обрабатываемый материал серый чугун СЧ30, HB 220. Заготовка предварительно обработана. Обработка окончательная, параметр шероховатости обработанной поверхности $Ra=3,2$ мкм. Необходимо: выбрать режущий инструмент, назначить режим резания с использованием таблиц нормативов, определить основное (технологическое) время.

Решение:

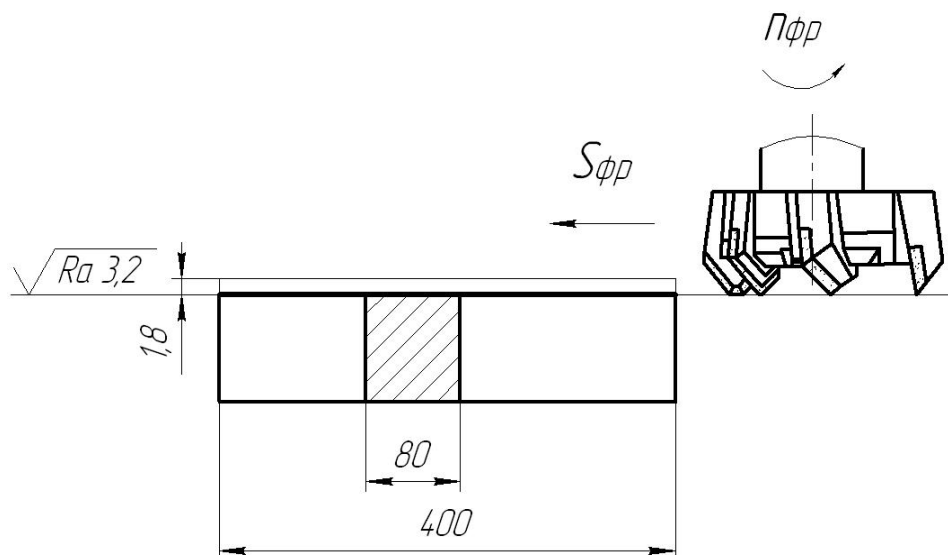


Рисунок 3.

1. Выбор инструмента.

Для полуступового фрезерования на вертикально-фрезерном станке заготовки из чугуна выбираем торцевую фрезу с пластинками из твердого сплава ВК4 [2, 3], диаметром $D=(1,25 \div 1,5) \times B=(1,25 \div 1,5) \times 80=100 \div 120$ мм.

Принимаем $D=100$ мм; $z=10$, ГОСТ 9473–71 [2, 3].

Геометрические параметры фрезы: $\varphi=60^\circ$, $\alpha=12^\circ$, $\gamma=10^\circ$, $\lambda=20^\circ$, $\varphi_1=5^\circ$.

Схема установки фрезы – смещенная.

2. Режим резания.

Глубина резания. Заданный припуск на чистовую обработку срезают за один проход, тогда $t=1,8$ мм.

Назначение подачи. Для получения шероховатости $Ra=6,3$ мкм подача на оборот $S_0=0,5 \div 1,0$ мм/об [2].

Тогда подача на зуб фрезы, мм/зуб:

$$S_z = \frac{S_0}{z} = \frac{1,0}{10} = 0,1.$$

Период стойкости фрезы.

Для фрез торцевых диаметром до 110 мм с пластинками из твердого сплава применяют период стойкости $T=180$ мин [2].

Расчет скорости резания для фрезерования ведется по эмпирическим формулам [2], м/мин:

$$V = \frac{445 \cdot 100^{0,2} \cdot 0,91}{180^{0,32} \cdot 1,8^{0,15} \cdot 0,1^{0,35} \cdot 80^{0,2} \cdot 10^0} = 165,62$$

где $C_V = 445$;

$m = 0,32$; $q = 0,2$; $y = 0,35$; $x = 0,15$; $u = 0,2$; $p = 0$; $T = 180$;

$$K_{M_V} = \left(\frac{190}{220} \right)^{1,25} = 0,83;$$

$K_{uv} = 1,1$; $K_{nv} = 1,0$.

$$K_V = 0,83 \cdot 1,1 \cdot 1,0 = 0,91$$

Расчет числа оборотов шпинделя, об/мин:

$$n = \frac{1000 \cdot 165,62}{\pi \cdot 100} = 527,4.$$

По паспорту станка принимаем $n = 630$ об/мин.

Фактическая скорость резания, м/мин:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 100 \cdot 630}{1000} = 197,8$$

Минутная подача $S_m = S_z \cdot z \cdot n = 0,1 \cdot 10 \cdot 630 = 630$ мм/мин. Это совпадает с паспортными данными станка.

3. Проверка по мощности станка.

