ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени И.С. Тургенева

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ И.С. ТУРГЕНЕВА»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ Н.Н. ПОЛИКАРПОВА

Кафедра машиностроения

А.А. Черепенько

ПРОЦЕСС И ОПЕРАЦИИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ

Методические указания
по проведению практических занятий

Дисциплина – «Процессы и операции формообразования»
Специальность – 15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов»
Направление – 15.03.05.а «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Орёл
ОГУ имени И.С. Тургенева
2019

Автор: д-р техн. наук, проф. каф. машиностроения А.А. Черепенько

Рецензент: д-р техн. наук, проф. каф. машиностроения Г.В. Барсуков

Методические указания по проведению практических занятий позволяют студенту формулировать цели и задачи процессов и операций формообразования, участвовать в разработке проектов машиностроительных изделий и производств, разрабатывать обобщенные варианты решения проектных задач, анализировать и выбирать оптимальные решения, владеть методикой разработки функциональной, логической и технической организации процессов обработки, разрабатывать мероприятия по комплексному эффективному использованию сырья и ресурсов.

Предназначены для студентов очного отделения по специальности 15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов» и направлению 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

Редактор Л.Ю. Фроленкова
Технический редактор Т.Н. Шаблинская

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Орловский государственный университет имени И.С.Тургенева»

Подписано к печати 14.01.2019 г. Формат 60×90 1/16.
Усл. печ. л. 5,8. Тираж 10 экз.
Заказ №____

Отпечатано с готового оригинал-макета
на полиграфической базе ОГУ имени И.С. Тургенева
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95.

© Черепенько А.А., 2019
© ОГУ имени И.С. Тургенева, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

1. Практическое занятие №1 4
Определение сил, действующих при точении, и мощности
2. Практическое занятие №2 10
Расчет режима резания при точении аналитическим способом
3. Практическое занятие №3 19
Расчет режима резания при токарных работах с помощью нормативно-справочной литературы
4. Практическое занятие №4 27
Назначение режима резания при сверлении, зенкеровании и развертывании
5. Практическое занятие №5 34
Расчет режима резания при фрезеровании
6. Практическое занятие №6 41
Расчет режима резания при нарезании зубьев зубчатых колес
7. Практическое занятие №7 (четырехчасовое) 51
Расчет режима резания при шлифовании
8. Практическое занятие №8 (четырехчасовое) 62
Температура резания
9. Практическое занятие №9 66
Расчет экономической стойкости инструмента
10. Практическое занятие №10 (четырехчасовое) 68
Определение наивыгоднейшей скоростной ступени
11. Практическое занятие №11 71
Выбор конструкции инструмента и геометрических параметров режущей части резца
12. Практическое занятие №12 (четырехчасовое) 76
Определение наибольшей технологически допустимой подачи
Литература 85
Приложения 86

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

Определение сил, действующих при точении, и мощности

Цель работы: изучить методику расчета сил резания и мощности, затрачиваемой на резание, аналитическим способом.

Ознакомиться и приобрести навыки работы со справочной литературой.

Общие сведения

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 подач.

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_p.

Составляющие силы резания при точении рассчитывают по аналитической формуле :

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

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.

$$K_p = K_{\mu p} K_{\varphi p} K_{\lambda p} K_{zp} K_{\gamma p} \text{ ,}$$

где $K_{\mu p}$ - поправочный коэффициент, учитывающий свойства обрабатываемого материала;

$K_{\gamma p}, K_{\varphi p}, K_{\lambda p}, K_{rp}$ - коэффициенты, учитывающие соответствующие геометрические параметры резца .

Мощность резания рассчитывают по фориуле

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

где P_z - сила резания, Н;

V - скорость резания, м/мин.

<u>Пример решения задачи</u>

Определить силы, действующие при продольном точении заготовки из стали 40Х с пределом прочности $\sigma_в = 700\,МПа$, резцом с пластиной из твердого сплава Т5К10. Определить мощность резания. Глубина резания t=3 мм, подача S=0,8 мм\об, скорость резания V=67 м/мин.

Геометрические параметры резца: форма передней поверхности - радиусная с фаской; $\varphi = 60°$; $\varphi_1 = 15°$; $\gamma_ф = -5°$; $\alpha = 12°$; $\lambda = 0$; $r = 1мм.$

Решение:

1. Силы резания при точении

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

1.1 Определяем значения постоянной и показателей степени [2],

$C_{p_z} = 300$	x=1,0	y=0,75	n= - 0,15
$C_{p_x} = 339$	x=1,0	y=0,5	n= - 0,4
$C_{p_y} = 243$	x=0,9	y=0,6	n= -0,3

1.2 Определяем значения поправочных коэффициентов:

$$K_p = K_{\mu p} K_{\varphi p} K_{\lambda p} K_{rp} K_{\gamma p}$$

$$K_{мp_z} = \left(\frac{\sigma_в}{750}\right)^n;\ \text{n=0,75 [2],}$$

$$K_{мp_z} = \left(\frac{700}{750}\right)^{0,75} = 0,95.$$

$$K_{мp_x} = \left(\frac{\sigma_в}{750}\right)^n;\ \text{n=1 [3],}$$

$$K_{мp_x} = \left(\frac{700}{750}\right)^{1} = 0,93.$$

$$K_{мp_y} = \left(\frac{\sigma_в}{750}\right)^n;\ \text{n=1,35 [2],}$$

$$K_{мp_y} = \left(\frac{700}{750}\right)^{1,35} = 0,91.$$

Поправочные коэффициенты, учитывающие геометрию резца [2],

$K_{\varphi p_z} = 0,94;$ $K_{\varphi p_x} = 1,11;$ $K_{\varphi p_y} = 0,77;$

$K_{\gamma p_z} = 1,25;$ $K_{\gamma p_x} = 2;$ $K_{\gamma p_y} = 2;$

$K_{\lambda p_z} = K_{\lambda p_x} = K_{\lambda p_} = 1;$

K_{rp} - учитывается только для резцов из быстрорежущей стали:

$$P_z=10\cdot300\cdot3^1\cdot0,8^{0,75}\cdot67^{-0,15}\cdot0,95\cdot0,94\cdot1,25=4050\ \text{Н}$$
$$P_x=10\cdot339\cdot3^1\cdot0,8^{0,5}\cdot67^{-0,4}\cdot0,93\cdot1,11\cdot2=1685,5\ \text{Н}$$
$$P_y=10\cdot243\cdot3^{0,9}\cdot0,8^{0,6}\cdot67^{-0,3}\cdot0,91\cdot0,77\cdot2=1611\ \text{Н}$$

2. Мощность резания

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} = \frac{4050 \cdot 67}{60 \cdot 1020} = 4,43 кВт$$

Задание на практическое занятие №1

Выполнить расчет силы резания (P_z) и мощности, затрачиваемой на резание по заданному варианту.

Исходные данные приведены в таблице1.

Порядок выполнения работы

1. Пользуясь инструкцией и литературой [1, 2], изучить методику и выполнить расчет по заданию.
2. Составить отчет по форме 1.

Форма 1

1. Наименование работы.
2. Цель работы.
3. Задание.
4. Расчет силы резания и мощности, затрачиваемой на резание.

Таблица 1

Варианты задания к практическому занятию 1

№ варианта	Материал заготовки	Режим резания			Геометрические параметры резца*					
		t, мм	**S, мм**	**V, м/мин**	**φ°**	**α°**	**γ°**	**λ°**	**r, мм**	**Форма передней поверхности**
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Сталь 20, $\sigma_в$=550 МПа	4	0,7	140	45	8	10	5	1	Радиусная с фаской
2	Серый чугун СЧ10, НВ 160	5	0,78	60	60	8	5	10	1	Плоская
3	Сталь 12Х18Н9Т; НВ180	1	0,21	265	90	12	10	0	2	Радиусная с фаской
4	Сталь 14Х17Н2; НВ200	1,5	0,195	250	90	12	10	0	2	
5	Серый чугун СЧ30, НВ 220	1,5	0,26	150	45	10	5	-5	2	Плоская

6	Серый чугун СЧ20, НВ 210	2	0,35	155	45	10	12	0	1	Радиусная с фаской
7	Сталь 38ХА, $\sigma_в$=680 МПа	3	0,61	120	60	8	10	5		
8	Сталь 35, $\sigma_в$=560 МПа	1,5	0,2	390	60	12	15	0		
9	Серый чугун СЧ15, НВ 170	4,5	0,7	65	90	8	5	0		Плоская
10	Серый чугун СЧ10, НВ 160	3,5	0,6	65	45	10	10	5		
11	Сталь 40ХН, $\sigma_в$=700 МПа	1,5	0,3	240	60	12	10	-5	2	Радиусная с фаской
12	Сталь Ст3, $\sigma_в$=600 МПа	5	0,8	240	60	10	5	0		
13	Сталь 40Х, $\sigma_в$=750 МПа	1,0	0,15	240	90	12	10	-5		
14	Сталь Ст5, $\sigma_в$=600 МПа	3,5	0,52	130	45	8	10	5	1	Плоская
15	Серый чугун СЧ20, НВ 180	4,0	0,87	75	60	8	5	10		
16	Серый чугун СЧ20, НВ 200	2,5	0,25	100	45	10	5	0		
17	Сталь 20Х, $\sigma_в$=580 МПа	1,0	0,125	180	45	12	15	0		Радиусная с фаской
18	Сталь 50, $\sigma_в$=750 МПа	2,0	0,25	150	60	10	12	5	2	
19	Бронза Бр АЖН 10-4, НВ170	1,5	0,15	130	60	6	20	10	1	Плоская с фаской
20	Латунь ЛМцЖ 52-4-1, НВ100	2,5	0,3	80	90	8	25	-5		
21	Серый чугун СЧ30, НВ 220	1,5	0,1	130	45	10	8	0	15	Плоская
22	Серый чугун СЧ20, НВ 200	3	0,4	90	90	8	10	-5		

Продолжение таблицы 1

23	Сталь 30ХН3А, $\sigma_в$=800 МПа	5	0,8	110	60	12	12	-5	2	Радиусная с фаской
2	Сталь 30ХМ,	2,	0,2	10	4	1	1	2		

4	$\sigma_в$=780 МПа	5		0	5	0	0			
25	Сталь 45, $\sigma_в$=650 МПа	4	1,2	90	60	8	15	0		
26	Сталь 15Х, $\sigma_в$=687 МПа	2,0	0,35	100	45	6	8	5	1,5	
27	Ковкий чугун КЧ30, НВ 163	3,0	0,5	120	90	8	10	0	1	Плоская
28	Сталь 20ХНР, $\sigma_в$=700 МПа	4,5	0,06	80	60	12	5	-5		
29	Сталь 30Г, $\sigma_в$=550 МПа	1,5	0,35	120	45	10	12	10	2	
30	Сталь 35ХГСА, $\sigma_в$=700 МПа	2,5	0,05	140	90	8	5	0		

* Для всех вариантов принять резец с пластиной из твердого сплава.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2

Расчет режима резания при точении аналитическим способом

Цель работы: изучить методику расчета режима резания аналитическим способом. Ознакомиться и приобрести навыки работы со справочной литературой.

Общие сведения

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:

$$t = h = \frac{D - d}{2}, мм$$

где h - 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 Sм) 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 [4] или по эмпирической формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^v} K_v ,$$

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

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{uv} K_{\varphi v} K_{rv} ,$$

где K_{mv} - коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки;

K_{nv} - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

K_{uv} - коэффициент, учитывающий материал инструмента;

$K_{\varphi v}$ - коэффициент, учитывающий главный угол в плане резца;

K_{rv} - 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.

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D}, \text{ об/мин} \qquad (2.3)$$

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

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

где L - путь инструмента в направлении рабочей подачи, мм;
i - количество проходов.

$$L = l + y + \Delta \text{, мм}$$

где l - размер обрабатываемой поверхности в направлении подачи;
y - величина врезания, мм;
Δ - величина перебега, мм, $\Delta = 1 \div 2$ мм.

$$y = t \cdot ctg\varphi ,$$

где t - глубина резания;
φ - главный угол в плане резца.

<u>Пример решения задачи</u>

На токарно-винторезном станке 16К20 производится черновое обтачивание на проход вала D=68 мм до d=62h12 мм. Длина обрабатываемой поверхности 280 мм; длина вала l_1= 430 мм. Заготовка - поковка из стали 40Х с пределом прочности $\sigma_в$=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.

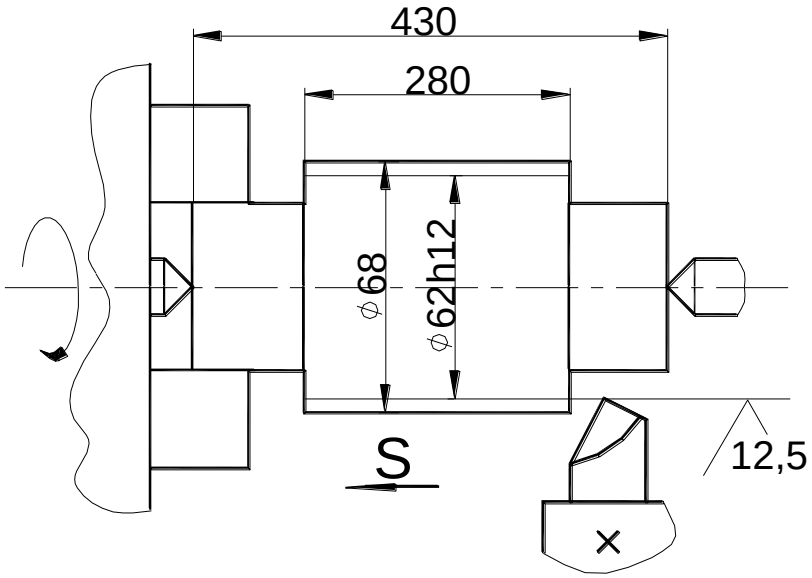


Рис. 1 Эскиз обработки

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:

$\gamma=15^0$; $\alpha=12$; $\lambda=0$ [3],
$\varphi=60^0$; $\varphi_1=15^0$; [3],
r=1 мм; f=1 мм; [3].

3. Назначение режимов резания

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

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

3.2. Назначаем подачу. Для черновой обработки заготовки из конструкционной стали диаметром до 100 мм резцом сечением 16х25 (для станка 16К20) при глубине резания до 3 мм:

S=0,6÷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.

3.3. Скорость резания , допускаемая материалом резца:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v \quad \text{, м/мин}$$

где C_v=340; x=0,15; y=0,45, m=0,2, T=60 мин [2], [3]

Поправочный коэффициент для обработки резцом с твердосплавной пластиной:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi v}$$

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_в} \right)^{n_v} \text{, [2], [3],}$$

где K_r=1; n_v=1 [2],
тогда:

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{700} \right)^{-1} = 1{,}07$$

K_{nv}=0,8 [2] или [3],
K_{uv}=0,65 [2] или [3],
$K_{\varphi v}$=0,9 [2] или [3].

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

3.4. Частота вращения, соответствующая найденной скорости резания:

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

$$n = \frac{1000 \cdot 70{,}6}{3{,}14 \cdot 68} = 330{,}6 \text{ об/мин.}$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по паспортным данным станка:

$$n_д = 315 \text{ об/мин.}$$

3.5. Действительная скорость резания:

$$V_д = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ , м/мин; } V_д = \frac{3{,}14 \cdot 68 \cdot 315}{1000} = 67{,}3 \text{ м/мин.}$$

4. Основное время:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i \text{ , мин}$$

Путь резца L=l+y + Δ , мм
Врезание резца y=t·ctgφ=3·ctg 60^0=3·0,58=1,7 мм
Пробег резца Δ=1,3 мм.
Тогда L=280+1,7+1,3=383 мм.

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

<u>Задание на практическое занятие №2</u>

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

Исходные данные приведены в таблице 2.

Порядок выполнения работы

1. Пользуясь инструкцией и дополнительной литературой, изучить методику определения режима резания. Ознакомиться со справочником [2] или [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.
10. Составить отчет по форме 2.

