МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

по выполнению практических занятий по дисциплине

«ПРОЦЕССЫ И ОПЕРАЦИИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ»

для студентов направления подготовки

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

направленность (профиль) «Технология машиностроения»

Ставрополь 2026

СОДЕРЖАНИЕ

Практическая работа № 1 Тема: Расчет технологических параметров процесса литейного производства 4
Практическая работа № 2 Тема: Расчет технологических параметров процесса ручной дуговой сварки штучными электродами 10
Практическая работа № 3 Тема: Расчет технологических параметров процесса резания 17
Практическая работа № 4 Тема: Расчет физических явлений при токарной обработке 22
Практическая работа № 5 Тема: Пластические деформации при резании 28
Практическая работа № 6 Тема: Расчет, составляющий силы резания и мощности силы, затрачиваемой на процесс резания при точении (часть 1) 38
Практическая работа № 7 Тема: Расчет, составляющий силы резания и мощности силы, затрачиваемой на процесс резания при точении (часть 2) 45
Практическая работа № 8 Тема: Расчет технологических параметров процесса резания при резьбонарезании 48
Практическая работа № 9 Тема: Расчет технологических параметров процесса при сверлении, зенкеровании и развертывании 53
Практическая работа № 10 Тема: Эффективность СОЖ при сверлении 59
Практическая работа № 11 Тема: Виды СОТС. Их состав и область их применения. 64
Практическая работа № 12 Тема: Расчет технологических параметров процесса резания при фрезеровании 82
Практическая работа № 13 Тема: Расчет технологических параметров процесса резания при нарезании зубьев зубчатых колес 87
Практическая работа № 14 Тема: Расчет технологических параметров процесса резания при протягивании 93
Практическая работа № 15 Тема: Расчет технологических параметров процесса резания при шлифовании 97

Практическая работа № 16 Тема: Расчет технологических параметров доводочных процессов 102
Практическая работа № 17 Тема: Расчет технологических параметров процесса холодного выдавливания 107
Практическая работа № 18 Тема: Эффективность современных режущих материалов 112

Практическая работа № 1

Тема: Расчет технологических параметров процесса литейного производства

Цель работы: изучение методики и приобретение навыков расчета технологических параметров литейного производства аналитическим способом.

Ход занятия:

1. Повторить теоретический материал.
2. Записать условия задания и выполнить расчет.

Краткие теоретические сведения

Литье в разовые песчано-глинистые формы является наиболее распространенным и относительно простым способом получения отливок. Разовые песчано-глинистые формы могут быть приготовлены либо непосредственно в почве (в полу литейного цеха) по шаблонам, либо в специальных ящиках-опоках по моделям. В почве получают отливки крупногабаритных деталей, более мелкие отливки обычно получают в опочных формах.

Модели (рис. 1, *а*) служат для получения полости в земляной форме, которая по размерам и внешним очертаниям соответствует будущей отливке. Так как металл после затвердевания усаживается (уменьшается в объеме), размеры модели делают несколько. Изготовляют модели из дерева, пластмассы или металла.

Модели литниковой системы предназначены для образования в форме каналов и полостей, служащих для подачи металла, задержки шлака и выхода воздуха из полости формы (рис. 1, *в*). Устройство литниковой системы обеспечивает спокойное, безударное поступление металла в форму, предохраняя ее от повреждения.

Подмодельные плиты служат для размещения на них моделей и установки опоки при изготовлении литейной формы вручную (рис. 1, *г*).

Опоки - деревянные или металлические рамки, каркасы, основное назначение которых состоит в удерживании песчано-глинистой смеси, обеспечении

достаточной прочности и жесткости формы при ее изготовлении, транспортировке и заливке металла (рис. 1, *д*).

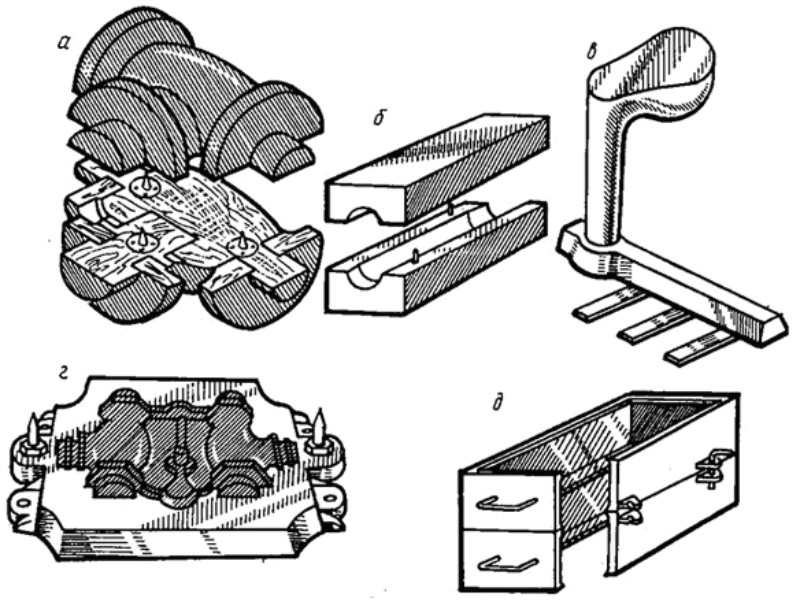


Рисунок 1. Модельная оснастка: *а* - модель детали; *б* - стержневой ящик; *в* - модель литниковой системы; *г* - подмодельная плита; *д* - опока

Формовка - наиболее сложная и трудоемкая операция производства отливок в разовых песчано-глинистых формах. Трудоемкость изготовления литейных форм составляет 40...б0 % от общей трудоемкости получения отливок.

Заливка - процесс являются особо ответственными, так как оказывают решающее влияние на качество и себестоимость отливок. Качество отливок во многом зависит от соблюдения правил заливки. Металл в форму заливают плавно, непрерывной струей до тех пор, пока он не покажется в выпорах и прибылях.