Окружная сила резания при фрезеровании, Н:

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 1,8^{0,9} \cdot 0,1^{0,74} \cdot 80^{1,0} \cdot 10}{100^{1,0} \cdot 630^0} \cdot 1,15 = 1525,2.$$

$$K_{Mp} = \left(\frac{220}{190} \right)^{1,0} = 1,15;$$

$C_p = 54,5$; $x = 0,9$; $y = 0,74$; $u = 1,0$; $q = 1,0$; $w = 0$;

Мощность, затрачиваемая на резание, кВт.

$$N = \frac{1525,2 \cdot 197,8}{1020 \cdot 60} = 4,9$$

Мощность на шпинделе станка $N_s = N_o \cdot \eta$.

$N_o = 7,5$ кВт; $\eta = 0,8$ (по паспорту станка).

$$N_s = 7,5 \cdot 0,8 = 6 \text{ кВт.}$$

Так как $N_s = 6 \text{ кВт} > N = 3,8 \text{ кВт}$, то обработка возможна.

4. Для торцового фрезерования фрезой диаметром 100 мм, ширине фрезерования 80 мм $l_f = 23$ мм [3].

Основное время, мин:

$$T_0 = \frac{L}{S_m} = \frac{l + l_1}{S_m} = \frac{400 + 23}{630} = 0,67$$

Задание на практическое занятие №3

Выполнить расчет режима резания по таблицам нормативов по заданному варианту.

Исходные данные приведены в таблице 3.

Таблица 3

№	Вид заготовки и ее характеристика	B, мм	l, мм	h, мм	Вид обработки и параметр шероховатости, мкм	Модель станка
1	2	3	4	5	6	7
1	Серый чугун СЧ30, HB200	100	600	5	Торцовое фрезерование, Ra=12,5	6P12
2	Серый чугун СЧ20, HB210	150	500	4	Торцовое фрезерование, Ra=1,6	6P12
3	Сталь 38ХА, $\sigma_b=680$ МПа	80	400	6	Торцовое фрезерование, Ra=12,5	6P12
4	Сталь 35, $\sigma_b=360$ МПа	90	480	3,5	Торцовое фрезерование, Ra=1,6	6P12
5	Серый чугун СЧ15, HB170	50	300	3,5	Цилиндрическое фрезерование, Ra=3,2	6P82Г
6	Серый чугун СЧ10, HB160	80	250	1,5	Цилиндрическое фрезерование, Ra=3,2	6P82Г
7	Сталь 40ХН, $\sigma_b=700$ МПа	70	320	4	Цилиндрическое фрезерование, Ra=12,5	6P82Г
8	Сталь Ст3, $\sigma_b=600$ МПа	85	600	1,5	Цилиндрическое фрезерование, Ra=3,2	6P82Г
9	Сталь 40Х, $\sigma_b=750$ МПа	10	100	5	Фрезеровать паз, Ra=6,3	6P12
10	Сталь Ст5, $\sigma_b=600$ МПа	12	80	8	Фрезеровать паз, Ra=6,3	6P12
11	Серый чугун СЧ20, HB180	20	120	10	Фрезеровать паз, Ra=6,3	6P12
12	Серый чугун СЧ20, HB200	15	75	8	Фрезеровать паз, Ra=6,3	6P82Г
13	Сталь 20Х, $\sigma_b=580$ МПа	8	110	8	Фрезеровать паз, Ra=6,3	6P82Г
14	Сталь 50, $\sigma_b=750$ МПа	12	120	6	Фрезеровать паз, Ra=6,3	6P82Г
15	Бронза Бр АЖН 10–4 HB170	100	300	4	Торцовое фрезерование, Ra=12,5	6P12
16	Латунь ЛМцЖ 52–4–1, HB220	60	180	1,5	Торцовое фрезерование, Ra=1,6	6P12
17	Серый чугун СЧ30, HB220	180	200	4,5	Торцовое фрезерование, Ra=12,5	6P12
18	Серый чугун СЧ20, HB220	110	280	2,5	Торцовое фрезерование, Ra=3,2	6P12
19	Сталь 30ХН3А, $\sigma_b=800$ МПа	80	320	5	Цилиндрическое фрезерование, Ra=12,5	6P82Г
20	Сталь 30ХН, $\sigma_b=780$ МПа	115	300	3	Цилиндрическое фрезерование, Ra=3,2	6P82Г
21	Сталь 45, $\sigma_b=650$ МПа	40	280	1,8	Цилиндрическое фрезерование, Ra=1,6	6P82Г
22	Сталь 20, $\sigma_b=500$ МПа	35	400	3,5	Цилиндрическое фрезерование, Ra=6,3	6P82Г
23	Силумин АЛ4, HB50	55	250	4	Торцовое фрезерование, Ra=12,5	6P12