Таблица 2

№ ва-	Заготовка, материал и его свойства	Вид обработки и параметр шероховатости	D, мм	d, мм	l, мм
1	2	3	4	5	6
1	Прокат. Сталь 20, $\sigma_в$=500 МПа	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	90	82h12	260
2	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, НВ160	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	120	110h12	310
3	Поковка. Сталь 12Х18Н9Т, НВ180	Обтачивание в упор Ra=1,6 мкм	52	50e9	400
4	Прокат. Сталь 14Х17Н2, НВ200	Растачивание в упор Ra=3,2 мкм	90	93H11	30
5	Отливка без корки СЧ30, НВ220	Растачивание на проход Ra=3,2 мкм	80	83H11	50
6	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, НВ210	Растачивание на проход Ra=12,5 мкм	120	124H12	100
7	Прокат. Сталь 38ХА, $\sigma_в$=680 МПа	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	76	70h12	315
8	Обработанная. Сталь 35, $\sigma_в$=560 МПа	Растачивание на проход Ra=3,2 мкм	97	100H11	75
9	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 15, НВ170	Обтачивание в упор Ra=12,5 мкм	129	120h12	340
10	Обработанная. Серый чугун СЧ 10, НВ160	Подрезание сплошного торца Ra=12,5 мкм	80	0	3,5

Продолжение таблицы 2

11	Поковка. Сталь 40ХН, $\sigma_в$=700 МПа	Растачивание на проход Ra=3,2 мкм	77	80H11	45
12	Обработанная. Сталь Ст3, $\sigma_в$=600 МПа	Подрезание сплошного торца Ra=12,5 мкм	90	0	5
13	Прокат. Сталь 40Х, $\sigma_в$=750 МПа	Обтачивание в упор Ra=0,8 мкм	68	62e9	250
14	Обработанная. Сталь Ст5, $\sigma_в$=600 МПа	Растачивание на проход Ra=12,5 мкм	73	80H12	35
15	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, НВ180	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	62	58h12	210
16	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, НВ200	Подрезание втулки Ra=3,2 мкм	80	40	2,5
17	Поковка. Сталь 20Х, $\sigma_в$=580 МПа	Растачивание сквозное Ra=1,6 мкм	48	50H9	50
18	Обработанная. Сталь 50, $\sigma_в$=750 МПа	Подрезание торца втулки Ra=3,2 мкм	60	20	2,0
19	Отливка с коркой. Бронза Бр АЖН 10-4, НВ170	Обтачивание на проход Ra=1,6 мкм	88	85e12	140
20	Прокат. Латунь ЛМцЖ 52-4-1, НВ220	Растачивание в упор Ra=3,2 мкм	48	53H11	65
21	Обработанная. Серый чугун СЧ 30, НВ220	Подрезание торца Ra=1,6 мкм	65	0	1,5
22	Обработанная. Серый чугун СЧ 20, НВ220	Обработка в упор Ra=3,2 мкм	74	80H11	220
23	Поковка. Сталь 30ХН3А, $\sigma_в$=800 МПа	Обработка на проход Ra=12,5 мкм	105	115H12	260
24	Прокат. Сталь 30ХМ, $\sigma_в$=780 МПа	Подрезание торца Ra=1,6 мкм	80	0	2,5
2	Обработанная. Сталь 45,	Обработка на	72	80H9	10

5	$\sigma_в$=650 МПа	проход Ra=1,6 мкм			0
26	Прокат. Сталь ШХ15, $\sigma_в$=700 МПа	Растачивание на проход Ra=3,2 мкм	90	95H11	60
27	Поковка. Ковкий чугун КЧ30, НВ163	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	115	110h7	150
28	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 15, НВ163	Обтачивание в упор Ra=6,3 мкм	150	142h8	70
29	Прокат. Бронза Бр АЖ 9-4, $\sigma_в$=500 МПа	Растачивание в упор Ra=12,5 мкм	60	69H11	50
30	Прокат. Сталь 35Г2, $\sigma_в$=618 МПа	Подрезание торца втулки Ra=6,3 мкм	100	80	3,0

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3

Расчет режимов резания при токарных работах с помощью нормативно-справочной литературы

Цель работы: Изучить методику назначения режима резания по таблицам нормативов. Ознакомиться и приобрести навыки работы с нормативами.

Общие положения

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-го 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.

Режимы резания устанавливаются в следующем порядке:

1) Определение глубины резания t мм и числа проходов i. При черновом точении 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 (φ_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 Vм/мин. И соответствующей ей частоты вращения n, мин$^{-1}$. По значению скорости выбирается потребная 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.

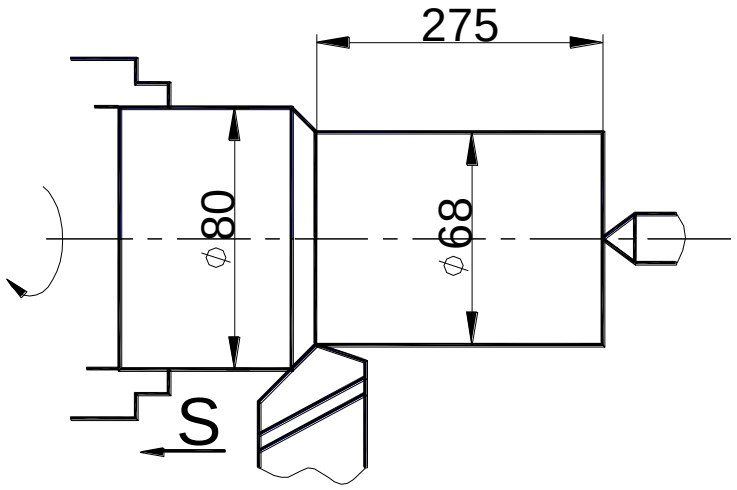
<u>Пример решения задачи</u>

Рассчитать режим резания при предварительной обточке детали типа вал на станке 16К20.

Исходные данные: род и размер заготовки - прокат, сталь 45; $\sigma_в$=550 МПа; D=80 мм; d=68 мм; l=275 мм; условия выполнения операции - заготовка устанавливается в самоцентрирующийся патрон с поджатием центра задней бабки.

Решение

1. Выполнение эскиза обработки.



2. Выбор режущего инструмента.

Для обтачивания вала из стали 45 принимаем токарный проходной резец прямой правый с пластиной из твердого сплава Т5К10 [2] или [3] φ=45°; φ1=10°; с=4 мм (толщина пластинки); ВхН=25х25 (сечение державки); $I_р$=1,5 Н (вылет резца).

3. Назначение режимов резания.

Расчет режимов резания выполним в традиционной последовательности с использованием данных работы [7].

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

$$t = h = \frac{D-d}{2} = \frac{80-68}{2} = 6 \text{ мм}$$

3.2 Назначаем подачу. Для державки резца сечением 25х25 мм, диаметра обработки до 100 мм и глубины резания до 8 мм рекомендуется подача S=0,5...0,7 мм/об;

Проверим допустимость рекомендуемой подачи по мощности электродвигателя , прочности державки резца и прочности пластинки твердого сплава.

Для глубины резания t=6 мм, мощности электродвигателя $N_д$=8 кВт и для резца φ_1>0° допускается подача S=0,7мм/об. Для стали с пределом прочности $\sigma_в$=550 МПа (55 кг/мм^2) поправочный коэффициент $К_{мS}$=1,07. Следовательно, подача, допускаемая мощностью электродвигателя (из условий обеспечения работы для твердого сплава со скоростью не ниже 50 м/мин) S=0,7·1,07=0,75 мм/об.

Для резца с державкой сечением 25х25 мм и глубиной резания t=6 мм находим подачу S=3 мм/об. Умножив эту подачу на поправочный коэффициент $К_{мS}$=1,07, соответствующий стали с пределом

прочности $\sigma_в$=550 МПа (55 кг/мм^2), и K_{MS}=0,58, соответствующий вылету резца l=1,5 Н, найдем подачу, допустимую прочностью державки резца: S=3·1,07·0,58=1,86 мм/об.

Для резца с главным углом в плане φ=45°, толщиной пластинки твердого сплава c=4 мм и для глубины резания t=6 мм находим подачу S=1,11 мм/об.

С учетом поправочного коэффициента для стали ($\sigma_в$=550 МПа), K_{MS}=1,07, допускается подача по прочности пластинки твердого сплава

S=1,11·1,07=1,19 мм/об.

Из сопоставления подач S=0,7 мм/об, S=1,86 мм/об и S=1,19 мм/об, видим, что величину подачи лимитирует мощность электродвигателя. Подача, допустимая мощностью электродвигателя, не ограничивает максимальную подачу S=0,7 мм/об. Такая подача имеется на станке (согласно паспортным данным), следовательно, ее и примем для выполнения технологического перехода обработки ∅68 .

3.3. Скорость резания и частота вращения шпинделя. Для глубины резания t=6 мм резца проходного прямого с главным углом в плане φ=45° для S=0,7 мм/об соответствует V=100 м/мин, P_z=6630 Н, $N_э$=10,7 кВт.

Определяем поправочные коэффициенты для измененных условий резца. В данном примере необходимо учесть только поправочный коэффициент в зависимости от предела прочности обработанного материала $\sigma_в$. Для $\sigma_в$=550 МПа находим K_{mv} =1,18, $K_{мр_z} = 0{,}92$, $K_{mN_э} = 1{,}09$.

Следовательно, для заданных условий обработки нормативные значения V, P_z и $N_э$ составляют: V=100·1,18=118 м/мин; P_z=6630·0,92=6100 Н; $N_э$=10,7·1,09=11,6 кВт.

Найденный режим не может быть осуществлен на заданном станке , так как эффективная мощность , потребная на резание $N_э$=11,6 кВт, выше мощности на шпинделе, допустимой номинальной мощностью электродвигателя (7,5 кВТ по паспорту станка). Необходимо уменьшить скорость резания. Коэффициент изменения скорости резания зависит от отношения мощности на шпинделе, допускаемой станком, к мощности по нормативам.

В данном примере это отношение будет 7,5/11,6=0,6.

Для этого соотношения коэффициент изменения скорости резания: K_v =0,55 м/мин. Скорость резания, установленная по мощности станка ,

$$V=188\cdot 0{,}55=65 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n=\frac{1000\cdot V}{\pi\cdot D}=\frac{1000\cdot 65}{3{,}14\cdot 80}=258 \text{ об/мин}$$

По паспорту станка выбираем n=250 об/мин. Тогда фактическая скорость резания:

$$V_{\phi}=\frac{\pi\cdot D\cdot n}{1000}=\frac{3{,}14\cdot 80\cdot 250}{1000}=62{,}8 \text{ м/мин.}$$

Окончательно для перехода обработки ∅80: глубина резания t=6мм, подача S=0,7 мм/об, n=250 об/мин, $V_{ф}$=62,8 м/мин.

4. Основное время:

$$T_o=\frac{L}{n\cdot S}\cdot i=\frac{281}{250\cdot 0{,}7}\cdot 1=1{,}6 \text{ мин.}$$

где L - путь резца:

$$L=l+l_1=275+6=281 \text{ мм}$$

здесь l_1 - величина врезания резца (для данного примера). Для глубины резания t=6 мм и главном угле в плане φ=45° находим l_1=6 мм;
l - длина обработанной поверхности.

<u>Задание на практическое занятие №3.</u>

Определить режимы резания по таблицам нормативов (по заданному варианту) для обработки на токарно-винторезном станке 16К20.

Исходные данные приведены в таблице 3.

Порядок выполнения работы

1. Пользуясь инструкцией и дополнительной литературой, изучить методику определения режима резания. Ознакомиться со справочником [7].
2. Выполнить эскиз обработки.
3. Выбрать режущий инструмент, выполнить эскиз.
4. Назначить глубину резания.
5. Определить подачу.
6. Определить скорость, силу и мощность затрачиваемую на резание.
7. Определить частоту вращения шпинделя и скорректировать по паспорту станка.
8. Определить действительную скорость резания.
9. Определить основное технологическое время.

Таблица 3

№ ва-	Заготовка, материал и его свойства	Вид обработки и параметр шероховатости	D, мм	d, мм	l, мм
1	2	3	4	5	6
1	Прокат. Сталь 45, $\sigma_в$=600 МПа	Растачивание на проход, Ra=3,2 мкм	97	100H10	120
2	Прокат. Сталь 2Х13, $\sigma_в$=600 МПа	Обтачивание на проход, Ra=3,2 мкм	80	70h10	300
3	Прокат. Сталь ШХ15, $\sigma_в$=700 МПа	Растачивание в упор, Ra=12,5мкм	90	95H12	50
4	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 15, НВ197	Обтачивание в упор, Ra=12,5 мкм	100	94h12	150
5	Прокат. Латунь ЛМцЖ 52-4-1 НВ220	Растачивание на проход, Ra=12,5 мкм	48	54H12	70
6	Отливка. Чугун ВЧ 60-2. НВ240	Растачивание, Ra=3,2 мкм	70	63h10	60
7	Прокат. Сталь 40Х, $\sigma_в$=700 МПа	Обработка в упор, Ra=12,5 мкм	66	70H12	100
8	Обработанная. СЧ 24,	Обработка в упор,	120	114h	250

	НВ207	Ra=3,2 мкм		10	
9	Поковка. Чугун КЧ33 НВ163	Обработка на проход, Ra=12,5 мкм	110	116H12	150
10	Обработанная.Сталь20Х, $\sigma_в$=550 МПа	Обработка в упор, Ra=1,6 мкм	80	70h7	200
11	Прокат. Сталь 40ХН, $\sigma_в$=700 МПа	Обработка на проход, Ra=3,2 мкм	74	80H10	75
12	Прокат. Сталь 18ХГТ, $\sigma_в$=700 МПа	Обработка на проход, Ra=12,5 мкм	170	155h12	125
13	Обработанная.Сталь65Г, $\sigma_в$=700 МПа	Обработка в упор, Ra=12,5 мкм	62	70H12	80
14	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 21, НВ205	Обработка в упор, Ra=12,5 мкм	125	113h12	275
15	Поковка. Чугун КЧ35 НВ163	Обработка на проход, Ra=3,2 мкм	138	150H10	100
16	Обработанная.Сталь1Х13,$\sigma_в$=500 МПа	Обтачивание на проход, Ra=3,2 мкм	90	81h10	175
17	Прокат. Сталь 1Х18Н9Т, $\sigma_в$=550 МПа	Обработка в упор, Ra=12,5 мкм	42	50H12	90
18	Отливка с коркой. Бронза БрАЖН 10-4. НВ170	Обтачивание на проход, Ra=1,6 мкм	105	100h7	85
19	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 40, НВ210	Обработка на проход, Ra=3,2 мкм	60	69H12	45
20	Обработанная.Сталь35, $\sigma_в$=560МПа	Обработка на проход, Ra=1,6 мкм	115	100h7	280
21	Прокат. Сталь 38ХА, $\sigma_в$=680 МПа	Обработка на проход, Ra=1,6	85	90H7	110

		мкм			
22	Отливка с коркой. Сталь35ХГСЛ, $\sigma_в$=800Мпа	Обтачивание, Ra=12,5 мкм	95	90h12	70
23	Прокат. Сталь 20, $\sigma_в$=420 МПа	Обработка на проход, Ra=1,6 мкм	65	70H7	50
24	Обработанная.Сталь50, $\sigma_в$=900МПа	Обработка в упор, Ra=12,5 мкм	55	51h12	35
25	Обработанная.Сталь50Х, $\sigma_в$=650МПа	Обработка в упор, Ra=3,2 мкм	32	35H10	20
26	Отливка с коркой. Сталь30Л, $\sigma_в$=480МПа	Обработка на проход, Ra=1,6 мкм	100	92h7	195
27	Прокат. Сталь 30ХМ, $\sigma_в$=1000 МПа	Обработка на проход, Ra=12,5 мкм	75	80H12	120
28	Прокат. Сталь 30, $\sigma_в$=600 МПа	Обработка в упор, Ra=3,2 мкм	116	98h10	115
29	Отливка с коркой. Чугун ЖЧХ, НВ250	Обработка на проход, Ra=12,5 мкм	95	115H12	180
30	Прокат. Сталь 65Г, $\sigma_в$=700 МПа	Обработка на проход, Ra=12,5 мкм	150	128h12	300

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4

Назначение режима резания при сверлении, зенкеровании и развертывании

Цель работы: изучить методику назначения режимов резания по таблицам нормативов. Ознакомиться и приобрести навыки работы с нормативами.

Общие сведения

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÷6,3 мкм, точность по 11-14 квалитету. Градация диаметров спиральных сверел должна соответствовать ГОСТ 885-64. Для получения более точных отверстий (8-9 квалитет) с шероховатостью поверхности Ra=6,3÷3,2 мкм применяют зенкерование. Исполнительные диаметры стандартных зенкеров соответствуют ГОСТ1677-75. 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, зенкеровании и развертывании.

$$t = \frac{D - d}{2}, \text{ мм.}$$

При рассверливании отверстий подача, рекомендуемая для сверления, может быть увеличена в 2 раза.