Выбивка отливок - одна из самых тяжелых операций литейного производства, сопровождающаяся большими выделениями теплоты и пыли. Сущность процесса выбивки заключается в разрушении формы, освобождении отливок от окружающей их формовочной земли.

Обрубка - операция отделении от отливок прибылей, выпоров и заливов.

Очистка - удалении пригара формовочной земли (корки), окалины, мелких заусениц. Основная цель очистки — уменьшение трудоемкости последующей

механической обработки и снижение интенсивности изнашивания режущего инструмента.

К процессу литейного производства относятся следующие параметры:

1. Толщину стенки отливки можно определить расчетным путем по формуле:

$$t = \frac{L}{200} + 4, мм \quad (1)$$

где L- наибольший габаритный размер детали, мм.

2. Величина оптимальной продолжительности заливки определяется по формуле:

$$\tau = S_1 \cdot \sqrt[3]{t \cdot Q}, сек \quad (2)$$

где S_1 - коэффициент продолжительности заливки, зависящий от рода сплава, температуры заливки, места подвода металла;

t - толщина стенки отливки, мм;

Q - вес жидкого металла в форме, кг.

3. Линейная скорость заливки металла определяется следующей формулой:

$$V_{лин} = \mu_к \cdot \sqrt{2g \cdot H_{ср}}, см / сек \quad (3)$$

где $\mu_к$ - коэффициент истечения стали из ковша;

g - ускорение силы тяжести, равное 981 см/с^2;

$H_{ср}$ - высота среднего напора в ковше за время заливки формы, см.

4. Средняя скорость подъема уровня металла в форме определяется по формуле:

$$\nu = \frac{h}{\tau}, мм/сек \qquad (4)$$

где h - высота отливки, мм;

τ - продолжительность заливки формы, с.

Условие задания (согласно своего варианта см. табл. 1). Выполнить расчет толщины стенки отливки, линейную скорость заливки металла, величину оптимальной продолжительности заливки, среднюю скорость подъема уровня металла в форме, если известно, что наибольший габаритный размер детали L =__мм, коэффициент продолжительности заливки S_1 =___, вес жидкого металла в форме Q =__кг, коэффициент истечения стали из ковша $\mu_к$ =___, высота среднего напора в ковше $H_{ср}$ =__см, высота отливки от нижней до верхней точки h =__мм.

Таблица 1. Варианты заданий

№ варианта	L, мм	S_1	Q, кг	$\mu_к$	$H_{ср}$, см	h, мм
1	300	1,3	25	0,8	23	110
2	400	1,3	30	0,8	25	112
3	500	1,3	35	0,8	27	114
4	600	1,4	42	0,85	38	118
5	800	1,4	67	0,88	60	176
6	900	1,5	59	0,9	53	126

7	1000	1,4	92	0,9	82	234
8	1200	1,6	76	0,9	68	134
9	1200	1,5	100	0,9	92	240
10	1500	1,7	93	0,95	83	142
11	1500	1,6	125	0,95	113	92
12	1600	1,6	133	0,95	124	304
13	1800	1,8	110	0,95	126	150
14	2000	1,8	160	0,95	128	84
15	2000	1,8	127	0,95	130	80
16	2000	1,8	195	0,96	132	76
17	2000	1,8	203,5	0,96	134	80
18	2000	1,9	212	0,98	136	65,2
19	2500	2	220,5	0,98	138	60
20	2500	2	229	0,98	140	58
21	2500	2	237,5	0,98	142	56
22	2500	2	246	0,98	144	54
23	2500	2	254,5	0,99	146	52
24	2500	2	263	0,99	148	50

Последовательность выполнения практической работы

1. Изучить краткие теоретические сведения.
2. Записать условие задания (согласно своего варианта см. табл. 1).
3. Рассчитать толщину стенки отливки.
4. Рассчитать линейную скорость заливки металла.
5. Рассчитать величину оптимальной продолжительности заливки.
6. Рассчитать среднюю скорость подъема уровня металла в форме.
7. Результаты расчетов занести в табл. 2.

Таблица 2. Результаты расчетов

№ варианта	t, мм	τ, сек	$V_{лин}$, см/сек	υ, мм/сек

Вопросы для самопроверки

1. Этапы процесса заливки.

2. Влияет ли изменение толщина стенки отливки на величину оптимальной продолжительности заливки и как.

3. Влияет ли изменение высоты среднего напора в ковше за время заливки формы на величину линейной скорости заливки металла и как.

4. Влияет ли изменение высоты отливки на величину средней скорости подъема уровня металла в форме и как.

Практическая работа № 2

Тема: Расчет технологических параметров процесса ручной дуговой сварки штучными электродами

Цель работы: изучение методики и приобретение навыков расчета технологических параметров процесса ручной дуговой сварки аналитическим способом.

Ход занятия:

1. Повторить теоретический материал.
2. Записать условия задания и выполнить расчет.

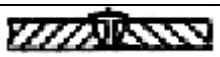
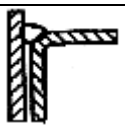
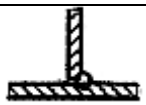
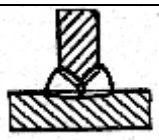
Краткие теоретические сведения

Электроды - металлические стержни, покрытые смесью веществ для ионизации в зоне дуги, защиты от вредного воздействия окружающей среды и металлургической обработки сварочной ванны. По назначению их подразделяют на несколько типов в зависимости от типа свариваемого металла и требований к металлу шва. Каждому типу электрода может соответствовать несколько марок электродов в зависимости от химического состава покрытия. Для ручной дуговой сварки электроды выпускают длиной 200 - 450 мм.

В зависимости от взаимного расположения свариваемых элементов существуют различные виды сварных соединений (табл. 3).

Для зажигания электрической дуги между электродом и свариваемым изделием сварщик быстро касается свариваемого металла концом электрода и отводит его на расстояние порядка 1 мм. Развиваемая при этом температура оплавляет электрод и кромки свариваемого изделия. В процессе сварки сварщик вручную перемещает электрод по линии стыка свариваемых деталей и по мере плавления электрода подает его в зону горения дуги, совершая, при этом, поперечные, относительно линии стыка, колебания.