1	2	3	4	5	6	7
					Ra=6,3	
24	Сталь 30ХМ, $\sigma_B=950$ МПа	70	310	4,5	Торцовое фрезерование, Ra=12,5	6P12
25	Сталь 18ХГТ, $\sigma_B=700$ МПа	85	350	2,5	Торцовое фрезерование, Ra=3,2	6P12
26	Чугун ВЧ60, HB250	120	300	5	Торцовое фрезерование, Ra=12,5	6P12
27	Сталь 50, $\sigma_B=900$ МПа	60	250	6	Торцовое фрезерование, Ra=6,3	6P12
28	Чугун КЧ60, HB169	200	450	5,5	Торцовое фрезерование, Ra=3,2	6P12
29	Сталь 18ХГТ, $\sigma_B=700$ МПа	85	300	4,5	Цилиндрическое фрезерование, Ra=12,5	6P82Г
30	Чугун ВЧ38, HB170	65	200	3	Цилиндрическое фрезерование, Ra=3,2	6P82Г

ЗАДАНИЕ №4

Расчет режима резания при шлифовании

Шлифование – процесс резания материалов с помощью абразивного инструмента, режущими элементами которого являются абразивные зерна. Движение резания при шлифовании – вращение шлифовального круга, движение подачи – возвратно–поступательное движение стола станка с заготовкой и (или) поступательное движение шлифовальной бабки со шлифовальным кругом.

Различают круглое наружное шлифование, внутреннее круглое шлифование, плоское шлифование, бесцентровое шлифование. Круглое наружное шлифование применяется для обработки цилиндрических наружных поверхностей и осуществляется двумя способами: с продольной подачей (метод врезания) – применяется если длина шлифуемой поверхности меньше ширины круга.

Разработку режимов резания при шлифовании начинают с выбора характеристики шлифовального круга.

Для этого устанавливают [2]: тип (форму) шлифовального круга или, материал абразивного зерна, зернистость, индекс зернистости, твердость, структура, класс круга.

Выбор характеристики шлифовального круга следует перевести в новое обозначение (приложение 4).

Выбор характеристики шлифовального круга можно провести по приложению 1.

После выбора элементов характеристики следует записать полную характеристику, которая содержит такие параметры: форму (тип), марку зерна, зернистость, индекс зернистости, твердость круга, структуру, тип связи, класс круга, допустимую окружную скорость.

Основными элементами режима резания при шлифовании являются:

- окружная скорость в м/с (указывается в конце характеристики круга и является максимальной допускаемой прочностью круга);
- скорость вращательного или поступательного движения детали в м/мин;
- глубина шлифования t мм – слой металла, снимаемый шлифовальным кругом за один или двойной ход при круглом или плоском шлифовании или же равная всему припуску на сторону при врезном шлифовании;
- продольная подача S – перемещение шлифовального круга вдоль своей оси в мм на оборот заготовки при круглом шлифовании или в мм на каждый ход стола при плоском шлифовании периферией круга;

– радиальная подача S_p – перемещение шлифовального круга в радиальном направлении в мм на один оборот детали при врезном шлифовании.

Эффективная мощность (мощность необходимая для резания) рассчитывается по эмпирической формуле [2], или определяется по таблицам нормативов.

Основное время при круглом шлифовании с продольной подачей

$$T_0 = \frac{L \cdot h}{1000 \cdot V_c \cdot t} \cdot K, \text{ мин}$$

где h – припуск на сторону, мм;

V_c – скорость продольного хода стола, м/мин;

t – глубина шлифования, мм;

K – коэффициент выхаживания;

$K=1,4$ – при чистовом шлифовании;

$K=1,1$ – при предварительном шлифовании;

L – величина хода стола, мм

$$L = l - (1 - K \cdot m) \cdot B_k, \text{ мм}$$

где l – длина шлифуемой поверхности;

K – число сторон перебега круга ($K=2$ – при сбега круга в обе стороны, $K=1$ – при сбега круга в одну сторону, $K=0$ – без сбега);

m – перебега в долях ширины круга;

B_k – ширина шлифовального круга, мм.

При круглом наружном шлифовании методом врезания

$$T_0 = \frac{h}{n_z \cdot S_p} \cdot K, \text{ мин},$$

где n_z – частота вращения заготовки, об/мин;

S_p – радиальная подача, мм/об.

При круглом шлифовании

$$T_0 = \frac{L \cdot h}{n_z \cdot S \cdot t} \cdot K, \text{ мин}$$

где S – продольная подача, мм/об.