Порядок назначения остальных элементов режима резания аналогичен назначению режимов резания при токарной обработке.
Средние значения припусков на диаметр, снимаемых зенкерами и развертками см. в приложении 4.

Пример решения задачи

На вертикально-сверлильном станке 2Н125 обработать сквозное отверстие диаметром 25Н7 (Ra=1,6 мкм), l=125 мм. Материал заготовки СЧ18, НВ210.

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

Решение:

1. Выбор инструмента.

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

Для сверления чугуна СЧ18 НВ210 согласно [7] выбираем сверло D=22 мм из стали Р18 , заточенное по методу В.И. Жирова, $2\varphi = 118°$; $2\varphi_0 = 70°$; для зенкерования – цельный зенкер D=24,9 мм из стали Р18; $\varphi = 45°$; $\alpha_p = 10°$; для развертывания – цельную развертку D=25 мм, $\varphi = 5°$ из стали Р18.

2. Выполнение эскиза обработки.

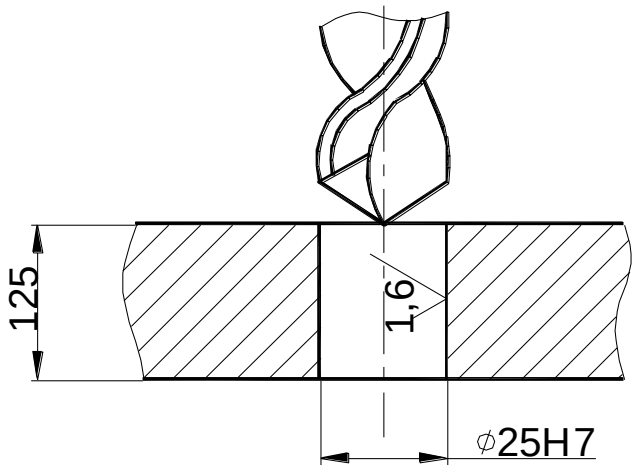


Рис 3. Эскиз обработки

2. Выбор режима резания.

Расчет режимов резания выполним в традиционной последовательности с использованием данных работы [7].

Первый переход. Выбор подачи. Для сверления чугуна НВ210 сверлом диаметром 22 мм выбираем подачу S=0,65÷0,75 мм/об. С учетом поправочного коэффициента на длину сверления Kl_s=0,9 получам расчетные величины подач:

$$S=0,59\div0,68 \text{ мм/об.}$$

По паспорту станка устанавливаем ближайшую подачу к расчетной S=0,56 мм/об.

Выбор скорости и числа оборотов.

Исходя из диаметра сверла 22 мм и установленной подачи S=0,56 мм/об, методом двойной интерполяции определяем нормативные скорость резания и число оборотов (быстрее и удобнее вести расчет только по числу оборотов).

$n_н$=396 об/мин.

Учитывая поправочные коэффициенты на заточку сверла по методу В.И. Жирова (ЖДП) $Кф_v$ =1,05, на длину сверления (l=5D), Kl_v =0,75 и на механические свойства серого чугуна НВ210 $Км_v$ =0,88 , получаем расчетное число оборотов в минуту

$$n=n_н\cdot Кф_v\cdot Kl_v\cdot Км_v=396\cdot1,05\cdot0,75\cdot0,88=274 \text{ об/мин.}$$

Ближайшее число оборотов по паспорту станка n=250 об/мин. Тогда фактическая скорость резания будет равна

$$V_ф=\frac{\pi\cdot D\cdot n}{1000}=\frac{3,14\cdot22\cdot250}{1000}=17,3 \text{ м/мин.}$$

Проверка выбранного режима по осевому усилию и мощности.

Для установленных условий сверления D=22 мм, S=0,56 мм/об и n=250 об/мин методом двойной интерполяции получаем осевое усилие $P_н$=6010 Н и крутящий момент $M_{кр}$=6572 кг·мм.

С учетом поправочного коэффициента на обрабатываемый материал $К_{Мм}$=$Км_р$=1,06 и заточки по методу Жирова (ЖДП) $Кф_р$=0,66 и $Кф_м$=1 получим:

$$P=Pн\cdot Км_р\cdot Кф_р=6010\cdot1,06\cdot0,66=4205 \text{ Н}$$

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

$$M = Ммр_н \cdot Км_м \cdot Кф_м = 6572 \cdot 1{,}06 \cdot 1 = 6966 \text{ кг·мм.}$$

Пользуясь графиком определяем при $M_{кр}$=6966 кг·мм и n=250 об/мин мощность, потребную на резание : $N_{рез}$=1,6 квт.

По паспорту станка мощность на шпинделе

$$Nэ = N\partial \cdot \eta = 4{,}5 \cdot 0{,}8 = 3{,}6 \text{ кВт; } Nэ = 3{,}6 > N_{рез} = 1{,}6 \text{ кВт.}$$

Следовательно, станок не лимитирует выбранного режима резания.

Второй переход. Выбор подачи.

Для зенкерования отверстия в сером чугуне НВ210 зенкером диаметром 24,9 мм (25 мм) при последующей обработке отверстия одной разверткой рекомендуется подача S=0,55÷0,6 мм/об. Ближайшая подача по паспорту станка S=0,56 мм/об.

Выбор скорости резания и числа оборотов.

Исходя из диаметра зенкера D=24,9 (25) мм, для подачи S=0,56 мм/об путем интерполяции определяем число оборотов $n_н$=329 об/мин.

С учетом поправочного коэффициента на обрабатываемый материал $Км_v$=0,88 число оборотов будет равно $n = n_н \cdot Км_v = 329 \cdot 0{,}88 = 289$ об/мин. Ближайшее число оборотов по паспорту станка n=250 об/мин. Фактическая скорость резания :

$$V_ф = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 24{,}9 \cdot 250}{1000} = 19{,}6 \text{ м/мин.}$$

Третий переход. Выбор подачи.

Для развертывания отверстия в сером чугуне НВ>200 механической разверткой D=25 мм с чистотой поверхности отверстия Ra=1,6 мкм рекомендуется подача S=1,9 мм/об. Ближайшая подача по паспорту станка S=1,6 мм/об.

Выбор скорости резания и числа оборотов.

Для развертывания отверстия диаметром 25 мм с подачей 1,6 мм/об рекомендуется число оборотов $n_н$=105 об/мин. С учетом поправочного коэффициента на обрабатываемый материал серый чугун НВ>200 $Км_n$=0,88. Тогда:

$$n = n_н \cdot К_{м_n} = 105 \cdot 0{,}88 = 92 \text{ об/мин}$$

Ближайшее число оборотов по паспорту станка:

$$n = 90 \text{ об/мин.}$$

Фактическая скорость резания:

$$V_ф = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 25 \cdot 90}{1000} = 7 \text{ м/мин.}$$

Определение основного (технологического) времени.

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

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

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

$$t_{02} = \frac{l + l_1}{S \cdot n} = \frac{125 + 5}{0{,}56 \cdot 250} = 0{,}93 \text{ мин}$$

$$t_{02} = \frac{l + l_1}{S \cdot n} = \frac{125 + 30}{1{,}6 \cdot 90} = 1{,}0 \text{ мин}$$

Основное время операции:

$$T_0 = t_{01} + t_{02} + t_{03} = 0{,}98 + 0{,}93 + 1{,}0 = 2{,}91 \text{ мин.}$$

<u>Задание на практическое занятие №4.</u>

Выполнить расчет режима резания по таблицам нормативов для обработки сквозного отверстия на вертикально-сверлильном станке 2Н135 по заданному варианту. Исходные данные в таблице 4.

Порядок выполнения работы аналогичен предыдущей.

Таблица 4

№ вариан-	Материал заготовки и его характеристики	Диаметр отверстия D мм, параметр шероховатости, мкм	Длина отверстия l, мм
1	2	3	4
1	Сталь 12ХН2, $\sigma_в$=800 МПа	18Н7, Ra=1,6	50
2	Сталь 12ХН3А, $\sigma_в$=950 МПа	25Н5, Ra=0,4	60
3	Серый чугун СЧ30, НВ200	30Н5, Ra=0,4	80
4	Серый чугун СЧ20, НВ210	35Н7, Ra=1,6	90
5	Сталь 38ХА, $\sigma_в$=680 МПа	28Н7, Ra=1,6	55
6	Сталь 35, $\sigma_в$=560 МПа	38Н8, Ra=6,3	75
7	Серый чугун СЧ15, НВ170	45Н9, Ra=3,2	45
8	Серый чугун СЧ10, НВ160	17Н7, Ra=1,6	50
9	Сталь 40ХН, $\sigma_в$=700 МПа	45Н9, Ra=6,3	100
10	Сталь Ст3, $\sigma_в$=600 МПа	50Н9, Ra=6,3	60
11	Сталь 40Х, $\sigma_в$=750 МПа	22Н5, Ra=0,4	95
12	Сталь Ст5, $\sigma_в$=600 МПа	16Н5, Ra=0,4	30
13	Серый чугун СЧ20, НВ180	38Н9, Ra=6,3	85
14	Серый чугун СЧ20, НВ200	50Н9, Ra=3,2	50
15	Сталь 20Х, $\sigma_в$=580 МПа	20Н5, Ra=0,4	40
16	Сталь 50, $\sigma_в$=750 МПа	30Н7, Ra=1,6	60
1	Бронза Бр АЖН 10-4,	28Н7, Ra=1,6	55

7	НВ170		
18	Латунь ЛМцЖ 52-4-1, НВ220	40Н9, Ra=3,2	80
19	Серый чугун СЧ30, НВ220	23Н5, Ra=0,4	45
20	Серый чугун СЧ20, НВ220	32Н7, Ra=1,6	35
21	Сталь 30ХН3А, σв=800 МПа	20Н7, Ra=1,6	60
22	Сталь 30ХМ, σв=780 МПа	55Н8, Ra=3,2	110

Продолжение табл. 4

1	2	3	4
23	Сталь 45, σв=650 МПа	48Н9, Ra=6,3	96
24	Сталь 20, $\sigma_в$=500 МПа	50Н8, Ra=3,2	100
25	Силумин АЛ4, НВ50	35Н7, Ra=1,6	60
26	Чугун КЧ35, НВ163	42Н9, Ra=6,3	50
27	Сталь 38ХС, $\sigma_в$=950 МПа	22Н5, Ra=0,4	45
28	Сталь 50, $\sigma_в$=900 МПа	37Н9, Ra=6,3	70
29	Чугун ЖЧХ, НВ280	32Н7, Ra=1,6	65
30	Чугун ВЧ60, НВ250	27Н5, Ra=0,4	55

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5

Расчет режима резания при фрезеровании

Цель работы: Изучить методику назначения режима резания по таблицам нормативов. Ознакомиться и приобрести навыки работы с нормативами.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

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 точностью по 6-12 квалитету 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. $D=(1{,}25\div1{,}5)B$.

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 фрезе-

ровании 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 $S_м$ мм/мин, которые находятся в следующем соотношении:

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

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.

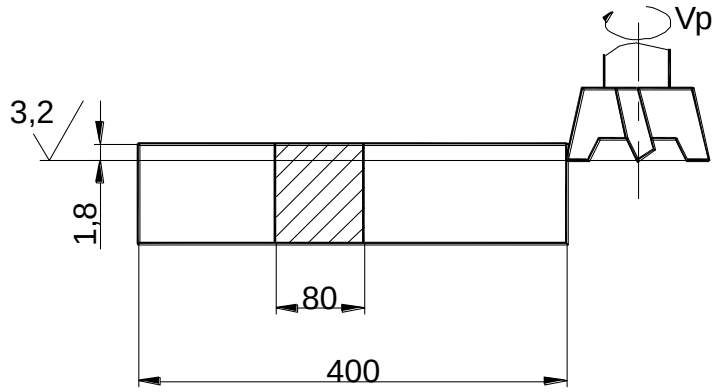
Скорость резания – окружная скорость фрезы, определяется режущими свойствами инструмента. Ее можно рассчитать по эмпирической формуле [2] , [3], или выбрать по таблицам нормативов [4], [7].

<u>Пример решения задачи.</u>

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, НВ220. 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 - Эскиз обработки



1. Выбор инструмента.

Для фрезерования на вертикально-фрезерном станке заготовки из чугуна выбираем торцевую фрезу с пластинками из твердого сплава ВК6 [2] или [3], диаметром D=(1,25÷1,5)·B=(1,25÷1,5)·80=100÷120 мм. Принимаем D=100 мм; z=10, ГОСТ 9473-71 [2] или [3].

Геометрические параметры фрезы: φ=60°, α=12°, γ=10°, λ=20°, φ_1=5°.

Схема установки фрезы – смещенная.

2. Режим резания.

2.1 Глубина резания.

Заданный припуск на чистовую обработку срезают за один проход, тогда:

$$t=h=1{,}8 \text{ мм}$$

2.2 Назначение подачи.

Для получения шероховатости Ra=6,3 мкм подача на оборот S_0=1,0÷0,7 мм/об [4].

Тогда подача на зуб фрезы:

$$S_z = \frac{S_0}{z} = \frac{1{,}0}{10} = 1{,}0 \text{ мм/зуб.}$$

2.3 Период стойкости фрезы.

Для фрез торцевых диаметром до 110 мм с пластинками из твердого сплава применяют период стойкости:

$$T=180 \text{ мин [4]},$$

2.4 Скорость резания , допускаемая режущими свойствами инструмента.

Для обработки серого чугуна фрезой диаметром до 110 мм, глубина резания t до 3,5 мм, подаче до 0,1 мм/зуб.

$$V=203 \text{ м/мин [4]},$$

С учетом поправочных коэффициентов:

K_{mv}=1; K_{nv}=1; при $\frac{B}{D} = \frac{80}{100} = 0{,}8$; $K_{БV}$=1; $K_{\varphi v}$=1 [4],

$$V=V\cdot K_{mv}\cdot K_{nv}\cdot K_{БV}\cdot K_{\varphi}=203\cdot 1=203 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя, соответствующая найденной скорости резания:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 203}{3{,}14 \cdot 100} = 643 \text{ об/мин.}$$

Корректируем по паспорту станка:

n=630 об/мин.

Действительная скорость резания:

$$V_p = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 100 \cdot 630}{1000} = 197{,}8 \text{ м/мин.}$$

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

3. Мощность, затрачиваемая на резание.

При фрезеровании чугуна с твердостью до НВ229, ширине фрезерования до 85 мм, глубине резания до 1,8 мм, подаче на зуб до 0,13 мм/зуб, минутной подаче до 660 мм/мин:

Nр=3,8 кВт [4],

3.1 Проверка достаточности мощности станка.

Мощность на шпинделе станка $N_{шп}=N_д\cdot\eta$

$N_д$=7,5 кВт; η=0,8 (по паспорту станка)

$N_{шп}=7{,}5\cdot 0{,}8=6$ кВт.

Так как $N_{шп}$=6 кВт >$N_р$=3,8 кВт, то обработка возможна.

4. Основное время:

$$T_0 = \frac{L}{S_м} \text{ , мкм}$$

где $L=l+l_1$.

Для торцового фрезерования фрезой диаметром 100 мм, ширине фрезерования 80 мм:

$$l_1=23 \text{ мм [4]},$$

$$T_0 = \frac{400+23}{630} = 0{,}67 \text{ мин.}$$

<u>Задание на практическое занятие №5</u>

Выполнить расчет режима резания по таблицам нормативов по заданному варианту.

Исходные данные приведены в таблице 5.

Порядок работы аналогичен предыдущим.