Таблица 3. Примеры основных типов сварных соединений, выполняемых ручной дуговой сваркой

Типы соединения	Формы подготовительных кромок	Форма поперечного сечения сварного шва	Толщина свариваемых деталей, мм
стыковое	с отбортовкой кромок		1-4
	без скоса кромок		1-4
	со скосом одной кромки		3-60
угловое	с отбортовкой одной кромки		1-12
	без скоса кромок		1-30
тавровое	без скоса кромок		2-40
	с двумя симметричными скосами одной кромки		8-100
Нахлесточное	без скоса кромок		2-60
			2-60

Важно, чтобы дуга горела равномерно, что определяется правильным выбором электродов, их качеством, режимом сварки, а также удержанием конца электрода на нужном расстоянии от свариваемого изделия. Принципиальная схема ручной дуговой сварки плавящим электродом представлена на рисунке 2.

При ручной дуговой сварке электрод должен быть наклонен в сторону его движения на 70 - 75°, что обеспечивает хороший провар и улучшает выход шлаков на поверхность. В процессе сварки по мере плавления электроду сообщают движение в

трех направлениях: вниз – для поддержания постоянной длины дуги (обычно не более 2 – 4 мм), вдоль оси шва – для заполнения шва, поперек шва – для получения валика заданной ширины.

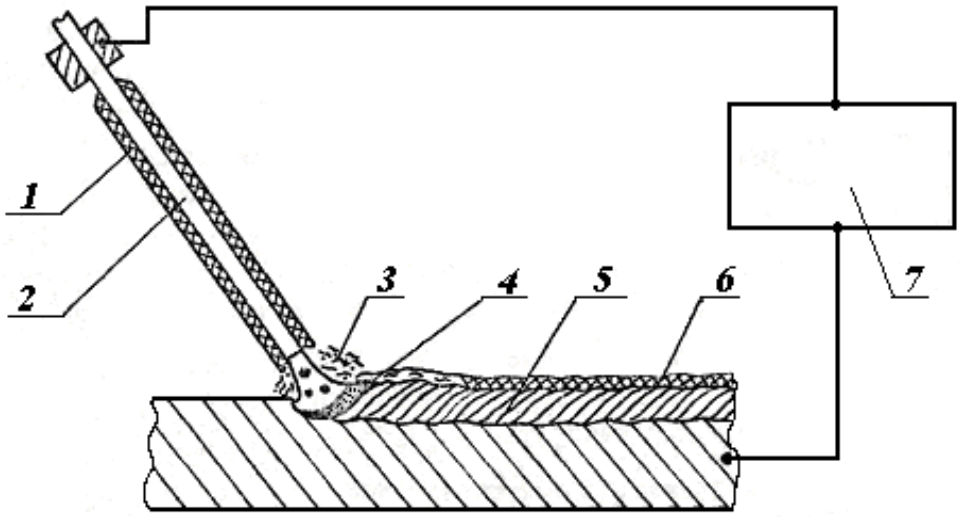


Рисунок 2. Схема процесса ручной дуговой сварки плавящимся электродом: 1 - покрытие электрода, 2 - металлический стержень электрода, 3 - газовая защита сварочной ванны, 4 - сварочная ванна, 5 наплавленный металл, 6 - шлаковая корка, 7 - сварочный источник

При ручной дуговой сварке к параметрам режима сварки относятся:

1. Сила сварочного тока рассчитывается по формуле:

$$I_{св} = K \cdot d_Э, A \qquad (5)$$

где K - коэффициент, учитывающий диаметр электрода, А/мм;

$d_Э$ - диаметр электрода, мм.

2. Напряжение на дуге при ручной дуговой сварке рассчитывается по формуле:

$$U_д = 12 + 1{,}7\frac{I_{св}}{d_Э}, B \qquad (6)$$

где $I_{св}$ - сила сварочного тока, А;

$d_Э$ - диаметр электрода, мм.

3. Расчет скорости сварки производится по формуле:

$$V_{св} = \frac{\alpha_н \cdot I_{св}}{3600 \cdot \rho \cdot F_{шв}}, см/с \qquad (7)$$

где $\alpha_н$ - коэффициент наплавки, г/А· ч;

$I_{св}$ - сила сварочного тока, А;

$F_{шв}$ - площадь поперечного сечения шва, см^2;

ρ - плотность металла электрода, г/см^3 (для стали ρ =7,8 г/см^3).

4. Масса наплавленного металла при ручной дуговой сварке производится по формуле:

$$G_н = F_{шв} \cdot l \cdot \rho, г \qquad (8)$$

где $F_{шв}$ - площадь поперечного сечения шва, см^2;

l - длина шва, см;

ρ - плотность металла электрода, г/см^3 (для стали ρ =7,8 г/см^3).

5. Время горения дуги определяется по формуле:

$$t_0 = \frac{G_н}{I_{св} \cdot \alpha_н}, ч \quad (9)$$

где $G_н$ - масса наплавленного металла, г;

$I_{св}$ - сила сварочного тока, А;

$\alpha_н$ - коэффициент наплавки, г/А· ч.

6. Полное время сварки приближенно определяется по формуле:

$$T = \frac{t_0}{k_п}, ч \quad (10)$$

где t_0 - время горения дуги, ч;

$k_п$ - коэффициент использования сварочного поста.

Условие задания (согласно своего варианта см. табл. 4). Выполнить расчет силы сварочного тока, напряжения на дуге, скорости сварки, массы наплавленного металла, времени горения дуги, полного времени сварки, если известно, что коэффициент, учитывающий диаметр электрода K =__А/мм, диаметр электрода $d_Э$ =__мм, коэффициент наплавки $\alpha_н$=__г/А· ч, площадь поперечного сечения шва $F_{шв}$ =__см^2, длина шва l =__см, коэффициент использования сварочного поста $k_п$ =__.