При круглом внутреннем шлифовании перебега круга в обе стороны равен $0,5 \cdot B$, тогда

$$L = l - (1 - 2 \cdot 0,5) \cdot B, \text{ т.е. } L = l.$$

Плоское шлифование

$$T_0 = \frac{H \cdot L \cdot h}{1000 \cdot V_c \cdot S \cdot t \cdot g} \cdot K, \text{ мин}$$

где H – перемещение шлифовального круга в направлении поперечной подачи, мм;

L – величина хода стола, мм;

h – припуск на сторону;

V_c – скорость движения стола, м/мин;

g – число одновременно шлифуемых заготовок.

$$H = B_z + B_k + 5, \text{ мм}$$

где B_z – суммарная ширина заготовок, установленных на столе, мм.

B_k – величина шлифовального круга, мм.

$$L = l + (10 \div 15), \text{ мм}$$

где l – суммарная длина заготовок, установленных на столе, мм.

Пример решения задачи

На круглошлифовальном станке 3М131 шлифуется шейка вала диаметром $D=80\text{h}6$ мм длиной $l=300$ мм, длина вала $l_l=550$ мм. Параметр шероховатости обработанной поверхности $Ra=0,4$ мкм.

Припуск на сторону $0,2$ мм. Материал заготовки – сталь 45 закаленная, твердостью HRC45.

Необходимо: выбрать шлифовальный круг, назначить режим резания; определить основное время.

Решение

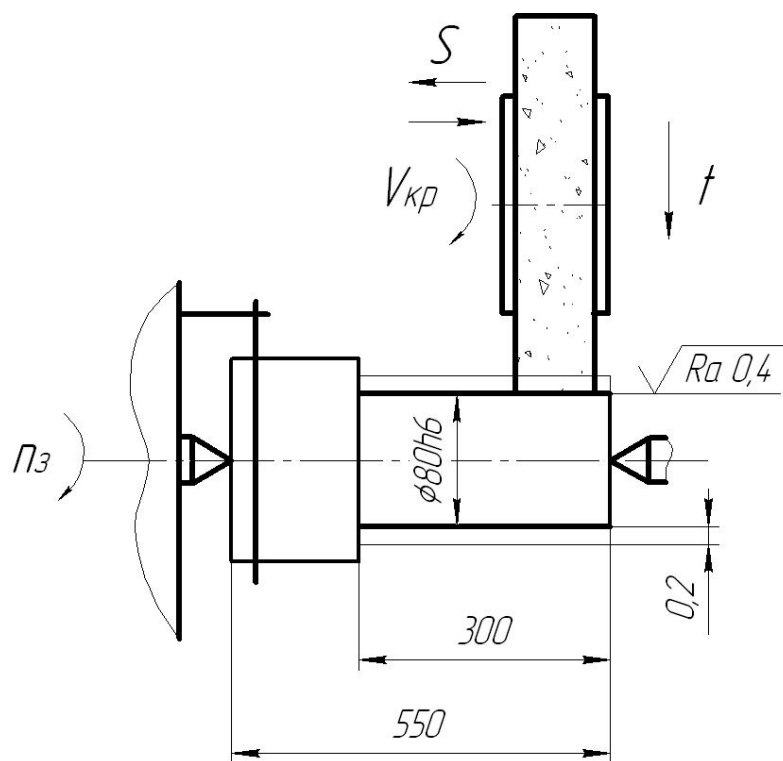


Рисунок 5.

1. Выбор шлифовального круга.

Для круглого наружного шлифования с продольной подачей (шлифовать с радиальной подачей нельзя из-за большой длины шлифуемой поверхности), параметра шероховатости $Ra=0,4$ мкм, конструкционной закаленной стали до HRC45 принимаем по [2] шлифовальный круг формы ПП, характеристика материала зерна – 24А, индекс зернистости – 40, твердость – С1, структура – 5, связка – К, класс точности – А, класс неуравновешенности – 2.

Полная маркировка круга:

ПП 24 А40 С1 5 К А2 35 м/с.

Современное обозначение по приложению 4:

1 WA F40 M 5 V A2 35 м/с.

Размеры шлифовального круга $D_k=600$ мм; $B_k=63$ мм (по паспорту станка).

2. Режим резания

Скорость шлифовального круга $V_k=35$ м/с [2].

Частота вращения шпинделя шлифовальной бабки

$$n_{ш} = \frac{1000 \cdot V_k \cdot 60}{\pi \cdot D_k} = \frac{1000 \cdot 35 \cdot 60}{\pi \cdot 600} = 1114,6 \text{ об/мин.}$$

Корректируя по паспортным данным станка, принимаем $n_{ш}=1112$ об/мин. (корректируется только в меньшую сторону).