Таблица 5

№ ва-	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, НВ200	100	600	5	Торцовое фрезерование, Ra=12,5	6Р12
2	Серый чугун СЧ20, НВ210	150	500	4	Торцовое фрезерование, Ra=1,6	6Р12
3	Сталь 38ХА, $\sigma_в$=680 Мпа	80	400	6	Торцовое фрезерование, Ra=12,5	6Р12
4	Сталь 35, $\sigma_в$=360 Мпа	90	480	3,5	Торцовое фрезерование, Ra=1,6	6Р12
5	Серый чугун СЧ15, НВ170	50	300	3,5	Цилиндрическое фрезерование, Ra=3,2	6Р82Г
6	Серый чугун СЧ10, НВ160	80	250	1,5	Цилиндрическое фрезерование, Ra=3,2	6Р82Г
7	Сталь 40ХН, $\sigma_в$=700 Мпа	70	320	4	Цилиндрическое фрезерование, Ra=12,5	6Р82Г

Продолжение таблицы 5

8	Сталь Ст3, $\sigma_в$=600 Мпа	85	600	1,5	Цилиндрическое фрезерование, Ra=3,2	6Р82Г
9	Сталь 40Х, $\sigma_в$=750 Мпа	10	100	5	Фрезеровать паз, Ra=6,3	6Р12
1	2	3	4	5	6	7
10	Сталь Ст5, $\sigma_в$=600 Мпа	12	80	8	Фрезеровать паз ,Ra=6,3	6Р12
11	Серый чугун СЧ20, НВ180	20	120	10	Фрезеровать паз ,Ra=6,3	6Р12
12	Серый чугун СЧ20, НВ200	15	75	8	Фрезеровать паз ,Ra=6,3	6Р82Г
13	Сталь 20Х, $\sigma_в$=580 Мпа	8	110	8	Фрезеровать паз ,Ra=6,3	6Р82Г
14	Сталь 50, $\sigma_в$=750 Мпа	12	120	6	Фрезеровать паз ,Ra=6,3	6Р82Г
15	Бронза Бр АЖН 10-4 НВ170	100	300	4	Торцовое фрезе-рование, Ra=12,5	6Р12
16	Латунь ЛМцЖ 52-4-1, НВ220	60	180	1,5	Торцовое фрезе-рование, Ra=1,6	6Р12
17	Серый чугун СЧ30, НВ220	180	200	4,5	Торцовое фрезе-рование, Ra=12,5	6Р12
18	Серый чугун СЧ20, НВ220	110	280	2,5	Торцовое фрезе-рование, Ra=3,2	6Р12
19	Сталь 30ХН3А, $\sigma_в$=800 Мпа	80	320	5	Цилиндрическое фрезерование, Ra=12,5	6Р82Г
20	Сталь 30ХН, $\sigma_в$=780 МПа	115	300	3	Цилиндрическое фрезерование, Ra=3,2	6Р82Г
21	Сталь 45, $\sigma_в$=650 МПа	40	280	1,8	Цилиндрическое фрезерование, Ra=1,6	6Р82Г
22	Сталь 20, $\sigma_в$=500 МПа	35	400	3,5	Цилиндрическое фрезерование, Ra=6,3	6Р82Г
2	Силумин АЛ4,	55	250	4	Торцовое фрезе-	6Р12

3	НВ50				рование, Ra=6,3	
24	Сталь 30ХМ, $\sigma_в$=950 МПа	70	310	4,5	Торцовое фрезерование, Ra=12,5	6Р12
25	Сталь 18ХГТ, $\sigma_в$=700 МПа	85	350	2,5	Торцовое фрезерование, Ra=3,2	6Р12
26	Чугун ВЧ60, НВ250	120	300	5	Торцовое фрезерование, Ra=12,5	6Р12
27	Сталь 50, $\sigma_в$=900 МПа	60	250	6	Торцовое фрезерование, Ra=6,3	6Р12
28	Чугун КЧ60, НВ169	200	450	5,5	Торцовое фрезерование, Ra=3,2	6Р12
29	Сталь 18ХГТ, $\sigma_в$=700 МПа	85	300	4,5	Цилиндрическое фрезерование, Ra=12,5	6Р82Г
30	Чугун ВЧ38, НВ170	65	200	3	Цилиндрическое фрезерование, Ra=3,2	6Р82Г

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №6

Расчет режима резания при нарезании зубьев зубчатых колес

Цель работы: изучить методику расчета режима резания при зубонарезании по таблицам нормативов. Приобрести навыки работы по нормативам.

Общие сведения

Профиль зубьев зубчатого колеса образуется путем удаления материала впадины следующими способами обработки: фрезерованием, строганием, долблением, протягиванием, шевингованием и шлифованием.

Различают два метода нарезания зубьев:

копирования – когда форма режущей кромки инструмента соответствует форме впадины зубчатого колеса (дисковые, пальцевые модульные фрезы, зубодолбежные головки);

обкатки – поверхность зуба получается в результате обработки инструментом, режущие кромки которого представляют собой профиль сопряженной рейки или профиль зуба сопряженного колеса и во время обработки инструмент с заготовкой образуют сопряженную зубчатую пару (червячные фрезы, долбяки, шеверы и др.).

Метод обкатки имеет следующие преимущества по сравнению с методом копирования:

одним и тем же инструментом данного модуля можно нарезать зубчатые колеса с любым числом зубьев;

обеспечивается более высокая точность и низкая шероховатость поверхности зубьев нарезаемого колеса;

достигается более высокая производительность обработки благодаря непрерывности процесса и участию в работе одновременно большего количества лезвий.

Дисковая и пальцевая модульные фрезы представляют собой фасонные фрезы, профиль зуба которых повторяет профиль впадины нарезаемого колеса. Обработка производится по методу копирования. Пальцевые модульные фрезы применяют для получения шевронных и зубчатых колес большего модуля. Главным движением (движением

резания) является вращение фрезы вокруг своей оси. Движением подачи является движение фрезы вдоль оси заготовки.

При обработке червячной фрезой (метод обкатывания) движение резания – вращение фрезы, движение подачи – поступательное движение фрезы вдоль оси заготовки.

Зуборезный долбяк выполнен в виде зубчатого цилиндрического колеса и снабжен режущими кромками. Главное движение (движение резания) при зубодолблении – возвратно-поступательное движение долбяка, движений подачи два: движение обкатывания по делительным окружностям долбяка и нарезаемого колеса и радиальное перемещение. Зубодолбление применяют для нарезания наружных и внутренних зубьев прямых и косозубых колес.

Глубина резания при черновом нарезании зубьев (Ra=12,5 мкм), как правило, принимается равной глубине впадины t=h=2,2·m, где m – модуль нарезаемого колеса, мм.

Обычно черновые червячные фрезы профилируются такими, чтобы ими можно было нарезать зубья на полную глубину, но оставляя припуск на окончательную обработку лишь боковым сторонам зуба. Если мощности и жесткости станка недостаточно, припуск на черновую обработку срезают за два прохода: первый проход h=1,4m, второй проход , h=0,7m.

Чистовую обработку в два прохода применяют только при зубодолблении цилиндрических колес дисковыми долбяками с модулем 6 мм и выше при шероховатости выше Ra=1,6 мкм.

Подачи выбирают с учетом качества и точности нарезаемого колеса, мощности станка, модуля и числа зубьев нарезаемого колеса [5].

Скорость резания устанавливают в зависимости от режущих свойств инструмента. Размеров нарезаемого зуба. Глубины резания, подачи и других факторов по таблицам нормативов [5], или по эмпирической формуле [3].

Основное время при зубофрезеровании червячной фрезой

$$T_0 = \frac{L \cdot z}{n \cdot S_0 \cdot K} \text{ , мин}$$

где z - число зубьев нарезаемого колеса;

n - частота вращения фрезы, об/мин;

S_0 – подача фрезы за оборот заготовки, мм/об;

K - число заходов фрезы.

При чистовой обработке применяют однозаходную фрезу, при черновой – многозаходную.

L – величина хода фрезы

$$L=b+l_1,$$

Где b – ширина венца нарезаемого колеса, мм;

l_1 – величина врезания и перебега, мм

Основное время при зубодолблении:

$$T_0 = \frac{\pi \cdot m \cdot z}{K_\partial \cdot S} \cdot i + \frac{h}{K_\partial \cdot S_p} \text{, мин,}$$

где m – модуль нарезаемого колеса, мм;

z – число зубьев нарезаемого колеса;

K_∂ – число двойных ходов в минуту долбяка, дв.ход/мин;

S – круговая подача, мм/дв.ход;

S_p – радиальная подача, мм/дв.ход;

i – число проходов;

h – припуск на обработку, мм.

<u>Пример решения задачи</u>

На зубодолбежном станке 5122 нарезают долбяком прямозубое зубчатое колесо модуля m=3 мм с числом зубьев z=40, шириной венца b=40 мм. Обработка чистовая (Ra=1,6 мкм) по сплошному металлу. Материал заготовки – сталь 40Х, твердость НВ190.

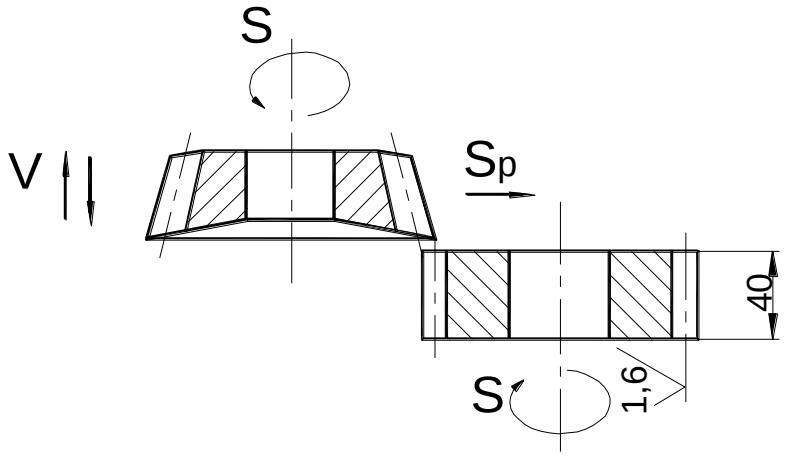
Необходимо: выбрать режущий инструмент, назначить режим резания (по таблицам нормативов), определить основное время.

Решение:

1. Выбор инструмента

Для зубодолбления цилиндрического колеса принимаем дисковый прямозубый долбяк модуля 3 тип 1 ГОСТ 9323-79 [2] или [3] из быстрорежущей стали Р6М5 [2] или [3].

Угол заточки по передней поверхности зубьев $\gamma_з$=5° [2], [3], [5].



2. Режим резания.

2.1 Круговая подача для станка модели 5122 с мощностью двигателя 3 кВт, т.е. III классификационной группы [5] , для чистовой обработки по сплошному металлу, обработки стали с твердостью до НВ207, при модуле нарезаемого колеса до m=3 мм, S=0,25÷0,3 мм/дв.ход [5].

С учетом поправочных коэффициентов Km_s=1 и паспортных данных станка принимаем S=0,25 мм/ дв.ход.

2.2 Радиальная подача.

$$S_p=(0,1\div0,3)\cdot S \text{ [5]},$$

$$S_p=(0,1\div0,3)\cdot0,25=0,025\div0,075 \text{ мм/дв.ход.}$$

С учетом паспортных данных станка принимаем:

$$S_p=0,036 \text{ мм/дв.ход.}$$

2.3 Период стойкости долбяка для чистовой обработки T=240 мин. [3].

2.4 Скорость резания, допускаемая режущими свойствами инструмента. Для чистовой обработки по сплошному металлу, круговой подаче S=0,25 мм/дв.ход и модуле до 4 мм

$$V=20,5 \text{ м/мин.}$$

С учетом поправочных коэффициентов Km_v=1; $K\beta_v$=1

$$Vp=V\cdot Km_v\cdot K\beta_v=20,5 \text{ м/мин.}$$

Число двойных ходов ходов долбяка в минуту , соответствующее найденной скорости резания,

$$K = \frac{1000 \cdot V_p}{2 \cdot L},$$

где L – величина хода долбяка, мм

$$L=b+l_1=40+8=48 \text{ мм},$$

Где l_1 – перебег долбяка на две стороны.

При ширине венца до 51 мм
l_1=8 мм [5],

$$K = \frac{1000 \cdot 20{,}5}{2 \cdot (40+8)} = 213{,}9 \text{ мм/дв.ход}$$

В соответствии с паспортными данными принимаем
$K_д$=200 мм/дв.ход.

Действительная скорость резания

$$V_д = \frac{2 \cdot L \cdot K_д}{1000} = \frac{2 \cdot 48 \cdot 200}{1000} = 19{,}2 \text{ м/мин.}$$

3. Проверка достаточности мощности станка.
3.1 Мощность, затрачиваемая на резание.

При чистовой обработке по сплошному металлу для данных условий обработки:

$$N=1{,}1 \text{ кВт [5]},$$

С учетом поправочных коэффициентов $Км_N$=1; $Kβ_N$=1; Kz_N=1,1

$$N_p=N \cdot Км_N \cdot Kβ_N \cdot Kz_N=1{,}1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1{,}1=1{,}21 \text{ кВт.}$$

3.2 Мощность на шпинделе станка:

$$N_ш = N_д \cdot \eta \text{ кВт},$$

где $N_д$=3 кВт; η=0,65 – паспортные данные станка

$$N_ш = 3 \cdot 0{,}65 = 1{,}95 \text{ кВт}.$$

Так как $N_ш$=1,95 кВт>$N_р$=1,21кВт, то обработка возможна.

4. Основное время:

$$T_0 = \frac{\pi \cdot m \cdot z}{K_д \cdot S} \cdot i + \frac{h}{K_д \cdot S_р} \text{ , мин}$$

где i – число проходов

$$T_0 = \frac{3{,}14 \cdot 3 \cdot 40}{200 \cdot 0{,}25} \cdot 1 + \frac{2{,}2 \cdot 3}{200 \cdot 0{,}036} = 8{,}46 \text{ мин}$$

<u>Задание на практическое занятие №6</u>

Выполнить расчет режима резания по таблицам нормативов по заданному варианту.

Исходные данные приведены в таблице 6.

Порядок выполнения работы аналогичен предыдущим.

Таблица 6

№ вариан-	Материал заготовки и его свой-ства	Вид обработки и шерохова-тость поверх-ности, мкм	Модуль,	Число	Ширина венца b	Угол наклона	Число од-но-	Мо-дель стан ка
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Сталь 12ХН3А, НВ210	Окончатель-ная (по сплошному металлу) Ra=3,2	3	20	30	0	6	53А 50
2	Сталь 30ХГТ, НВ200	Окончатель-ная (по пред-варительно	8	25	40	0	1	512 2

		прорезанному зубу)* Ra=1,6						
3	Серый чугун СЧ25, НВ210	Предварительное (под последующее зубодолбление)	6	30	32	15	5	53А50
4	Серый чугун СЧ20, НВ200	Предварительное (под последующее шевингование)	3	60	50	0	1	5122
5	Сталь 45, НВ190	Окончательная (по сплошному металлу) Ra=1,6	2,5	80	60	0	3	5122
6	Сталь 40Х, НВ200	Предварительное (под шевингование)	7	28	55	0	1	5122
7	Сталь 35Х, НВ185	Окончательная (по сплошному металлу) Ra=1,6	2	54	20	30	10	53А50
8	Сталь 12Х18Н9Т, НВ180	Предварительное (под шевингование)	4	45	32	0	1	5122

Продолжение табл. 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
9	Бронза Бр АЖН 10-4, НВ170	Предварительное (под последующее зубодолбление)	2,5	65	35	15	6	53А50
10	Латунь ЛМцЖ 52-	Окончательная (по	1,5	84	25	0	1	5122

	4-1, НВ220	сплошному металлу) Ra=1,6						
11	Сталь 14Х17Н2, НВ220	Окончательная (по предварительно прорезанному зубу)* Ra=1,6	5	32	50	0	1	5122
12	Сталь 20Х, НВ170	Предварительное (под шевингование)	5,5	24	24	0	1	5122
13	Серый чугун СЧ10, НВ170	Предварительное (под последующее зубодолбление)	8	46	25	15	8	53А50
14	Серый чугун СЧ15, НВ190	Окончательная (по предварительно прорезанному зубу)* Ra=1,6	6	30	38	0	1	5122
15	Сталь 38ХА, НВ190	Окончательная (по сплошному металлу) Ra=1,6	1,5	55	24	0	1	5122
16	Сталь 35, НВ180	Предварительное (под шевингование)	4	42	40	0	1	5122
17	Сталь 20, НВ200	Окончательная (по сплошному металлу) Ra=1,6	1,5	120	60	0	3	53А50
18	Серый чугун СЧ30, НВ220	Предварительное (под последующее	5	66	18	15	10	53А50

		зубодолбление)						
19	Сталь 20Х, НВ165	Окончательная (по предварительно прорезанному зубу)* Ra=1,6	8	22	30	0	1	5122
20	Сталь 45, НВ210	Окончательная (по сплошному металлу) Ra=3,2	2	85	50	0	1	5122
21	Сталь 35Х, НВ185	Предварительное (под шевингование)	3	65	42	0	1	5122
22	Сталь 45ХН, НВ220	Окончательная (по предварительно прорезанному зубу)* Ra=1,6	6	24	28	0	1	5122
23	Серый чугун СЧ30, НВ220	Предварительное (под последующее зубодолбление)	8	50	45	30	4	53А 50
24	Серый чугун СЧ10, НВ160	Окончательная (по сплошному металлу) Ra=1,6	2,5	70	65	15	3	53А 50
25	Сталь 45, НВ215	Окончательная (по сплошному металлу) Ra=1,6	2	80	30	0	6	53А 50
26	Серый чугун СЧ20, НВ240	Окончательная (по сплошному	3	22	45	0	6	53А 50

		металлу) Ra=1,6						

* В вариантах окончательной обработки по предварительно прорезанному зубу принять припуск на зубодолбление по межцентровому расстоянию h=1÷1,4 мм.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №7 (четырёхчасовое)

Расчет режима резания при шлифовании

Цель работы: изучить методику расчета режима резания при шлифовании аналитическим способом. Приобрести навыки работы со справочной литературой.