Таблица 4. Варианты заданий

№ варианта	$d_Э$, мм	K, А/мм	$\alpha_н$, г/А· ч	$F_{шв}$, см^2	l, см	$k_п$
1	1,6	25	8	0,2	3	0,5
2	2	30	8	0,25	4	0,51

3	3	30	9	0,3	5	0,52
4	4	45	9	0,35	6	0,53
5	5	45	10	0,4	8	0,54
6	6	60	10	0,45	10	0,55
7	1,6	27	8	0,5	12	0,56
8	2	30	9	0,55	14	0,57
9	3	35	10	0,6	16	0,58
10	4	40	14	0,65	18	0,59
11	5	45	16	0,7	20	0,6
12	1,6	27,5	10	0,2	3	0,5
13	2	30	11	0,25	4	0,51
14	3	32	12	0,3	5	0,52
15	4	45	13	0,35	6	0,53
16	5	45	14	0,4	8	0,54
17	6	50	15	0,45	10	0,55
18	1,6	25	10	0,5	12	0,56
19	2	30	11	0,55	14	0,57
20	3	30	12	0,6	16	0,58
21	4	45	13	0,65	18	0,59
22	5	45	14	0,7	20	0,6
23	6	60	15	0,15	2	0,5
24	8	60	18	0,4	8	0,54

Последовательность выполнения практической работы

1. Изучить краткие теоретические сведения.
2. Записать условие задания (согласно своего варианта см. табл. 4).

3. Рассчитать силу сварочного тока.

4. Рассчитать напряжение на дуге.

5. Рассчитать скорость сварки.

6. Рассчитать массу наплавленного металла.

7. Рассчитать время горения дуги.

8. Рассчитать полное время сварки.

9. Результаты расчетов занести в табл. 5.

Таблица 5. Результаты расчетов

№ варианта	$I_{св}$, А	$U_{д}$, В	$V_{св}$, см/с	$G_{н}$, г	t_0, ч	T, ч

Вопросы для самопроверки

1. Типы сварных соединений.

2. Влияет ли изменение диаметра электрода на силу тока и как.

3. Влияет ли изменение силы сварочного тока на скорость сварки и как.

4. Влияет ли изменение площади поперечного сечения шва на массу наплавляемого металла и как.

Практическая работа № 3

Тема: Расчет технологических параметров процесса резания

Цель работы: изучение методики и приобретение навыков расчета режима резания аналитическим способом.

Ход занятия:

1. Повторить теоретический материал.

2. Записать условия задания и выполнить расчет.

Краткие теоретические 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:

$$t = h = \frac{D - d}{2}, мм \qquad (11)$$

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, прочности, 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 или по эмпирической формуле:

$$V = \frac{C_\upsilon}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_\upsilon, м/мин \qquad (12)$$

где C_v - коэффициент, учитывающий условия обработки;

m, x, y - показатели степени;

T - период стойкости инструмента, мин;

t - глубина резания, мм;

S - подача, мм/об;

K_v - обобщенный поправочный коэффициент, учитывающий изменения условий обработки, K_v=0,5.

При настройке станка необходимо установить ч**астоту вращения шпинделя**, обеспечивающую расчетную скорость резания:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, об/мин \qquad (13)$$

где V - скорость резания, м/мин;

D - диаметр заготовки, мм.

Действительная скорость резания определяется по следующей формуле:

$$V_{Д} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, м / мин \quad (14)$$

где D - диаметр заготовки, мм;

n - частота вращения шпинделя, об/мин.

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

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i, мин \quad (15)$$

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

n - частота вращения шпинделя, об/мин;

i - количество проходов, шт.

Условие задания (согласно своего варианта см. табл. 6). Выполнить расчет глубины резания, скорости резания, частоты вращения шпинделя, действительной скорости резания, основного технологического времени, при обработке вала диаметром D =__ мм до диаметра d =___ мм, коэффициент, учитывающий условия работы C_v =___, показатели степени m =___, x =___, y =__, период стойкости инструмента T =___мин, подача S =___мм/об, путь инструмента в направлении рабочей подачи L =___ мм, количество проходов i =__шт.

Таблица 6. Варианты заданий

№ варианта	D, мм	d, мм	C_v	m	x	y	T, мин	S, мм/об	L, мм	i, шт
1	68	62	340	0,2	0,15	0,45	60	0,8	283	1
2	80	72	360	0,2	0,15	0,45	58	0,8	240	2
3	86	80	380	0,25	0,2	0,5	52	0,6	200	2
4	62	60	310	0,18	0,15	0,4	62	0,9	260	1
5	62	56	320	0,16	0,2	0,4	56	0,7	230	1
6	62	54	380	0,25	0,18	0,5	50	0,6	180	2

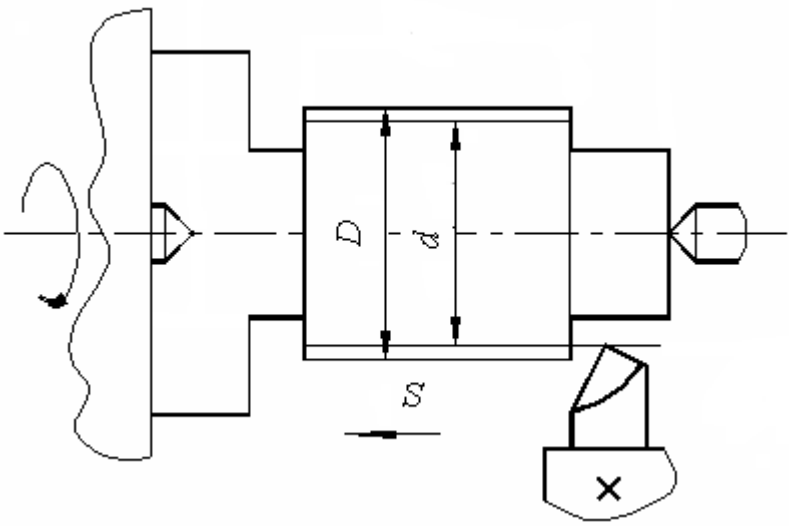


Рисунок 3. Эскиз обработки

Последовательность выполнения практической работы

1. Изучить краткие теоретические сведения.
2. Записать условие задания (согласно своего варианта см. табл. 6).
3. Выполнить эскиз обработки.
4. Рассчитать глубину резания.
5. Рассчитать скорость резания.
6. Рассчитать частоту вращения шпинделя.
7. Рассчитать действительную скорость резания.
8. Рассчитать основное технологическое время.