Режимы резания для окончательного круглого наружного шлифования конструкционных сталей с подачей на каждый ход определяют по [2].

Окружная скорость заготовки $V_z=15 \div 55$ м/мин; принимаем $V_z=30$ м/мин.

Частота вращения шпинделя передней бабки, соответствующая принятой окружной скорости заготовки,

$$n_z = \frac{1000 \cdot V_z}{\pi \cdot D_z} = \frac{1000 \cdot 30}{\pi \cdot 80} = 119,4 \text{ об/мин.}$$

Так как частота вращения заготовки регулируется бесступенчато, принимаем $n_z=120$ об/мин.

Глубина шлифования

$t=0,005 \div 0,015$ мм.

Принимаем, учитывая бесступенчатое регулирование поперечной подачи шлифовального круга на ход стола, $t=0,005$ мм.

Продольная подача $S=(0,2\div 0,4) \cdot B_k$, мм/об.

Принимаем $S=0,25 \cdot B_k=0,25 \cdot 63=15,75$ мм/об.

Скорость продольного хода стола

$$V_c = \frac{S \cdot n_z}{1000} = \frac{15,75 \cdot 315}{1000} \cdot 120 = 1,89 \text{ м/мин.}$$

С учетом паспортных данных (бесступенчатое регулирование скорости продольного хода стола) принимаем $V_c=1,9$ м/мин.

3. Проверка достаточности мощности станка

Мощность затрачиваемая на резание:

$$N_p = C_N \cdot V_z^z \cdot t^x \cdot S^y \cdot d^q, \text{ кВт [2]},$$

где C_N – коэффициент, учитывающий условия шлифования;

x, y, z, q – показатели степени;

V, t, S – элементы режима резания;

d – диаметр шлифования, мм.

Для круглого наружного шлифования закаленной стали с подачей на каждый ход шлифовальным кругом зернистостью 40, твердостью СМ1

$$C_N=2,65; z=0,5; x=0,5; y=0,55; q=0,$$

$$\text{тогда } N_p=2,65 \cdot 30^{0,5} \cdot 0,005^{0,5} \cdot 15,75^{0,55} \cdot 1=2,65 \cdot 5,48 \cdot 0,07 \cdot 4,55=4,63 \text{ кВт.}$$

Мощность на шпинделе станка

$$N_{un}=N_p \cdot \eta, \text{ кВт}$$

где $N_p=7,5$ кВт;

$\eta=0,8$ – паспортные данные станка (см. приложение 2).

$$N_{un}=7,5 \cdot 0,8=6 \text{ кВт.}$$

Так как $N_{un}=6 \text{ кВт} > N_p=4,63 \text{ кВт}$, то обработка возможна.

4. Основное время

$$T_0 = \frac{L \cdot h}{1000 \cdot V_c \cdot t} \cdot K, \text{ мин } K=1,4 \text{ – коэффициент выхаживания}$$

$$L=l-(1-K \cdot m) \cdot B_k, \text{ мм}$$

где m – доля перебега круга, принимаем $m=0,5$ (т.е. половина круга); $K=1$ – число сторон перебега круга (см. эскиз обработки), тогда

$$L=l-(1-1 \cdot 0,5) \cdot B_k=1-0,5 \cdot B_k=300-0,5 \cdot 63=268,5 \text{ мм}$$

$$T_0 = \frac{268,5 \cdot 0,2}{1000 \cdot 1,9 \cdot 0,005} \cdot 1,4 = 7,92 \text{ мин.}$$

Задание на практическое занятие №4

Выполнить расчет режима резания аналитическим способом по заданному варианту.

Исходные данные приведены в таблице 4.

Таблица 4

№	Материал заготовки и его свойства	Вид обработки и шероховатость поверхности, мкм	Размер поверхности, мм	Припуск на сторону, мм	Модель станка
1	2	3	4	5	7
1	Сталь 45ХН закаленная, HRC45	Окончательное круглое наружное шлифование, Ra=0,8	$D=60h8$ $l=240$	0,22	3М131
2	Сталь 40Х HRC30	Окончательное круглое наружное шлифование, Ra=0,4	$D=55h7$ $l=40$	0,15	3М131
3	Серый чугун СЧ30, HB220	Предварительное круглое внутреннее шлифование, Ra=1,6	$D=120H8$ $l=140$	0,25	3К228В
4	Серый чугун СЧ15, HB190	Окончательное круглое внутреннее шлифование, Ra=0,8	$D=80H7$ $l=60$	0,2	3К228В
5	Сталь 12Х18Н9Т	Предварительное плоское	$B=250$	0,4	3П722