Общие сведения

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:

тип (форму) шлифовального круга [2] или [3],

материал абразивного зерна [2] или [3] , [6],

зернистость [2],

индекс зернистости [2],

твердость [2], [6],

структура [2], [6],

класс круга [2].

(Если выбор характеристики шлифовального круга производится по [3], то ее следует перевести в новое обозначение).

Выбор характеристики шлифовального круга можно провести по приложению 1 к данной инструкции.

После выбора элементов характеристики следует записать полную характеристику, которая содержит такие параметры: форму (тип), марку зерна, зернистость, индекс зернистости, твердость круга, структуру, тип связки, 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 $S_р$ – 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], [3] или определяется по таблицам нормативов.

Основное время при круглом шлифовании с продольной подачей

$$T_o = \frac{L \cdot h}{1000 \cdot V_c \cdot t} \cdot K \text{ , мин} \qquad (7.1)$$

Где h – припуск на сторону, мм;

V_c – скорость продольного хода стола , м/мин;

t – глубина шлифования, мм;

К – коэффициент выхаживания;

К=1,4 – при чистовом шлифовании;

К=1,1 – при предварительном шлифовании;

L – величина хода стола, мм

$$L=l-(1-K\cdot m)\cdot B_k \text{, мм} \qquad (7.2)$$

Где l – длина шлифуемой поверхности;

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

m – перебег в долях ширины круга;

B_k – ширина шлифовального круга, мм.

При круглом наружном шлифовании методом врезания:

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

где $n_з$ – частота вращения заготовки, об/мин;

S_p – радиальная подача, мм/об.

При круглом шлифовании:

$$T = \frac{L \cdot h}{n_з \cdot S \cdot t} \cdot K \text{, мин}$$

где S – продольная подача, мм/об.

При круглом внутреннем шлифовании перебег круга в обе стороны равен 0,5·В, 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.

$$H=B_з+B_к+5, \text{ мм}$$

где $B_з$ – суммарная ширина заготовок, установленных на столе, мм.

$B_к$ – величина шлифовального круга, мм.

$$L=l+(10\div15), \text{ мм}$$

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

<u>Пример решения задачи</u>

На круглошлифовальном станке 3М131 шлифуется шейка вала диаметром D=80h6 мм длиной l=300 мм, длина валаl_1=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:

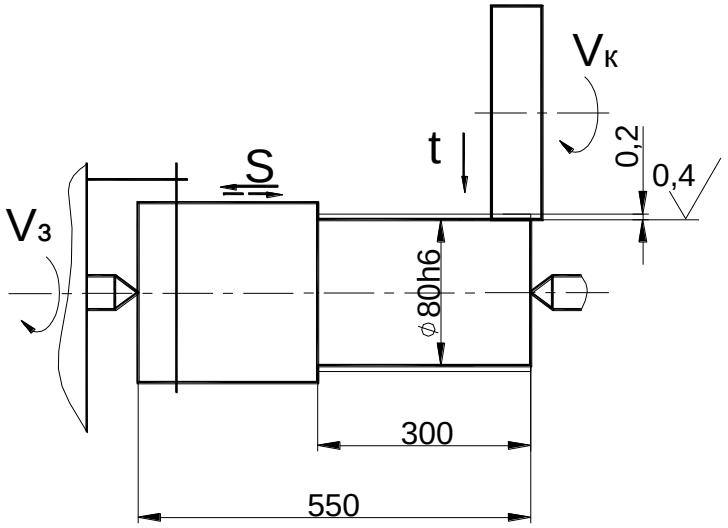


Рисунок 5 - Эскиз обработки

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 шлифовальный круг формы ПП, [2],

характеристика – 24 А401К, [6],

индекс зернистости – Н, [2],

структура – 5, [6],

класс – А, [2],

Полная маркировка круга ПП24 А40НС15КА 35 м/с.

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

2. Режим резания

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

Частота вращения шпинделя шлифовальной бабки:

$$n_ш = \frac{1000 \cdot V_k \cdot 60}{\pi \cdot D_k}, \text{ об/мин}$$

$$n_ш = \frac{1000 \cdot 35 \cdot 60}{3{,}14 \cdot 600} = 1114{,}6 \text{ об/мин}$$

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] или [3].

2.2 Окружная скорость заготовки $V_з$ =15÷55 м/мин; принимаем $V_з$=30 м/мин.

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

$$n_з = \frac{1000 \cdot V_з}{\pi \cdot D_з} \text{ , об/мин}$$

$$n_з = \frac{1000 \cdot 30}{3{,}14 \cdot 80} = 119{,}4 \text{ об/мин.}$$

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

2.3 Глубина шлифования:

t=0,005÷0,015 мм.

Принимаем, учитывая бесступенчатое регулирование поперечной подачи шлифовального круга на ход стола,

t=0,005 мм.

2.4 Продольная подача:

$$S=(0,2\div0,4)\cdot B_к\text{ , мм/об.}$$

Принимаем $S=0,25\cdot B_к=0,25\cdot63=15,75$ мм/об.

2.5 Скорость продольного хода стола:

$$V_c=\frac{S\cdot n_з}{1000}=\frac{15,75\cdot120}{1000}=1,89\text{ м/мин.}$$

С учетом паспортных данных (бесступенчатое регулирование скорости продольного хода стола) принимаем:

$$V_c=1,9\text{ м/мин.}$$

3. Проверка достаточности мощности станка.

3.1 Мощность затрачиваемая на резание:

$$N_р=C_N\cdot V_з^z\cdot t^x\cdot S^y\cdot d^q\text{ , кВт [2], [3],}$$

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:

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

Тогда:

$$N_р=2,65\cdot30^{0,5}\cdot0,005^{0,5}\cdot15,75^{0,55}\cdot1=2,65\cdot5,48\cdot0,07\cdot4,55=4,63\text{ кВт.}$$

3.2 Мощность на шпинделе станка:

$$N_{шп}=N_д\cdot\eta\text{ , кВт}$$

где $N_д$ =7,5 кВт; η=0,8 – паспортные данные станка (см. приложение 2 к данным методическим указаниям).

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

Так как $N_{шп}$=6 кВт>$N_р$=4,63 кВт, то обработка возможна.

5. Основное время:

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

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

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

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

К=1,4 – коэффициент выхаживания:

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

<u>Задание на практическое занятие №7</u>

Выполнить расчет режима резания аналитическим способом по заданному варианту.

Исходные данные приведены в таблице 7.

Порядок выполнения работы аналогичен предыдущим.

Таблица 7

№ варианта	Материал заготовки и его свойства	Вид обработки и параметр шерохоатости поверхности, мкм	Размер шлфуемой поверхно-	Припуск на сторону мм	Одновременно обрабатываемых деталей	Модель станка
1	2	3	4	5	6	7
1	Сталь 45ХН закаленная, HRC45	Окончательная, Ra=0,8	D=60 h8 l=240	0,22	1	3М131
2	Сталь 40Х незакаленная	Окончательная, Ra=0,4	D=55 h7 l=40	0,15	1	3М131
3	Серый чугун СЧ30, НВ220	Предварительная, Ra=1,6	D=120H8 l=140	0,25	1	3К228В
4	Серый чугун СЧ15, НВ190	Окончательная, Ra=0,8	D=80 H7 l=60	0,2	1	3К228В
5	Сталь 12Х18Н9Т незакаленная	Предварительная, Ra=1,6	B=250 l=300	0,4	2	3П722
6	Сталь 40Х закаленная, HRC52	Окончательная, Ra=0,4	D=55 H7 l=50	0,18	1	3К228В
7	Сталь 47А закаленная, HRC60	Окончательная, Ra=0,8	B=200 l=300	0,25	6	3П722
8	Серый чугун СЧ20, НВ200	Предварительная, Ra=1,6	B=280 l=650	0,5	1	3П722
9	Бронза Бр АЖН 10-4 НВ170	Окончательная, Ra=0,8	D=45 h7 l=120	0,2	1	3М131
10	Сталь 40 закаленная, HRC35	Окончательная, Ra=0,4	D=84 h7 l=300	0,1	1	3М131
11	Сталь Ст5 незакаленная	Предварительная,	D=120h8	0,25	1	3М131

		Ra=1,6	l=48			
12	Сталь 45Х закаленная, HRC45	Окончательная, Ra=0,8	D=85 H7 l=60	0,18	1	3П722
13	Сталь 40ХНМА закаленная, HRC55	Окончательная, Ra=0,8	B=120 l=270	0,2	6	3П722
14	Латунь ЛМцЖ 52-4-1	Предварительная, Ra=1,6	D=120H8 l=80	0,25	1	3К228В
15	Сталь 48А закаленная, HRC60	Окончательная, Ra=0,4	D=80 H7 l=70	0,15	1	3К228В
16	Сталь 35 незакаленная	Предварительная, Ra=1,6	D=75 h8 l=55	0,3	1	3М131
17	Сталь 45 закаленная, HRC40	Окончательная, Ra=0,8	D=38 h7 l=100	0,15	1	3М131
18	Серый чугун СЧ10, HB180	Предварительная, Ra=1,6	D=65 h7 l=90	0,2	1	3М131
19	Серый чугун СЧ30, HB220	Окончательная, Ra=0,8	B=45 l=250	0,25	10	3П722
20	Сталь 40 незакаленная	Предварительная, Ra=1,6	D=58 H8 l=60	0,3	1	3К228В
21	Сталь 40Х закаленная, HRC50	Окончательная, Ra=0,4	D=65 H7 l=70	0,25	1	3К228В
22	Сталь Ст3 незакаленная	Предварительная, Ra=1,6	B=55 l=150	0,45	20	3П722
23	Сталь 45Х закаленная, HRC52	Предварительная, Ra=1,6	B=80 l=250	0,35	8	3П722
24	Серый чугун СЧ20, HB200	Предварительная, Ra=1,6	D=110h8 l=280	0,2	1	3М131

25	Сталь 30ХГТС закаленная, HRC55	Окончательная, Ra=0,4	D=65 h7 l=50	0,25	1	3М131
26	Сталь 40Х закаленная, HRC40	Окончательная, Ra=0,8	D=65 h7 l=200	0,3	1	3М131

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8 (четырёхчасовое)

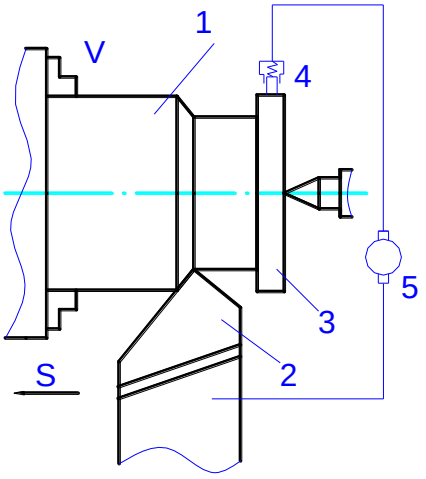
Температура резания

Цель работы: изучить методику измерения температуры резания методом естественной термопары и исследовать влияние элементов режима резания на величину температуры резания.

Практическая задача: получить эмпирическую формулу для определения температуры резания при переменных значениях v,S,t.

Исходные данные:
токарно-винторезный станок 16К20;
n_{min}=12,5 мин$^{-1}$, n_{max}=1600 мин$^{-1}$;
S_{min}=0,05 мм/об, S_{max}=2,8 мм/об;
заготовка: сталь 45, НВ 190, D=50 мм;
инструмент: резец прямой проходной правый, режущая часть Т5К10.

Схема естественной термопары.



1- заготовка, 2- резец, 3- токосъемное кольцо, 4 – щеточное токосъемное устройство, 5 – электрорегистрирующий прибор.

Метод естественно термопары заключается в том, что элементами термопары служат резец и обрабатываемая деталь, материал которых разнороден. Спаем термопары является место контакта резца со стружкой и деталью.

Этим методом определяют некоторое среднее значение температуры, более близкое к действительной температуре резания.

К недостаткам этого метода относятся невозможность исследования температурного поля резца и необходимость нового тарирования в каждом случае, когда изменяют материал резца или детали.

$$\mathbf{V}_1 = \frac{\pi \mathbf{Dn}_1}{1000}; \qquad \mathbf{V}_2 = \frac{\pi \mathbf{Dn}_2}{1000}; \qquad \mathbf{V}_3 = \frac{\pi \mathbf{Dn}_3}{1000}.$$

$$\mathbf{V}_1 = \begin{pmatrix} 31.416 \\ 62.832 \\ 94.248 \\ 125.664 \\ 157.08 \end{pmatrix}; \qquad \mathbf{V}_2 = \begin{pmatrix} 94.248 \\ 94.248 \\ 94.248 \\ 94.248 \\ 94.248 \end{pmatrix}; \qquad \mathbf{V}_3 = \begin{pmatrix} 94.248 \\ 94.248 \\ 94.248 \\ 94.248 \\ 94.248 \end{pmatrix}.$$

Протокол эксперимента.

режимы резания				**показан. прибора**	**тариров. коэф-т**	**температ. ^{0}C**
n, мин$^{-1}$	**V, м/мин**	**S, об/мин**	**t, мм**			
200	31,42	0,2	0,4	23	10	230
400	62,83			28		280
600	94,25			33		330
800	125,66			40		400
1000	157,08			53		530
600	94,25	0,05	0,4	20	10	200
		0,10		28		280
		0,15		30		300
		0,20		33		330
		0,25		48		480
600	94,25	0,2	0,2	42	10	420
			0,4	33		330
			0,6	45		450
			0,8	49		490
			1,0	53		530

Построим графики зависимостей температуры от скорости резания, глубины и подачи.