9. Результаты расчетов занести в табл. 7.

Таблица 7. Результаты расчетов

№ варианта	t, мм	V, м/мин	n, об/мин	$V_Д$, м/мин	T_0, мин

Вопросы для самопроверки

1. Глубина резания.
2. Подача.
3. Скорость резания.
4. Влияет ли изменение диаметра заготовки на действительную скорость резания и как.

Практическая работа № 4

Тема: Расчет физических явлений при токарной обработке

Цель работы: изучение методики и приобретение навыков расчета физических явлений при токарной обработке аналитическим способом.

Ход занятия:

1. Повторить теоретический материал.

2. Записать условия задания и выполнить расчет.

Краткие теоретические сведения

Современное представление о процессе формоизменения материала может дать схема, приведенная на рисунке 4. В зоне 3 материал заготовки подвергается пластическому деформированию, которое возникает не только в этой зоне, но и в тонком слое материала заготовки 1, расположенном под задней поверхностью режущего клина 5. Зона 3 окружена областью 2, в которой возникают упруго-пластические и упругие деформации.

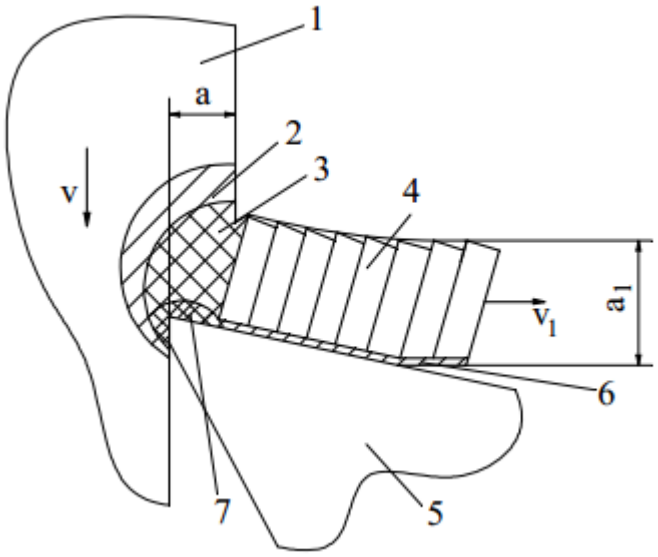


Рисунок 4. Схема зоны резания

Стружка 4 перемещается по передней поверхности резца. В прирезцовом слое 6 ее материал испытывает вторичное деформирование вследствие процессов, происходящих на площадке контакта с инструментом. На участке, расположенном вблизи режущей кромки, может возникать нарост 7, как результат застойных явлений в материале заготовки в этой части зоны резания. Наличие или отсутствие нароста, его размеры, твердость и устойчивость зависят от свойств материала заготовки и инструмента, геометрии режущего клина, режима резания, наличия смазочно-охлаждающей жидкости.

Стружка имеет суставчатую форму, т. е. состоит из отдельных элементов, сильнее или слабее связанных между собой. При высоких скоростях резания и обработке пластичных материалов толщина этих элементов невелика, они тесно связаны друг с другом, стружка имеет вид сплошной ленты. Такую стружку называют сливной.

При токарной обработке к параметрам физических явлений относятся:

1. Ширина стружки определяется по формуле:

$$b = \frac{t}{\sin\varphi}, м \qquad (16)$$

где t - глубина резания, м;

φ - угол инструмента в плане, º.

2. Толщина среза определяется по формуле:

$$a = S \cdot \sin\varphi, м \qquad (17)$$

где S - подача инструмента, м/об;

φ - угол инструмента в плане, º.

3. Сила трения на передней контактной поверхности резца определяется по формуле:

$$F_{mp1} = \frac{P_z \cdot \sin(\gamma + \alpha)}{\cos\varphi}, H \qquad (18)$$

где P_z - сила резания, Н;

γ - передний угол инструмента, º;

α - задний угол инструмента, º.

φ - угол инструмента в плане, º.

4. Сила трения по задней контактной поверхности резца определяется по формуле:

$$F_{òð\ 2} = 0{,}1 \cdot P_z, Í \qquad (19)$$

где P_z - сила резания, Н.

5. Скорость схода стружки определяется по формуле:

$$V_{ñõîä} = \frac{V}{k}, ì\ /\tilde{n} \qquad (20)$$

где V - скорость резания, м/с;

k - коэффициент усадки стружки.

6. Мощность тепловыделения от силы трения на передней поверхности резца определяется по формуле:

$$W_{тр1} = F_{тр1} \cdot V_{сход}, Вт \quad (21)$$

где $F_{тр1}$ - сила трения на передней контактной поверхности резца, Н;

$V_{сход}$ - скорость схода стружки, м/с.

7. Мощность тепловыделения от силы трения на задней поверхности резца определяется по формуле:

$$W_{тр2} = F_{тр2} \cdot V, Вт \quad (22)$$

где $F_{тр2}$ - сила трения по задней контактной поверхности резца, Н;

V - скорость резания, м/с.

8. Мощность тепловыделения при деформировании металла определяется по формуле:

$$W_{Д} = (P_z - F_{тр1}) \cdot V_{стружки} - F_{тр2} \cdot V, Дж \quad (23)$$

где P_z - сила резания, Н;

$F_{тр1}$ - сила трения на передней контактной поверхности резца, Н;

$V_{сход}$ - скорость схода стружки, м/с;

$F_{тр2}$ - сила трения по задней контактной поверхности резца, Н;

V - скорость резания, м/с.