1	2	3	4	5	7
	HRC30	шлифование, Ra=1,6	l=300		
6	Сталь 40X закаленная, HRC52	Окончательное круглое внутреннее шлифование, Ra=0,4	D=55H7 l=50	0,18	3K228B
7	Сталь 47A закаленная, HRC60	Окончательное плоское шлифование, Ra=0,8	B=200 l=300	0,25	3П722
8	Серый чугун СЧ20, HB200	Предварительное плоское шлифование, Ra=1,6	B=280 l=650	0,5	3П722
9	Бронза Бр АЖН 10– 4 HB170	Окончательное круглое наружное шлифование, Ra=0,8	D=45h7 l=120	0,2	3M131
10	Сталь 40 закаленная, HRC35	Окончательное круглое наружное шлифование, Ra=0,4	D=84h7 l=300	0,1	3M131
11	Сталь 30ХГТ HRC30	Предварительное круглое наружное шлифование, Ra=1,6	D=120h8 l=48	0,25	3M131
12	Сталь 45X закаленная, HRC45	Окончательное круглое наружное шлифование, Ra=0,8	D=85h7 l=60	0,18	3M131
13	Сталь 40ХНМА закаленная, HRC55	Окончательное плоское шлифование, Ra=0,8	B=120 l=270	0,2	3П722
14	Латунь ЛМцЖ 52– 4–1	Предварительное круглое внутреннее шлифование, Ra=1,6	D=120H8 l=80	0,25	3K228B
15	Сталь 48A закаленная, HRC60	Окончательное круглое внутреннее шлифование, Ra=0,4	D=80H7 l=70	0,15	3K228B
16	Сталь 35 HRC30	Предварительное круглое наружное шлифование, Ra=1,6	D=75h8 l=55	0,3	3M131
17	Сталь 45 закаленная, HRC40	Окончательное круглое наружное шлифование, Ra=0,8	D=38h7 l=100	0,15	3M131
18	Серый чугун СЧ10, HB180	Предварительное круглое наружное шлифование, Ra=1,6	D=65h7 l=90	0,2	3M131
19	Серый чугун СЧ30, HB220	Окончательное плоское шлифование, Ra=0,8	B=45 l=250	0,25	3П722
20	Сталь 40, HRC30	Предварительное круглое внутреннее шлифование, Ra=1,6	D=58H8 l=60	0,3	3K228B
21	Сталь 40X закаленная, HRC50	Окончательное круглое внутреннее шлифование, Ra=0,4	D=65H7 l=70	0,25	3K228B
22	Сталь 50Г HRC55	Предварительное плоское шлифование, Ra=1,6	B=55 l=150	0,45	3П722
23	Сталь 45X закаленная, HRC52	Предварительное плоское шлифование, Ra=1,6	B=80 l=250	0,35	3П722
24	Серый чугун СЧ20, HB200	Предварительное круглое наружное шлифование, Ra=1,6	D=110h8 l=280	0,2	3M131
25	Сталь 30ХГТС закаленная, HRC55	Окончательное круглое наружное шлифование, Ra=0,4	D=65h7 l=50	0,25	3M131
26	Сталь 40X закаленная, HRC40	Окончательное круглое наружное шлифование, Ra=0,8	D=65h7 l=200	0,3	3M131
27	Латунь ЛМцЖ 52– 4–1	Окончательное плоское шлифование, Ra=0,8	B=300 l=210	0,25	3П722
28	Сталь 40ХНМА закаленная, HRC55	Предварительное круглое внутреннее шлифование, Ra=1,6	D=180H8 l=100	0,15	3K228B

1	2	3	4	5	7
29	Сталь 35ХН HRC40	Окончательное круглое внутреннее шлифование, Ra=0,4	$D=60H7$ $l=20$	0,25	3K228B
30	Сталь 48А закаленная, HRC55	Предварительное круглое наружное шлифование, Ra=1,6	$D=115h8$ $l=45$	0,15	3M131

ЛИТЕРАТУРА

1. Аршинов В.А., Алексеев Г.А. Резание металлов и режущий инструмент. – М.: Машиностроение, 1976.
2. Справочник технолога–машиностроителя. В двух томах. Т.2. Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.
3. Справочник нормировщика–машиностроителя: в 2 т./Под ред. Е.М. Стружестраха. – М.: ГОСИздат, 1961. – Т.2. – 892 с.

Приложение 1

ПАСПОРТНЫЕ ДАННЫЕ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Токарно–винторезный станок 16K20

Высота центров, мм – 215

Расстояние между центрами, мм – до 2000.

Мощность двигателя, $N_d=10$ кВт

КПД станка $\eta=0,75$.

Частота вращения шпинделя, об/мин: 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600.

Продольные подачи, мм/об: 0,05; 0,06; 0,075; 0,09; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,36; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 2,0; 2,4; 2,8.