График зависимости температуры от скорости

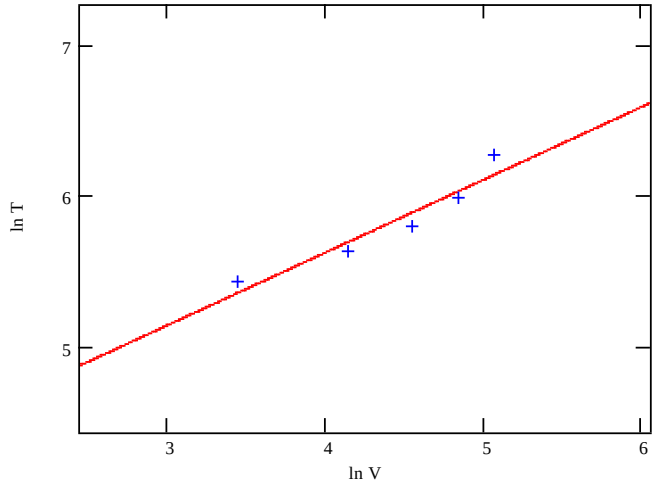


График зависимости температуры от подачи

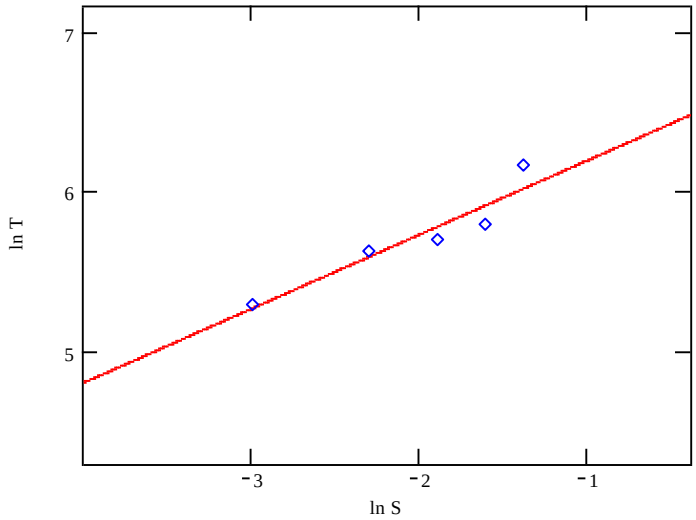
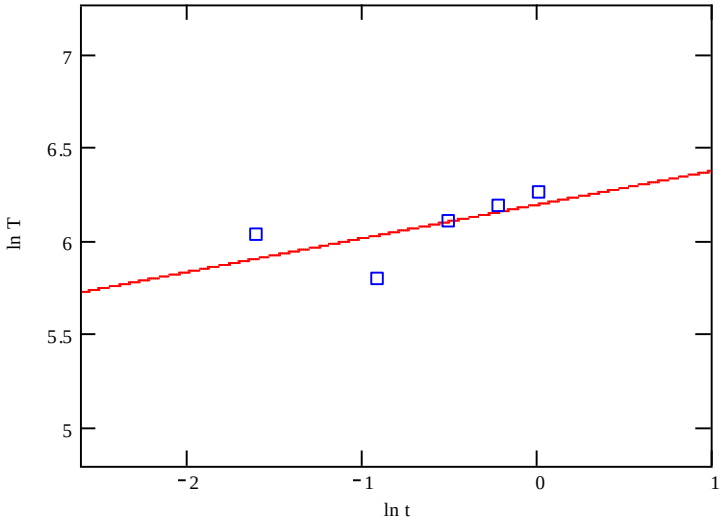


График зависимости температуры от глубины резания



Графики зависимостей представляют собой прямые, тангенсы углов которых соответственно равны **Z_Θ=0,483, Y_Θ=0,467, X_Θ=0,18.**

Зависимость температуры от параметров режима резания выражается следующей формулой:

$$\Theta = C_\Theta \times V^{Z_\Theta} \times S^{Y_\Theta} \times t^{X_\Theta}$$

Найдем параметр C_Θ при заданных значениях **Θ, V,S,t.**

$C_{\Theta 1}$=108,835 $C_{\Theta 2}$=106,317 $C_{\Theta 3}$=132,504

$$C_\Theta = \frac{C_{\Theta 1} + C_{\Theta 2} + C_{\Theta 3}}{3} = 115.885.$$

Следовательно **$\Theta = 115.89 V^{0,48} S^{0,46} t^{0,18}$**

Вывод: опытным путем определили, что температура резания пропорциональна скорости, подаче и глубине резания.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 9

Расчет экономической стойкости инструмента

Цель работы: изучить методику расчета экономической стойкости инструмента

Исходя из минимума себестоимости обработки изделия, величину экономической стойкости инструмента ($T_{эк}$) определяем по формуле (1):

$$T_{эк} = \left(\frac{1}{m} - 1\right) \cdot \left(T_{см} + \frac{C_{инстр}}{C_{ст}}\right), \text{ мин/период} \qquad (1)$$

где m – показатель относительной стойкости (приложение, табл. А.9), зависящий от материала инструмента и изделия;

$T_{см}$ – время смены и подналадки инструмента, которое зависит от количества резцов в наладке, требований к точности обработки, способа крепления инструмента, типа крепления твердосплавных, металлокерамических и синтетических сверхтвердых пластинок в резцах. Укрупнено $T_{см}$ = 2….10 мин.

$C_{инстр}$ – расходы на инструмент, включающие затраты на амортизацию, ремонт, заточку и приходящиеся на период стойкости, определяются по формуле:

$$C_{инстр} = \frac{\left[\left(C_р - C_{изн}\right) + C_{пер} \cdot n_{пер}\right] \cdot K_{уб}}{n_{пер}}, \text{ руб./период} \qquad (2)$$

где $C_р$ – оптовая цена резца в рублях. Принимается в зависимости от материала, конструкций, размеров.

Стоимость резцов:

а) с неперетачиваемыми твердосплавными пластинами:
стоимость державки 600 рублей;
комплекта пластин из 15 штук - 2550 рублей;

б) с вставками из сверхтвердых материалов:
10 вставок по 16 карат (1 карат = 0,2 гр) – 14250 рублей;
10 вставок по 7 карат – 7400 рублей;
стоимость державки 400…600 рублей;

в) минералокерамических:
стоимость неперетачиваемой пластинки 50…80 руб.;

стоимость державки 400…500 руб.;

$C_{изн}$ – выручка от реализации изношенных пластин $C_{изн}$ = 3руб;

$C_{пер}$ – стоимость перестановки пластин (если используются резцы с неперетачиваемыми пластинами), $C_{пер}$ =2 руб;

$K_{уб}$ – коэффициент случайной убыли инструмента, $K_{уб}$ = 1,1…1,2;

$n_{пер}$ – количество перестановок пластины, равное количеству режущих вершин.

$C_{ст}$ – полная себестоимость одной минуты работы станка, которая включает заработную плату станочника с начислениями в фонд страхования, приходящаяся на 1 минуту работы, цеховые и общезаводские расходы, амортизационные отчисления, затраты на энергию и вспомогательные материалы, приспособления и инструменты, использование помещений. Каждый элемент этой величины, таким образом, связан с режимом работы оборудования, и поэтому приводятся к одной минуте его работы.

В среднем $C_{ст}$ = 2…3 руб/мин

Рассчитанный согласно изложенной выше методике период стойкости следует сопоставить со следующими примерными значениями стойкости, соответствующими наименьшей себестоимости обработки

Таблица 2 – Примерные значения стойкости

Инструмент	Период стойкости при обработке, мин.	
	стали	чугуна
Резцы с многогранными неперетачиваемыми пластинами из твердого сплава	60…75	60…80
Резцы с многогранными неперетачиваемыми пластинами из минералокерамики	30…45	30…45
Резцы из СТМ при обработке закаленных и труднообрабатываемых сталей	80…100	

Приведенные данные относятся к работе универсальных станков. При работе на автоматических линиях период стойкости принимается от одной до двух смен.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 10 (четырёхчасовое)

Определение наивыгоднейшей скоростной ступени

Цель работы: изучить методику Расчета экономической стойкости инструмента

Скорость резания определяется исходя из:

1) режущих свойств инструмента и заданной экономической стойкости;
2) мощности на шпинделе станка;
3) крутящего момента на шпинделе станка.

Скорость, допускаемая режущими свойствами инструмента

Скорость, допускаемая режущими свойствами инструмента, определяется по формуле

$$V = \frac{C_v}{T_{эк}^{m} \cdot t^{Xv} \cdot S^{Yv}} \cdot k_v, \ м/мин \qquad (27)$$

где $T_{эк}$ - заданное значение стойкости в минутах (согласно расчету);

C_v, m, x_v, y_v, k_v – определяются из приложения, таблица А.9.

Поправочный коэффициент k_v находится как произведение ряда поправочных коэффициентов:

$$k_v = k_{mv} \cdot k_{dv} \cdot k_{nv} \cdot k_{\varphi v} \cdot k_{\varphi 1v} \cdot k_{rv} \cdot k_{qv} \cdot k_{\gamma v} \cdot k_{ov} \cdot k_{uv} \qquad (28)$$

где k_{mv} - поправочный коэффициент на скорость резания в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала;

k_{dv}, k_{nv}, k_{ov} - поправочные коэффициенты на скорость резания соответственно учитывающие состояние поверхности, состояние стали и вид обработки;

$k_{\varphi v}$ - поправочный коэффициент на скорость резания в зависимости от главного угла в плане;

$k_{\varphi 1v}$ - поправочный коэффициент на скорость резания в зависимости от вспомогательного угла в плане;

k_{rv} - поправочный коэффициент на скорость резания в зависимости от радиуса при вершине в плане;

k_{qv} - поправочный коэффициент на скорость резания в зависимости от сечения державки резца;

$k_{\gamma v}$ - поправочный коэффициент на скорость резания в зависимости от формы передней поверхности;

k_{uv} - поправочный коэффициент на скорость резания в зависимости от марки твердого сплава.

Значения скорости, допускаемой режущими свойствами инструмента, не должно быть меньше, чем фактическая скорость резания при заданной частоте вращения шпинделя.

$$V_{рез} \geq V_{фак}$$

$$V_{факт} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}, \ м/мин \qquad (29)$$

где d - диаметр изделия, мм;

n - частота вращения шпинделя, мин $^{-1}$.

Подставляя, имеем:

$$\frac{C_v}{T^m \cdot t^{Xv} \cdot S^{Ó v}} \cdot K_v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}, \qquad (30)$$

откуда подача, ограниченная стойкостью резца:

$$S_{с.р.} = \sqrt[y_V]{\frac{1000 \cdot K_v \cdot C_v}{T^m \cdot t^{X_V} \cdot \pi \cdot d \cdot n}}, \ мм/об \qquad (31)$$

Поскольку величина подачи $S_{с.р.}$ различна на разных скоростных ступенях станка, она рассчитывается для каждой из скоростных ступеней, имеющихся в паспорте станка (приложение, таблица А.12).

Подача, определяемая по мощности и крутящему моменту на шпинделе станка

Расчетное условие:

$M_{рез} \leq M_{прив}$,

где $M_{рез}$ - крутящий момент от действия силы P_z в $Н \cdot мм$;

$M_{прив}$ - крутящий момент, допускаемый мощностью двигателя привода главного движения.

$$M_{рез} = P_z \cdot \frac{d}{2}, \ Н{\cdot}мм; \qquad (32)$$

$$M_{прив} = 9{,}74 \cdot 10^6 \cdot \frac{N}{n} \cdot \eta_{ст}, \ Н{\cdot}мм, \qquad (33)$$

где N - мощность двигателя станка в $квт$;

$\eta_{ст}$ - к. п. д. станка.

Для токарных станков $\eta_{ст} = 0{,}75...0{,}8$.

Подставляя в расчетное условие, имеем:

$$P_z \cdot \frac{d}{2} = 9{,}74 \cdot 10^6 \cdot \frac{N}{n} \cdot \eta_{ст} \qquad (34)$$

или

$$10 \cdot C_{Pz} \cdot t^{Xpz} \cdot S^{Ypz} \cdot K_{Pz} \cdot \frac{d}{2} = 9{,}74 \cdot 10^6 \cdot \frac{N}{n} \cdot \eta_{ст}; \qquad (35)$$

отсюда

$$S_{М.С.} = \sqrt[Ypz]{\frac{9{,}74 \cdot 10^6 \cdot N \cdot \eta_{ст} \cdot 2}{10 \cdot C_{Pz} \cdot t^{Xpz} \cdot K_{Pz} \cdot d \cdot n}}; \ мм/об \qquad (36)$$

При наличии данных о $M_{кр}$, имеющихся в паспорте станка,

$$S_{М.С.} = \sqrt[Ypz]{\frac{2 \cdot M_{кр}}{10 \cdot C_{Pz} \cdot t^{Xpz} \cdot K_{Pz} \cdot d}}; \ мм/об \qquad (37)$$

Поскольку подача $S_{М.С.}$ различна для каждой ступени, ее необходимо определять для каждого числа оборотов по формуле (36).

Для определения окончательно возможной подачи все рассчитанные подачи заносятся в таблицу 3 (с.35). Для каждой скоростной ступени выбираем наименьшую максимально допустимую подачу, сравнивая её с паспортом станка, берем ближайшее меньшее значение подачи из паспорта и записываем в графу «Фактическая подача». Найдя возможные для каждой ступени подачи, составляем произведения $S_{факт}$ на частоты вращения шпинделя (получаем значение минутной подачи). Та ступень, где произведение $n \cdot S_{факт}$ будет больше, и является наивыгоднейшей, т.к. для нее машинное время обработки $t_{маш} = \frac{L_{дет}}{n \cdot S}$ является наименьшим.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 11

Выбор конструкции инструмента и геометрических параметров режущей части резца

Цель работы: изучить методику выбора инструмента и геометрических параметров режущей части резца с применением режущих многогранных пластин

Выбор режущей сменной многогранной пластины

В настоящее время все более широкое применение получает режущий инструмент с механическим креплением твердосплавной пластины к державке резца.

В этом случае используются сменные многогранные неперетачиваемые пластины, которые имеют требуемые заранее приданную при изготовлении форму, геометрические параметры и состояние режущей кромки.

Чтобы избежать повторной заточки режущей кромки после затупления в процессе резания, пластины выполняют в виде многогранников (треугольников, квадратов, ромбов, пятиугольников и т.д.), каждая сторона которых является режущей кромкой.

Пластину крепят к державке резца с помощью специальных приспособлений, позволяющих поворачивать ее на державке вокруг вертикальной оси, вводя в рабочее положение новую режущую кромку вместо затупленной.

Преимущества инструмента со сменными многогранными пластинами следующие:

- отсутствие в твердосплавной пластине термических напряжений (что характерно при пайке), которое существенно уменьшает запас прочности и приводит к появлению трещин, сколов, поломок; в результате эксплуатации стойкость инструмента повышается на 25-30%;
- простота замены затупившихся режущих кромок, взаимозаменяемость высокоточных пластин, что сокращает время наладки инструмента на требуемый размер обработки;
- исключение повторной заточки инструмента; сохранение постоянными геометрических параметров инструмента;

- высокие производительность и точность округления режущих кромок, что повышает эксплуатационную стойкость, т.к. скругленные кромки играют роль упрочняющей фаски;
- экономия дефицитного вольфрама; возврат в металлургическую промышленность использованных сменных пластин составляет около 90%, в то время как напайных – около 15%;
- уменьшение запаса инструментов в целом, т.к. одна державка резца может быть использована многократно для десятков и даже сотен пластин, экономия значительного количества стали, которая расходуется при изготовлении напайного инструмента;
- возможность применения износостойких покрытий для значительного повышения износостойкости инструмента.

Освоен массовый выпуск СНП большого числа форм и размеров, а также различных степеней точности, шлифованных по всей поверхности или только на опоре. Это позволило существенно расширить области применения СНП: сборный многолезвийный инструмент, расточные головки, резцы, фрезы, инструмент для обработки отверстий и т.д.

Благодаря преимуществам инструмента с СНП, его широко используют на станках с ЧПУ, автоматических линиях, многоцелевых станках, т.е. там, где требуется высокая надежность, быстросменность и взаимозаменяемость.

Классификация, система обозначения и форма сменных многогранных пластин приведены в ГОСТ 19042-80, ГОСТ 19043-80, ГОСТ 24257-80. В ГОСТ19042-80 приняты две системы обозначения пластин: цифровая и буквенно-цифровая.

Пластины классифицируют по назначению (режущие, опорные и стружколомы) и следующим признакам: режущие – по форме, наличию заднего угла, классу допуска, наличию отверстия и стружколомающих канавок; опорные – по форме и наличию заднего угла; стружколомы – по форме.

Обозначение пластин должно соответствовать схеме изображенной на рисунке 1

Рисунок 1 – Схема обозначения пластин

Обозначения по пунктам 1-7 являются обязательными. Буквы (цифры), обозначающие форму режущих, опорных и стружколомающих пластин, должны соответствовать указанным в таблице 1.

Таблица 1 – Обозначение формы пластин

Группа	Форма	Обозначение форм пластин					
		Режущих		Опорных		Стружколомов	
		Букв.	Цифр.	Букв.	Цифр.	Букв.	Цифр.
Равносторонние и равноугольные	Шестигранная	H	11	OH	76	-	-
	Восьмигранная	O	-	-	-	-	-
	Пятигранная	P	10	OP	75	-	-
	Круглая	R	12	OR	77	-	-
	Квадратная	S	03	OS	72	CS	91
	Трехгранная	T	01	OT	70	CT	90
Равносторон-	Ромбическая	C	05	OC	73		

ние и нерав-но-угольные	с углом при вершине 80						
	55	D	13	OD	78	-	-
	75	E	-	-	-	-	-
	86	M	-	-	-	-	-
	35	V				-	-
	Шестигранная с углом при вершине 80	W	02	OW	71	-	-
Неравносто-ронние и рав-ноугольные	Прямоугольная	L	09	-	-	-	-
Неравносто-ронние и не-равно-угольные	Параллелог-раммная с уг-лом при вер-шине						
	85	A	-	-	-	-	-
	82	B	-	-	-	-	-
	55	K	08	OK	74	-	-
	84	F	07	-	-	-	-

Буквы (цифры), обозначающие задний угол должны быть следующими:

Обозначение цифровые ……...	7	8	2	6	4	5	9	1	3	0
буквенные ……	A	B	C	D	E	F	G	N	P	O*
задний угол, …… ^{o}	3	5	7	15	20	25	20	0	11	-

Режущие сменные многогранные пластины, изготовленные по видам приведенным в приложении таблица А.5

Выбор конструкций резца с механическим креплением сменных многогранных пластин (СМП)

В настоящее время существуют большое число различных конструктивных вариантов узлов крепления СМП в резцах. С целью их систематизации в ГОСТ 26476-85 определены обозначения четырех

основных схем крепления СМП, а также типов державок резцов прикрепляемых форм пластин (таблица А.6 приложения).