Условие задания (согласно своего варианта см. табл. 8). Выполнить расчет ширины стружки, толщины среза, силы трения на передней контактной поверхности резца, силы трения по задней контактной поверхности резца, скорости схода стружки, мощности тепловыделения от силы трения на передней поверхности резца, мощности тепловыделения от силы трения на задней поверхности, мощности

тепловыделения при деформировании металла, если известно, что глубина резания t =__м, угол инструмента в плане φ =__º, подача инструмента S =__м/об, передний угол инструмента γ =__ º, задний угол инструмента α =__ º, сила резания P_z =__Н, скорость резания V =__м/с, коэффициент усадки стружки k =___.

Таблица 8. Варианты заданий

№ варианта	t, м	φ, º	S, м/об	γ, º	α, º	P_z, Н	V, м/с	k
1	0,005	45	0,0008	12	10	8400	1,3	1,8
2	0,015	45	0,0002	13	10	6494	3,5	1,5
3	0,003	60	0,0002	12	10	1045	3,2	1,6
4	0,004	60	0,0004	12	8	1500	2,92	1,65
5	0,0025	60	0,0001	10	8	3110	1,17	1,7
6	0,002	45	0,0002	10	8	488	1,25	1,75

Последовательность выполнения практической работы

1. Изучить краткие теоретические сведения.
2. Записать условие задания (согласно своего варианта см. табл. 8).
3. Рассчитать ширину стружки.
4. Рассчитать толщину среза.
5. Рассчитать силу трения на передней контактной поверхности резца.
6. Рассчитать силу трения по задней контактной поверхности резца.
7. Рассчитать скорость схода стружки.
8. Рассчитать мощность тепловыделения от силы трения на передней поверхности резца.
9. Рассчитать мощность тепловыделения от силы трения на задней поверхности резца.
10. Рассчитать мощность тепловыделения при деформировании металла.
11. Результаты расчетов занести в табл. 9.

Таблица 9. Результаты расчетов

№ варианта	b, м	a, м	$F_{тр1}$, Н	$F_{тр2}$, Н	$V_{сход}$, м/с	$W_{тр1}$, Вт	$W_{тр2}$, Вт	$W_{Д}$, Вт

Вопросы для самопроверки

1. Процесс стружкообразования.
2. Влияет ли изменение глубины резания на ширину стружки и как.
3. Влияет ли изменение подачи инструмента на толщину среза и как.
4. Влияет ли изменение скорости резания на скорость схода стружки и как.

Практическая работа № 5

Тема: Пластические деформации при резании

Цель работы.

Научиться определять величину усадки стружки, глубину пластически деформируемого поверхностного слоя, величину угла скольжения.

Теоретическое обоснование

Процесс резания металлов сопровождается интенсивными пластическими деформациями, оказывающими значительное влияние на качество и долговечность поверхностного слоя деталей, на производительность обработки, а также на энергозатраты.

Для изучения процесса деформации при резании применяют следующие методы: визуального наблюдения, скоростной киносъемки, делительной сетки, металлографический метод, метод микротвердости, поляризационно-оптический, метод усадки стружки и др.

Наиболее простым и наглядным способом изучения пластических деформаций при резании является метод визуального наблюдения. Его можно осуществить с помощью приспособления, общий вид которого показан на рис. 1.

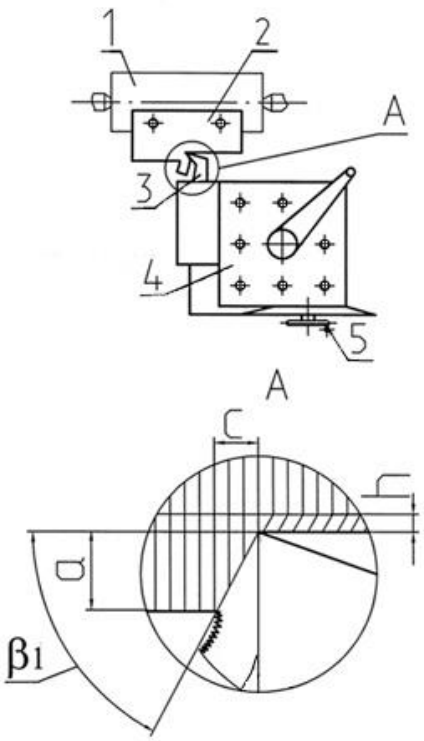


Рис 1. Установка для наблюдения зоны резания

Устройство состоит из оправки 1, установленной в патроне токарного станка, заготовки 2, закрепляемой на оправке 1, резца 3, установленного в резцедержателе станка. Наблюдение за зоной резания производится с помощью микроскопа (на рис. 1 не показан), устанавливаемого на суппорте станка. Резец 3 перед началом опытов подводится к заготовке, и мощью маховика 5 устанавливается толщина среза. После этого осуществляется вручную продольная подача, медленно и прерывисто, (включать вращение шпинделя заготовки запрещено!). С помощью микроскопа наблюдают пластические деформации в срезаемом слое, а также под обработанной поверхностью на некоторой глубине h. На боковой поверхности заготовки 2 нанесены вертикальные риски, которые отклоняются в направлении движения резца в том объеме срезаемого слоя, где происходят пластические деформации. Учитывая деформации рисок, а также зазубрины на наружной поверхности заготовки можно определить положение плоскости сдвига и угла сдвига β_1. Для этого необходимо с помощью микроскопа определить величину размера C — расстояние в направлении вектора скорости резания от вершины резца до вертикальной риски,

проходящей через точку пересечения плоскости сдвига с наружной поверхности заготовки. Значение угла β_1 рассчитывается по формуле:

$$\operatorname{tg}\beta_1 = \frac{\quad}{\quad} \qquad (1)$$

При теоретическом анализе процесса образования сливной стружки естественными являются упрощенные представления о форме переходной зоны и линий скольжения.

Будем представлять переходную пластически деформируемую зону в форме параллелограмма, а линии скольжения в ней примем за прямые.