Поперечные подачи, мм/об: 0,025; 0,03; 0,0375; 0,045; 0,05; 0,0625; 0,075; 0,0875; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4.

Максимальная осевая сила резания, допускаемая механизмом подачи.

$P_x=600$ кгс – 6000 Н.

Вертикально–фрезерный станок 6P12

Площадь рабочей поверхности стола 320×1250 мм.

Мощность двигателя, $N_d=7,5$ кВт

КПД станка $\eta=0,8$.

Частота вращения шпинделя, об/мин: 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 630; 800; 1000; 1250; 1600.

Подачи стола продольные и поперечные, мм/мин: 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250.

Подачи стола вертикальные, мм/мин: 8; 10; 13,3; 21; 26,6; 33,3; 41,6; 53,3; 66,6; 83,3; 105; 133,3; 166,6; 210; 266,6; 333,3; 400.

Горизонтально–фрезерный станок 6P82Г

Мощность, частота вращения и подачи такие же, как у станка 6P12.

Круглошлифовальный станок 3M131

Наибольший диаметр шлифуемой заготовки, мм – 280.

Наибольшая длина заготовки, мм – 700.

Мощность двигателя шлифовальной бабки $N_d=7,5$ кВт.

КПД станка $\eta=0,8$.

Частота вращения круга, об/мин: 1112 и 1285.

Частота вращения обрабатываемой заготовки регулируется бесступенчато, об/мин: 40÷400.
 Скорость продольного хода стола регулируется бесступенчато, об/мин: 50÷5000.
 Периодическая поперечная подача шлифовального круга регулируется бесступенчато, мм/ход.стола: 0,002÷0,1.
 Непрерывная подача для врезного шлифования, мм/мин: 0,1÷4,5.
 Размеры шлифовального круга (нового) $D_k=600$ мм, $B_k=63$ мм.

Внутришлифовальный станок 3К228В

Наибольший диаметр шлифуемого отверстия, мм – 200.
 Наибольшая длина шлифуемой поверхности, мм – 200.
 Мощность двигателя шлифовального шпинделя $N_d=5,5$ кВт.
 КПД станка $\eta=0,85$.
 Частота вращения обрабатываемой заготовки регулируется бесступенчато, об/мин: 100÷600.
 Частота вращения шлифовального круга, об/мин: 4500; 6000; 9000; 13000.
 Скорость продольного хода шлифовальной бабки регулируется бесступенчато, об/мин: 1÷7.
 Поперечная подача шлифовального круга мм/ход: 0,001; 0,002; 0,003; 0,004; 0,005; 0,006.
 Наибольшие размеры шлифовального круга $D_k=175$ мм, $B_k=63$ мм.

Плоскошлифовальный станок 3П722

Размер стола 320×1250 мм.
 Мощность двигателя $N_d=15$ кВт.
 КПД станка $\eta=0,85$.
 Частота вращения шлифовального круга, об/мин: 1500.
 Скорость движения стола – регулируется бесступенчато, м/мин: 3÷45.
 Поперечная подача шлифовальной бабки – регулируется бесступенчато, мм/ход: 2÷48.
 Вертикальная подача круга, мм, на реверс шлифовальной бабки: 0,004; 0,005; 0,01; 0,015; 0,02; 0,025; 0,03; 0,035; 0,04; 0,045; 0,05; 0,055; 0,06; 0,065; 0,07; 0,075; 0,08; 0,085; 0,09; 0,095; 0,1.
 Размер шлифовального круга (нового) $D_k=450$ мм, $B_k=80$ мм.

Вертикально–сверлильный станок 2Н135

Мощность двигателя
 $N_d=4,5$ кВт.
 КПД станка $\eta=0,8$.
 Частота вращения шпинделя, об/мин: 31,5; 45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1440.
 Подачи, мм/об: 0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56; 0,8; 1,12; 1,6.
 Максимальная осевая сила резания, допускаемая механизмом подачи станка $P_{max}=15000$ Н.
 Выбор характеристик шлифовальных кругов для различных условий шлифования (скорость круга $V=35$ м/с).