Крепления имеют следующие обозначения:

C – пластин сверху прихватом без отверсти в исполнении: с прихватом и винтом с разнонаправленной резьбой, с прихватом и винтом;

M – пластин сверху прихватом и через отверстия в исполнении: клин- прихватом, упругим клин – прихватом, прихватом через отверстие;

P – пластин через отверстие в исполнении: L–образным рычагом, косой тягой, штифтом, штифтом на подвижной подкладке;

S – пластин – винтом через фасонное отверстие.

Резцы с креплением пластин по способу «M» предназначены для оснащения станков с ручным управлением. Обеспечивают выполнение черновых и получистовых операций, и комплектуется пластинками из твердого сплава.

Резцы с креплением пластин по способу «P» предназначены для оснащения станков с ЧПУ на получистовых и чистовых операциях, где требуется высокая точность позиционирования вершины, и комплектуется пластинками из твердого сплава.

Резцы с креплением пластин по способу «S» предназначены для оснащения станков с ЧПУ на чистовых операциях, и комплектуются пластинками из твердого сплава.

Условные обозначения, основные размеры и применяемые на них пластины приведены в таблицах А.5, А.6, А.7 приложения.

При этом, чем меньше жесткость системы СПИД, тем больше величина главного угла φ.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 12 (четырёхчасовое)

Определение наибольшей технологически допустимой подачи

Цель работы: изучить методику расчета наибольшей технологически допустимой подачи

Наибольшей технологически допустимой подачей называется максимальное значение подачи, допустимое возможностями станка и инструмента, а также требованиями к качеству обработанной поверхности и поверхностного слоя.

Для определения наибольшей технологически допустимой подачи необходимо определить подачи, превышение которых ограничивается:

1) прочностью механизма подачи станка $S_{м.п.}$;
2) прочностью резца $S_{п.р.}$;
3) жесткостью резца $S_{ж.р.}$;
4) прочностью пластины инструментального материала $S_{ппим}$;
5) прочностью изделия $S_{п.и.}$;
6) жесткостью изделия $S_{ж.и.}$;
7) шероховатостью поверхности $S_{ш.п.}$

Наименьшая из рассчитанных значений и будет являться наибольшей технологически допустимой подачей, т.к. она не ограничивается ни одним из рассмотренных факторов. Работать с меньшей, чем технологически допустимая подача, невыгодно.

Подача, допустимая прочностью механизма подачи станка ($S_{м.п}$)

В механизме подачи токарного станка слабым звеном является шестерня, сцепляющаяся с рейкой на станине станка (рисунок 2)

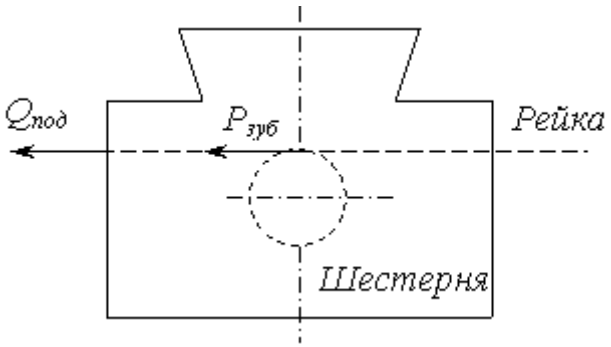


Рисунок 2 – Механизм подачи токарного станка

Расчетное условие записываем в виде $Q_{под} \leq P_{зубч.}$,
где $P_{зубч.}$ – усилие, допускаемое шестерней, сцепляющейся с зубчатой рейкой;

$Q_{под}$ – наибольшее усилие, допускаемое механизмом продольной подачи, принимаемое по паспорту станка. Например, для станка 1К62 $Q_{под}$ = 3600 Н, для станка 1А616П – $Q_{под}$ = 3000 Н.

Для плоских направляющих

$$Q_{под} = P_x + \mu\,(P_y + P_z), \quad (3)$$

где μ – коэффициент трения, μ = 0,1.

Принимая $P_x = 0{,}2\,P_z$ и $P_y = 0{,}3\,P_z$ имеем

$$Q_{под} = 0{,}2P_z + 0{,}1(P_z + 0{,}3P_z) = 0{,}33\,P_z\ , \quad (4)$$

где P_z – тангенциальная составляющая силы резания, определяемая по формуле

$$P_z = 10 \cdot C_{Pz} \cdot t^{Y_{P_z}} \cdot S^{Y_{P_z}} \cdot k_{Pz}, \quad (5)$$

Подставляя формулу (5) в (4), имеем

$$Q_{под} = 0{,}33 \cdot 10 \cdot C_{P_z} \cdot t^{X_{PZ}} \cdot S^{Y_{PZ}} \cdot k_{P_z}, \quad (6)$$

$$3Q_{под} = 10 \cdot C_{P_z} \cdot t^{X_{PZ}} \cdot S^{Y_{PZ}} \cdot k_{P_z}, \quad (7)$$

отсюда

$$S = S_{м.п.} = \sqrt[Y_{P_Z}]{\frac{3 \cdot Q_{под}}{10 \cdot C_{P_Z} \cdot t^{X_{P_Z}} \cdot k_{P_Z}}} \qquad (8)$$

Коэффициент C_{Pz} и показатели степеней X_{Pz} , Y_{Pz} находятся из приложения (таблица А.8). Коэффициент K_{Pz} , учитывающий изменение условий резания, определяется как произведение ряда коэффициентов:

$$k_{P_Z} = k_m \cdot k_\gamma \cdot k_\varphi \cdot k_V \cdot k_h \cdot k_r \qquad (9)$$

где k_m – поправочный коэффициент, учитывающий физико-механические свойства обрабатываемого материала (приложение, таблица А.8)

k_γ – поправочный коэффициент, учитывающий влияние переднего угла (приложение, таблица А.8)

k_φ – поправочный коэффициент, учитывающий влияние главного угла в плане (приложение, таблица А.8)

k_v – поправочный коэффициент, учитывающий влияние скорости резания (приложение, таблица А.8)

k_h – поправочный коэффициент, учитывающий влияние износа резца (приложение, таблица А.8)

k_r – поправочный коэффициент, учитывающий влияние радиуса округления при вершине r (приложение, таблица А.8).

Подача, допустимая прочностью резца (*Sп.р.*)

Прочность резца ограничивает выбор подачи в случаях:

а) когда по условиям, связанным с высотой центров станка, приходится применять резцы меньшего, чем это требуется поперечного сечения;

б) когда по условиям, зависящим от конфигурации и размеров детали, резец получает больший вылет;

в) при работе резцов с пластинами из твердых и минералокерамических сплавов.

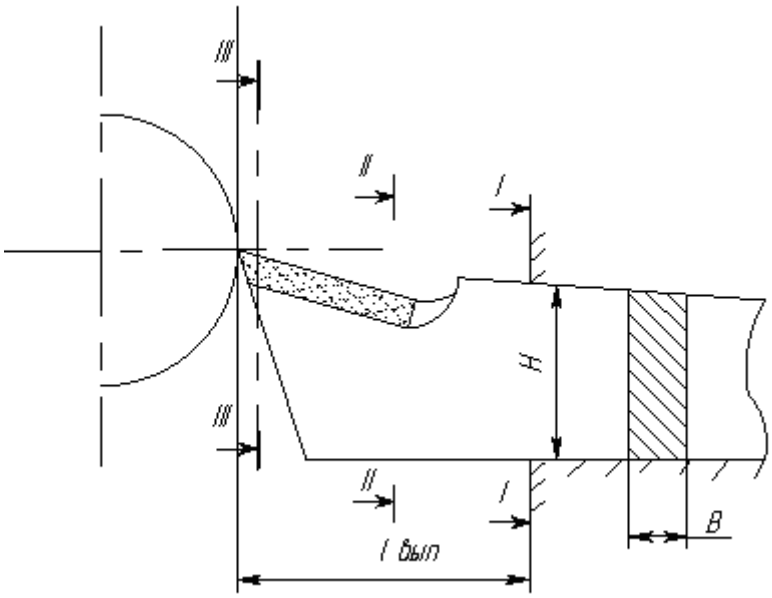


Рисунок 3 – Схема крепления инструмента

Резец рассматривается как балка, закрепленная одним концом. На второй конец действует сила P_z, изгибающая резец (рисунок 3). Расчетное условие:

$$M_{изг} \le [M_{изг}]_{доп} ,$$

где $M_{изг}$– изгибающий момент от силы P_z в рассматриваемом сечении (I-I или II-II);

$[M_{изг}]$ - допустимый изгибающий момент -,

$$[M_{изг}] = W \cdot [\sigma_{изг}], \qquad (9)$$

где $[\sigma_{изг}]$ - допустимое напряжение при изгибе, Н/мм^2;

W - момент сопротивления сечения державки

$$W = \frac{B \cdot H^2}{6} \text{ [мм}^3\text{]}; \qquad (10)$$

$$[M_{изг}] = P_z \cdot l_{вып} = \frac{B \cdot H^2}{6} \cdot [\sigma_{изг}], \qquad (11)$$

где $[\sigma_{изг}]$ = 200...250 Н/мм^2 для державок из конструктивных сталей.

Для цельных резцов опасным является сечение I-I, для твердосплавных и металлокерамических резцов еще и сечение II-II, ослабленное врезкой пластины, а также сечение III - III, отстоящее от направления силы P_z на расстояние, зависящее от величины заднего угла. Неперетачиваемые пластины должны проверяться на прочность также в сечении, проходящем через отверстие под штифт.

Подставляя значение

$$P_z = 10 \cdot C_{pz} \cdot t^{Xpz} \cdot S^{Ypz} \cdot \kappa_{pz} ,$$

имеем

$$10 \cdot C_{pz} \cdot t^{Xpz} \cdot S^{Ypz} \cdot \kappa_{pz} \cdot l_{выл} = \frac{B \cdot H^2}{6} \cdot [\sigma_{изг}], \qquad (12)$$

отсюда

$$S_{п.р.} = \sqrt[Ypz]{\frac{BH^2 \cdot [\sigma_{изг}]}{6 \cdot 10 \cdot C_{pz} \cdot t^{Xpz} \cdot \kappa_{pz} \cdot l_{выл}}}, \text{ мм/об} \qquad (13)$$

Подача, допустимая жесткостью резца ($S_{ж.р.}$)

Подача, допустимая жесткостью резца, рассчитывается из условия, что максимальная стрела прогиба резца под действием силы P_z не должна превышать при черновом точении $f = 0.1\ мм$, при чистовом точении - $f = 0.05\ мм$.

Расчетное условие: $$\frac{P_z \cdot l^3_{выл}}{3 \cdot E \cdot I} \le f, \qquad (14)$$

подставляя $P_z = 10 \cdot C_{pz} \cdot t^{Xpz} \cdot S^{Ypz} \cdot \kappa_{pz}$, имеем

$$S_{ж.р.} = \sqrt[Ypz]{\frac{3 \cdot E \cdot I \cdot f}{10 \cdot C_{pz} \cdot t^{Xpz} \cdot l^3_{выл} \cdot \kappa_{pz}}}, \qquad (15)$$

где I - момент инерции, $I = \frac{BH^3}{12}$;

E - модуль упругости,

$E = 186 \div 210\,ГПа = 1{,}86 \cdot 10^5 \div 2{,}1 \cdot 10^5\ кН/мм^2 = 1{,}86 \cdot 10^5 \div 2{,}1 \cdot 10^5\,МПа$

Тогда $S_{ж.р.} = \sqrt[Ypz]{\frac{f \cdot E \cdot B \cdot H^3}{4 \cdot 10 \cdot C_{pz} \cdot t^{Xpz} \cdot l^3_{выл} \cdot \kappa_{pz}}}$

Подача, допустимая прочностью пластины инструментального материала ($S_{ппим}$)

Подача, допустимая прочностью пластины инструментального материала, определяется по следующей формуле:

$$S_{П.П} = \sqrt[Y_{Pz}]{\frac{34 \cdot c^{1,35} \cdot \left(\frac{\sin 60^\circ}{\sin \varphi}\right)^{0.8}}{C_{Pz} \cdot t^{X_{Pz}-0.77} \cdot k_{Pz}}}, \text{ мм/об;} \qquad (46)$$

где с – высота пластины (таблица А.5 приложения), мм;

φ – главный угол в плане.

Подача, допустимая прочностью изделия ($S_{п.и.}$)

Расчет проводится в случае особо тонких деталей $\left(\frac{L}{d} \geq 10\right)$. Пренебрегая для упрощения кручением, сжатием и изгибом от сил P_x и P_z, в расчетном уравнении учитываем только изгиб от действия силы P_y (рисунок 4).

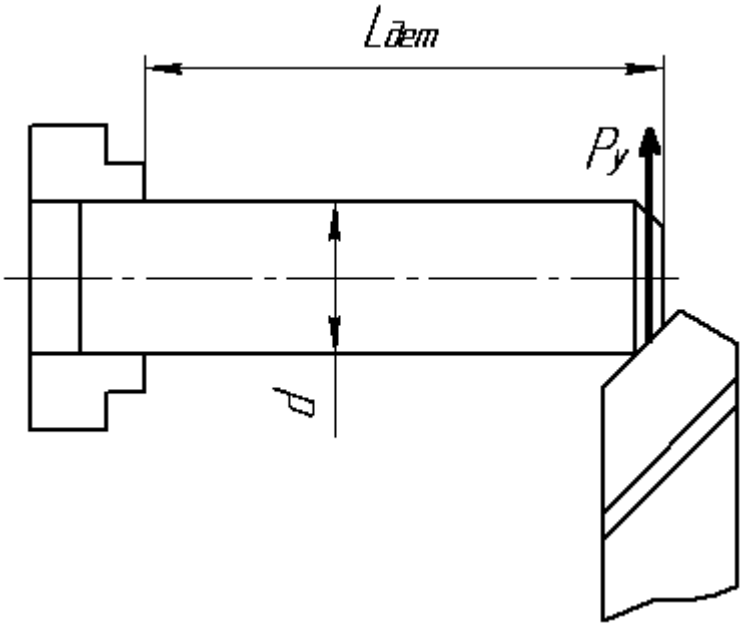


Рисунок 4 – Схема нагружения детали при закреплении в патроне

$$M_{изг} \leq [M_{изг}]_{доп}$$

где $M_{изг}$– изгибающий момент в опасном сечении от действия силы P_y.

$$M_{изг} = K_{кр} \cdot P_y \cdot L_{дет}, \qquad (16)$$

где $P_y = 10 \cdot C_{Py} \cdot t^{Xpy} \cdot S^{Ypy} \cdot k_{Py}$(значения коэффициентов приведены в таблицах А.8, А.9 приложения);

$K_{кр}$ - коэффициент, учитывающий способ крепления изделия:

при креплении в патроне (рисунок 4) $K_{кр} = 1$;

при креплении в патроне и задней бабке (рисунок 5,*а*) $K_{кр} = \frac{3}{16}$;

при креплении в центрах (рисунок 5,*б*) $K_{кр} = \frac{1}{4}$;

$[M_{изг.}]_{доп}$ - допускаемый изгибающий момент.

$$[M_{изг}]_{доп} = W \cdot [\sigma_{изг}], \qquad (17)$$

где W - момент сопротивления изгиба,

$$W = \frac{\pi d^3}{32} \approx 0{,}1 \cdot d^3; \qquad (18)$$

$[\sigma_{изг}]$ - допускаемое напряжение при изгибе; МПа.