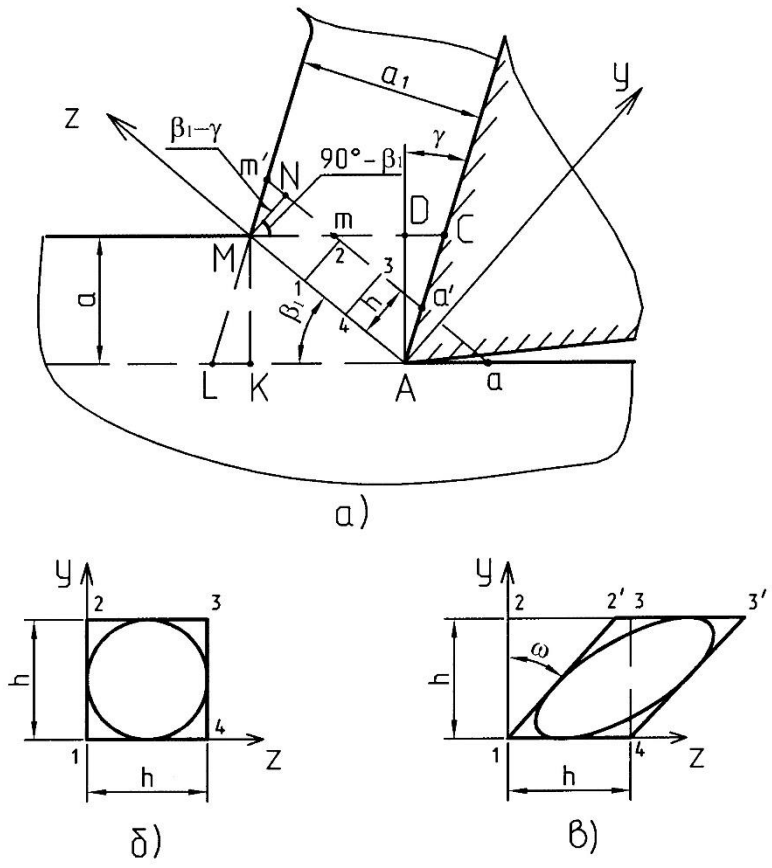


Рис.2.

При относительном движении инструмента и заготовки, инструмент, перемещаясь от точки *a* к точке *A*, вызывает сдвиг в отделяемом слое металла под углом β_1 к направлению относительного движения. В результате параллелограмм а*AMm*,

принадлежавший срезаемому слою, трансформируется в параллелограмм *a'AMm',* принадлежащий стружке.

Когда высота *h* деформируемого элемента срезаемого слоя достигнет определенного значения, зависящего от свойств обрабатываемого материала, деформация этого элемента закончится, и он вцелом претерпит сдвиг вдоль плоскости сдвига *AM,* что совпадет с началом деформации следующего элемента. Выделим в элементе срезаемого слоя *aAMm* до его деформации квадрат 1-2-3-4 со стороной *h.* После трансформации элемента *aAMm* в элемент стружки *a'AMm'* квадрат 1-2-3-4 трансформируется в параллелограмм. Отрезок 22' равен участку *mm' = aa' /рис.2-а,в/*. Мы видим, что это есть деформация простого сдвига.

Величина конечной пластической деформации при простом сдвиге зависит от величины так называемого относительного сдвига **ε**. Последний равен тангенсу угла сдвига **ω** /см. рис.2-в/, т.е. отношению *mm' / h* образом,

$$\varepsilon = \mathrm{tg}\omega = mm' / h$$

рис. 2-а видно, что

$mm' / h = m'N / h + Nm / h$

следоватедьно, при резании

$\varepsilon = \mathrm{ctg}\beta_1 + \mathrm{tg}(\beta_1 - \gamma)$.

Из рисунка 2-а можно получить формулу и для определения коэффициента усадки стружки **η.** Действительно:

$\mathrm{tg}\beta_1 = MK/KA = MK/(MC-CD) = a/(a_1/\cos\gamma - a\cdot\mathrm{tg}\gamma) = \cos\gamma/(a_1/a - \sin\gamma)$,

где a_1/a – коэффициент усадки стружки по толщине **η**.

Следовательно:

$\mathrm{tg}\beta_1 = \cos\gamma/(\eta - \sin\gamma)$, (2)

$\eta = \cos(\beta_1 - \gamma)/\sin\beta_1$ (3)

Из формул (2) и (3) видно, что относительный сдвиг и усадка стружки зависят при постоянном переднем угле γ исключительно от угла скольжения β_1, который составляет направление пластических сдвигов в срезаемом слое с вектором скорости резанья.

Для того, чтобы определить величину угла β_1, при котором относительный сдвиг **ε** будет минимальным, найдем производную $d\varepsilon / d\beta_1$ и приравняем ее к нулю. Получим:

$$d\varepsilon/d\beta_1 = - \operatorname{cosec}^2 \beta_1 + \sec^2 (\beta_1 - \gamma) = 0,$$

откуда

$$\beta_1 = 90^\circ - (\beta_1 - \gamma),$$

или

$$[\beta_1]_{\varepsilon = \min} = 45^\circ + \gamma/2 \qquad (4)$$

Последнее соотношение будем называть условием минимума относительно сдвига.

Подставив формулу (4) в формулу (5), найдем, что при

$$\beta_1 = 45^\circ + \gamma/2,$$

$$\eta = \cos(45^\circ + \gamma/2) / \sin(45^\circ + \gamma/2) = 1$$

Иначе говоря, когда относительный сдвиг будет минимальным, усадка стружки отсутствует, что соответствует минимальным силам резания, а, следовательно, энергозатраты будут минимальны.

Количественно справедливость допущения о том, что деформация срезаемого слоя при превращении его в стружку является именно деформацией простого сдвига, может быть оценена различными способами. Все они заключаются в том, что, базируясь на трактовке процесса сливного стружкообразования как процесса простого сдвига, теоретически устанавливается связь между параметрами процесса стружкообразования. Затем экспериментально проверяется, в какой мере теоретически полученные соотношения соответствуют действительности.

Сопоставляя результаты, приходим к заключению, что теория процесса резания как процесса простого сдвига является достаточно обоснованной (экспериментальные и эмпирически полученные величины достаточно близки по значению).