Приложение 2

Вид шлифования	Ra, мкм	Конструкционная (углеродистая и легированная) сталь с твердостью HRC			Жаропрочная и коррозионно-стойкая сталь	Чугун и бронза
		30	30–50	50		
1	2	3	4	5	6	7
Круглое наружное с продольной подачей	20–10	15A50C1K	15A50CM2K	15A50CM1K	15A50CM1Б, К	54C50CM1K
	2,5–1,25	15A40–50C2K	15A40–50C1K	15A40–50CM2K	15A40–50C1Б, К	54C40–50CM1K
	1,25–0,63	15A, 24A40CT1K	24A40C1K	24A40CM2K	24A40CM2Б, К	63C, 24A40CM2K
	0,63–0,32	24A16–25CT1K	24A16–25C2K	24A16–25C1K	24A16–25CM2Б, К	63C, 25A16–25CM2K

1	2	3	4	5	6	7
Круглое наружное с радиальной подачей	20–10	15A50C2K	15A50C1K	15A50CM2K	15A50CM2Б, К	54C50CM2K
	2,5– 1,25	15A40– 50CT1K	15A40– 50CM2K	15A40– 50CM2K	15A40– 50CM2Б, К	54C40–50CM2K
	1,25– 0,63	15A, 24A40CT1K	24A40C1K	24A40C1K	24A40C1Б, К	63C, 24A40C1K
	0,63– 0,32	24A16– 25CT2K	24A16– 25C2K	24A16– 25C2K	24A16–25C1Б, К	63C, 24A16– 25C1K
Круглое внутреннее	20–10	24A50C1K	24A50CM2K	24A50CM2K	24A50CM1К, Б	54C50CM1K
	2,5– 1,25	24A40C2K	24A40C1K	24A40CM2K	24A40CM2К, Б	54C40CM2K
	1,25– 0,63	24A25C2K	24A25C2K	24A25C1K	24A25C1К, Б	63C, 24A25CM2K
	0,63– 0,32	24A16CT1K	24A16C2K	24A16C2K	24A16C1К, Б	63C, 24A16C1K
Плоское периферией круга	20–10	15A50CM2K	15A50CM1K	15A50M3K	15A50M3К, Б	63C, 54C, 24A50CM2K
	2,5– 1,25	15A40CM2K	15A40CM1K	15A40M3K	15A40M3К, Б	63C, 54C, 24A40CM2K
	1,25– 0,63	15A25C1K	15A25CM2K	15A25CM1K	15A25CM1К, Б	63C, 54C, 24A25C1K
	0,63– 0,32	15A16C1K	15A16CM2K	15A16CM1K	15A16CM1К, Б	63C, 54C, 24A16C1K
Плоское торцом круга	20–10	15A50CM1Б	15A50CM1Б	15A50CM2Б	15A50M2Б	63C, 54C, 24A50CM2Б
	2,5– 1,25	15A40CM1Б	15A40CM1Б	15A40M2Б	15A40M2Б	63C, 54C, 24A40CM2Б
	1,25– 0,63	15A25CM2Б	15A25CM1Б	15A25M3Б	15A25M3Б	63C, 54C, 24A25C1Б
	0,63– 0,32	15A25CM2Б	15A25CM1Б	15A25M3Б	15A25M3Б	63C, 54C, 24A25C1Б
Бесцентровое с продольной подачей	20–10	15A50C2K	15A50C1K	15A50CM2K	15A50CM2Б, К	63C, 54C50CM2K
	2,5– 1,25	15A, 24A40– 50CT1K	15A40– 50C2K	15A40– 50CM2K	15A40– 50CM2Б, К	63C, 54C40– 50CM2K
	1,25– 0,63	15A, 24A40CT1K	15A, 24A40C2K	15A, 24A40C1K	15A, 24A40C1Б, К	63C, 54C15A40C1K
	0,63– 0,32	24A16– 25CT2K	24A16– 25CT1K	24A16– 25C2K	24A16–25C1Б, К	63C, 54C15A1625C2K
Бесцентровое с радиальной подачей	20–10	15A50CT1K	15A50C2K	15A50C1K	15A50C1Б, К	63C, 54C50C1K
	2,5– 1,25	15A40– 50CT1K	15A40– 50C2K	15A40– 50C1K	15A40– 50CM1Б, К	63C, 54C40– 50C1K
	1,25– 0,63	15A, 24A40CT2K	15A, 24A40CT1K	15A, 24A40C2K	15A, 24A40C2Б, К	63C, 54C15A40C2K
	0,63– 0,32	24A16– 25CT2K	24A16– 25CT1K	24A16– 25C2K	24A16–25C2Б, К	63C, 54C15A1625C2K

Приложение 3

Среднее значение припусков на диаметр, снимаемых зенкерами и развертками, в мм. Приведенные припуски определяют глубину резания для зенкеров и разверток.

Припуск	Диаметр отверстия, в мм			
	11–18	19–30	31–50	51–80
Под зенкерование	0,5–0,8	1,0–1,5	1,6–1,8	3–4
Общий под черновое и чистовое развертывание	0,30	0,35	0,40	0,55
Под черновое развертывание	0,25	0,25	0,30	0,40
Под чистовое развертывание	0,05	0,10	0,10	0,15