Подставляя, имеем

$$10 \cdot C_{Py} \cdot t^{Xpy} \cdot S^{Ypy} \cdot L_{дет} \cdot k_{Py} \cdot K_{кр} = 0{,}1 \cdot d^3 \cdot [\sigma_{изг}] \qquad (19)$$

Отсюда

$$S_{п.и.} = \sqrt[Y_{Py}]{\frac{0{,}1 \cdot d^3 \cdot [\sigma_{изг}]}{10 \cdot C_{Py} \cdot t^{Xpy} \cdot L_{дет} \cdot k_{Py} \cdot K_{кр}}} \qquad (20)$$

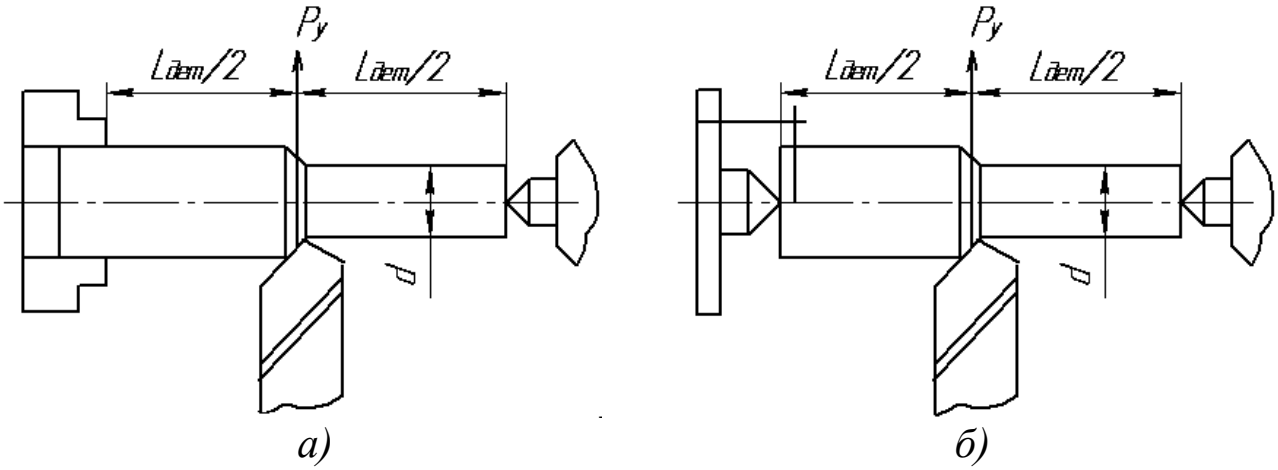


Рисунок 5 – Схема нагружения деталей при закреплении:
а) – в патроне и центре, *б)* – в центрах

Подача, допустимая жесткостью изделия ($S_{ж.и.}$)

Подача, допустимая жесткостью, ограничена требованиями к точности обработки. Определение ее производится при обработке изделий, когда отношение длины заготовки к диаметру $L_{дет}/d = 8 \div 10$. В связи с тем, что деформации кручения, сжатия и изгиба от сил P_y и P_x незначительно влияют на точность обработки, ими можно пренебречь (рис. 5).

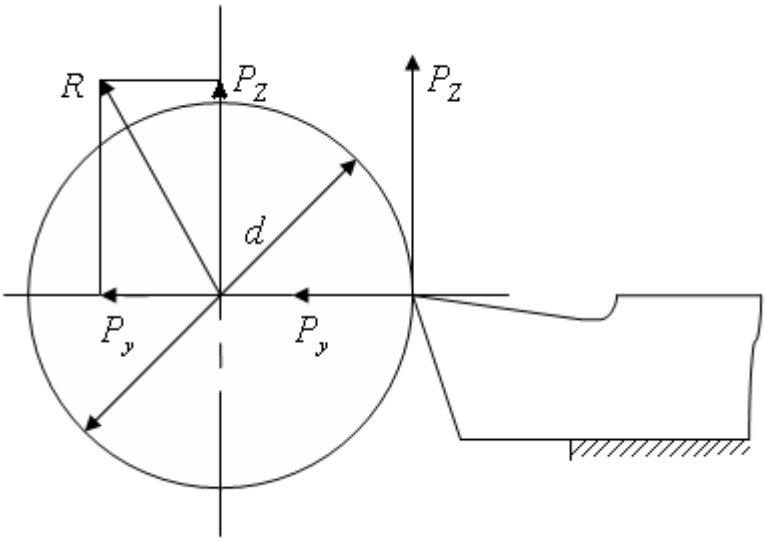


Рисунок 6 – Схема распределения составляющих силы резания

Наибольший прогиб произойдет от действия силы R.

Сила $R = \sqrt{P_z^2 + P_y^2}$ (рисунок 6).

При $P_y = (0{,}4 \div 0{,}5)P_z$; $R = 1{,}1P_z$

Величина прогиба детали

$$f_{\max} = \frac{R \cdot L_{дет}^3}{K_{кр} \cdot E \cdot I} \text{ (мм)}, \qquad (21)$$

где $K_{кр}$ - коэффициент, зависящий от способа закрепления детали (при креплении в патроне – $K_{кр}$ = 2,4; при креплении в патроне и в задней бабке – $K_{кр}$ = 140; при креплении в центрах $K_{кр}$ =100);

E - модуль упругости (для стали $E = (1{,}86 \div 2{,}1) \cdot 10^5$ МПа, для бронзы - $(0{,}74 \div 1{,}22) \cdot 10^5$ МПа, для чугуна - $(0{,}78 \div 1{,}47) \cdot 10^5$ МПа, для модифицированного чугуна - $(1{,}2 \div 1{,}6) \cdot 10^5$ МПа);

I - полярный момент инерции поперечного сечения,

$$I = 0{,}05 \cdot d^4 \qquad (22)$$

Подставляя значения

$$R = 1{,}1 \cdot 10 \cdot C_{Pz} \cdot t^{Xpz} \cdot S^{Ypz} \cdot K_{Pz},$$

имеем

$$1{,}1 \cdot 10 \cdot C_{Pz} \cdot t^{Xpz} \cdot S^{Ypz} \cdot K_{Pz} = \frac{K_{кр} \cdot E \cdot I \cdot f_{\max}}{L_{дет}^3}, \qquad (23)$$

откуда

$$S_{ж.и.} = \sqrt[y_{pz}]{\frac{K_{кр} \cdot E \cdot I \cdot f_{\max}}{1{,}1 \cdot 10 \cdot C_{pz} \cdot t^{X_{pz}} \cdot K_{pz} \cdot L_{дет}^{3}}}; \qquad (24)$$

Значения допустимого $f_{\max}$ принимаются:

для черновой операции - $f_{\max} = 0{,}1 \div 0{,}3$ мм.;

для чистовой операции - $f_{\max} = \left(\frac{2}{7} \div \frac{1}{8}\right) \cdot T$,

где T - допуск на изготовление изделия (таблица А.11 приложения).

Подача, допускаемая шероховатостью обработанной поверхности $(S_{ш.п.})$

В результате обработки резанием поверхность изделия имеет неровности различной формы и высоты. Совокупность неровностей, образующих рельеф поверхности в рассматриваемых пределах базовой длины, представляет собой шероховатость поверхности, которая характеризуется высотой неровностей R_z.

Определение подачи производится по формуле:

для резца с радиусом при вершине r

$$S_{ш.п.} = \sqrt{8 \cdot r \cdot R_z}; \; мм/об \qquad (25)$$

где r – радиус при вершине резца в мм;

R_z - высота неровностей в мм.

Найденные значения подачи заносятся в таблицу. Величина их не зависит от частоты вращения шпинделя. Из подач выбирается наименьшая и согласовывается с паспортом станка. Эта подача (S_0) является наибольшей технологически допустимой подачей. С учетом S_0 выбирается окончательно возможная подача для данной скоростной ступени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аршинов В.А., Алексеев Г.А. Резание металлов и режущий инструмент. – М.: Машиностроение, 2008.
2. Справочник технолога-машиностроителя. В двух томах. Т.2. Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 2008.
3. Справочник технолога-машиностроителя. В двух томах. Т.2. Под ред. А.А. Малова . – М.: Машиностроение, 1972.
4. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть 1. – М.: Машиностроение, 2007.
5. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть 2. – М.: Машиностроение, 1967.
6. Справочник по обработке металлов резанием. Абрамов Ф.Н. и др. – К.: Техника, 1983.
7. Справочник нормировщика-машиностроителя: в 2 т./Под ред. Е.М. Стружестраха. – М.: ГОСИздат, 1961. – Т,2. – 892 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение I

ПАСПОРТНЫЕ ДАННЫЕ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Токарно-винторезный станок 16К20

Высота центров, мм - 215
Расстояние между центрами, мм - до 2000.
Мощность двигателя, $N_д$=10 кВт
КПД станка η=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.

$$P_x=600 \text{ кгс}\approx 6000 \text{ Н}.$$

Вертикально-фрезерный станок 6В12

Площадь рабочей поверхности стола 320х1250 мм.
Мощность двигателя, $N_д$=7,5 кВт
КПД станка η=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 6Р82Г

Мощность, частота вращения и подачи такие же , как у станка 6Р12.

Зубофрезерный станок 53А50

Наибольший наружный диаметр нарезаемого колеса, мм – 500.
Наибольший модуль нарезаемого колеса, мм – 8.
Мощность двигателя, $N_д$=8 кВт
КПД станка η=0,65.
Частота вращения шпинделя, об/мин: 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 240; 315; 405.
Вертикальные подачи суппорта (фрезы) за один оборот заготовки, мм/об: 0,75; 0,92; 1,1; 1,4; 1,7; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,1; 3,4; 3,7; 4,0; 5,1; 6,2; 7,5.
Радиальные подачи , мм/об: 0,22; 0,27; 0,33; 0,4; 0,48; 0,55; 0,66; 0,75; 0,84; 1,0; 1,2; 1,53; 1,8; 2,25.

Зубодолбежный станок 5122

Наибольший наружный диаметр нарезаемого колеса, мм – 200.
Наибольший модуль нарезаемого колеса, мм – 5.
Мощность двигателя, $N_д$=3 кВт.
КПД станка η=0,65.
Число двойных ходов долбяка в 1 мин: 200; 280; 305; 400; 430; 560; 615; 850.
Круговые подачи за один двойной ход долбяка, мм/дв.ход: 0,16; 0,2; 0,25; 0,315; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6.
Радиальные подачи , мм/дв.ход: 0,006; 0,009; 0,013; 0,036; 0,051; 0,072; 0,15.

Круглошлифовальный станок 3М131

Наибольший диаметр шлифуемой заготовки, мм – 280.
Наибольшая длина заготовки, мм – 700.
Мощность двигателя шлифовальной бабки $N_д$=7,5 кВт.

КПД станка η=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) $D_к$=600 мм, $B_к$=63 мм.

Внутришлифовальный станок 3К228В

Наибольший диаметр шлифуемого отверстия, мм – 200.

Наибольшая длина шлифуемой поверхности, мм – 200.

Мощность двигателя шлифовального шпинделя $N_д$=5,5 кВт.

КПД станка η=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 $D_к$=175 мм, $B_к$=63 мм.

Плоскошлифовальный станок 3П722

Размер стола 320х1250 мм.

Мощность двигателя $N_д$=15 кВт.

КПД станка η=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) $D_к$=450 мм, $B_к$=80 мм.

Горизонтально-протяжной станок 7А510

Номинальная тяговая сила, Н=100000.

Длина рабочего хода, мм – 1250.

Высота планшайбы, $l_{пл}$ =70 мм.

Толщина фланца, планшайбы, l_a =50 мм.

Толщина стола станка l_c=70 мм.

Вертикально-сверлильный станок 2Н135

Мощность двигателя $N_д$=4,5 кВт.

КПД станка η=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.

Приложение 2.

Выбор характеристик шлифовальных кругов для различных условий шлифования (скорость круга V=35 м/с).

Вид шлифования	Ra, мкм	Конструкционная (углеродистая и легированная) сталь с твердостью HRC			Жаропрочная и коррозионностойкая сталь	Чугун и бронза
		30	30-50	50		
1	2	3	4	5	6	7
Круглое наружное с продольной подачей	20-10	15А50С1К	15А50СМ2К	15А50СМ1К	15А50СМ1Б, К	54С50СМ1К
	2,5-1,25	15А40-50С2К	15А40-50С1К	15А40-50СМ2К	15А40-50С1Б, К	54С40-50СМ1К
	1,25-0,63	15А, 24А40СТ1К	24А40С1К	24А40СМ2К	24А40СМ2Б, К	63С, 24А40СМ2К
	0,63-0,32	24А16-25СТ1К	24А16-25С2К	24А16-25С1К	24А16-25СМ2Б, К	63С, 25А16-25СМ2К
Круглое наружное с радиальной подачей	20-10	15А50С2К	15А50С1К	15А50СМ2К	15А50СМ2Б, К	54С50СМ2К
	2,5-1,25	15А40-50СТ1К	15А40-50СМ2К	15А40-50СМ2К	15А40-50СМ2Б, К	54С40-50СМ2К
	1,25-0,63	15А, 24А40СТ1К	24А40С1К	24А40С1К	24А40С1Б, К	63С, 24А40С1К
	0,63-0,32	24А16-25СТ2К	24А16-25С2К	24А16-25С2К	24А16-25С1Б, К	63С, 24А16-25С1К
Круглое внутрен-	20-10	24А50С1К	24А50СМ2К	24А50СМ2К	24А50СМ1К, Б	54С50СМ1К
	2,5-1,25	24А40С2К	24А40С1К	24А40СМ2К	24А40СМ2К, Б	54С40СМ2К

нее	1,25-0,63	24А25С2К	24А25С2К	24А25С1К	24А25С1К, Б	63С, 24А25СМ2К
	0,63-0,32	24А16СТ1К	24А16С2К	24А16С2К	24А16С1К, Б	63С, 24А16С1К
Плоское пери-рифе-ферией круга	20-10	15А50СМ2К	15А50СМ1К	15А50М3К	15А50М3К, Б	63С, 54С, 24А50СМ2К
	2,5-1,25	15А40СМ2К	15А40СМ1К	15А40М3К	15А40М3К, Б	63С, 54С, 24А40СМ2К
	1,25-0,63	15А25С1К	15А25СМ2К	15А25СМ1К	15А25СМ1К, Б	63С, 54С, 24А25С1К
	0,63-0,32	15А16С1К	15А16СМ2К	15А16СМ1К	15А16СМ1К, Б	63С, 54С, 24А16С1К
Плоское торцом круга	20-10	15А50СМ1Б	15А50СМ1Б	15А50СМ2Б	15А50М2Б	63С, 54С, 24А50СМ2Б
	2,5-1,25	15А40СМ1Б	15А40СМ1Б	15А40М2Б	15А40М2Б	63С, 54С, 24А40СМ2Б
	1,25-0,63	15А25СМ2Б	15А25СМ1Б	15А25М3Б	15А25М3Б	63С, 54С, 24А25С1Б
	0,63-0,32	15А25СМ2Б	15А25СМ1Б	15А25М3Б	15А25М3Б	63С, 54С, 24А25С1Б
Бес-цен-тро-вое с про-доль ной по-дачей	20-10	15А50С2К	15А50С1К	15А50СМ2К	15А50СМ2Б, К	63С, 54С50СМ2К
	2,5-1,25	15А, 24А40-50СТ1К	15А40-50С2К	15А40-50СМ2К	15А40-50СМ2Б, К	63С, 54С40-50СМ2К
	1,25-0,63	15А, 24А40СТ1К	15А, 24А40С2К	15А, 24А40С1К	15А, 24А40С1Б, К	63С, 54С15А40С1К
	0,63-0,32	24А16-25СТ2К	24А16-25СТ1К	24А16-25С2К	24А16-25С1Б, К	63С, 54С15А1625С2К
Бес-цен-	20-10	15А50СТ1К	15А50С2К	15А50С1К	15А50С1Б, К	63С, 54С50С1К

тро-вое с ради-аль-ной по-дачей	2,5-1,25	15А40-50СТ1К	15А40-50С2К	15А40-50С1К	15А40-50СМ1Б, К	63С, 54С40-50С1К
	1,25-0,63	15А, 24А40СТ2К	15А, 24А40СТ1К	15А, 24А40С2К	15А, 24А40С2Б, К	63С, 54С15А40С2К
	0,63-0,32	24А16-25СТ2К	24А16-25СТ1К	24А16-25С2К	24А16-25С2Б, К	63С, 54С15А1625С2К

Приложение 3

Параметры шероховатости поверхности и соответствующие им классы шероховатости

Класс шероховатости	Параметры шероховатости для документации, разработанной до 1975 г. (ГОСТ 2789-73)		Параметры шероховатости по ГОСТ 2789-73 (соответствует предпочтительному ряду)
	Rz	Ra	
1		320	50
2		160	25
3		80	12,5
4		40	6,3
5		20	3,2
6	2,5		1,6
7	1,25		0,8
8	0,63		0,4
9	0,32		0,2
10	0,16		0,1
11	0,08		0,05
12	0,04		0,025
13		0,1	0,012
14		0,05	0,012

Приложение 4

Среднее значение припусков на диаметр, снимаемых зенкерами и развертками, в мм

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

Приведенные припуски определяют глубину резания для зенкеров и разверток.