Необходимо обратить внимание на то, что сделанный вывод остается в силе лишь для тех условий резания, когда образуется сливная стружка, поскольку при этом можно пренебречь наличием явления сжатия в срезаемом слое металла. При образовании же элементарных стружек именно явления сжатия определяют закономерность процесса стружкообразования. Понятно, что в этом случае изложенная теория не применима.

На картине деформаций, которые произошли в отделяемом слое при превращении его в стружку, четко обозначается граница между деформированной и недеформированной частями металла. Она является практически прямолинейной и составляет угол $\boldsymbol{\beta_1}$ с направлением резанья. Если верно допущение о том, что процесс

резания есть процесс простого сдвига, то эта граница должна рассматриваться как след плоскости сдвигов и, следовательно, должно удовлетворяться соотношение (3), позволяющее рассчитать коэффициент усадки стружки.

Величина пластических деформаций в срезаемом слое определяется по деформации стружки. На рис. 3 показано изменение размеров стружки по сравнению с размерами срезаемого слоя. Так, например, длина стружки $\boldsymbol{l}_1$ меньше длинны срезаемого слоя $\boldsymbol{l}$, толщина стружки $\boldsymbol{a}_1$ - наоборот больше толщины срезаемого слоя $\boldsymbol{a}$. При этом ширина стружки $\mathbf{b}_1$ примерно такая же, как и ширина срезаемого слоя $\mathbf{b}$. Однако, фактически: приконтактный слой стружки, получает некоторое уширение, которое весьма существенно при резании высокопластичных металлов, например, свинца. Для большинства других материалов незначительно, поэтому им пренебрегают.

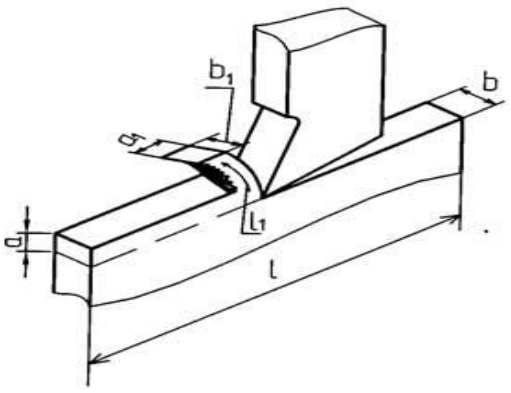


Рис. 3. Деформация срезаемого слоя

Пластические деформации срезаемого слоя характеризуется коэффициентом усадки стружки. Различают продольную усадку (укорочение стружки по сравнению с длинной среза) и поперечную усадку (увеличение толщины стружки по сравнению с толщиной среза).

Численно продольная усадка стружки характеризуется коэффициентом продольной усадки η_1

$$\eta_1 = \frac{}{} \quad 2)$$

$$1$$

Поперечная усадка характеризуется коэффициентом поперечной усадки η_a

$$\eta_a = \frac{1}{} \quad 3)$$

Экспериментально установлено, что объем стружки V_1 равен объему срезаемого слоя

$$a_1 b_1 l_1 = a\ b\ l$$

Обычно принимается, что $b = b_1$, поэтому $a_1 l_1 \cong a\ l$

$$\frac{1}{} \quad \frac{}{} \cong \eta_1$$

$$1$$

Т.к. коэффициенты продольной и поперечной усадки стружки равны, то в дальнейшем термин «усадка стружки» употребляется без указания «продольная» или «поперечная».

Для определения коэффициента усадки стружки применяют в основном четыре способа:

1. Измеряют длину срезаемого слоя и длину стружки. По замеренному значению l_1 и вычисленному l определяется коэффициент усадки стружки по формуле 2.

2. Выбирают произвольные кусочки стружки и измеряют их длину и взвешивают. Зная вес стружки P_1 можно определить длину среза, соответствующую длине стружки. Для этого принимается, что вес стружки P_1 и вес срезаемого слоя P равны между собой,

$$\text{т.е. } P_1 = a_1 b_1 l_1 \qquad \rho \cong a\, b\, l\, p$$

$$l = \frac{1}{b\,\rho}$$

где: ρ - плотность обрабатываемого материала (для стали ρ =7,9 мг/мм^2).

3. Выбирают произвольные кусочки стружки и измеряют их толщину. Зная толщину среза, усадку стружки рассчитывают по формуле (3). Этот способ наиболее простой. Однако при применении этого способа возникают наибольшие погрешности.

Измерение размеров заготовки производится штангенциркулем, веса стружки аналитическими весами, длинны стружки - линейкой или курвиметром.

Для обеспечения необходимой точности каждый опыт и каждое измерение производят не менее трех раз.

4. Коэффициент усадки стружки рассчитывают по теоретической формуле:

$$\eta_1 = \frac{\cos(\beta_1-\gamma)}{\sin\beta_1}, \quad (4)$$

Где: β_1- угол скольжения;

γ - главный передний угол.

Формула (4) получена на основании теории простого сдвига. Сравнение коэффициента усадки стружки, рассчитанного по формуле (4) со значением коэффициента усадки стружки, полученным экспериментальным методом (первые 2 способа), можно заключить о возможности или невозможности применения теории сдвига к процессу стружкообразования в данном конкретном случае. С учетом реальных погрешностей экспериментов можно принять, что если разница в значениях коэффициентов усадки стружки, полученных теоретически и экспериментально не превышает 40%, то теория простого сдвига при резании подтверждается.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ.

При выполнении лабораторной работы необходимо:

Изучить настоящее руководство, конспекты лекций и рекомендуемую литературу.

Изучить инструкцию по технике безопасности.

Уточнить задание и условия проведения опытов.

Получить заготовки, инструменты, приборы, необходимые для выполнения работы.

Изучить общее устройство станка, приборов и измерительных инструментов, необходимых для работы.

Провести опыты по визуальному наблюдению зоны резания и зарисовать схему (фрагменты) протекания пластических деформаций в срезаемом слое.

Определить виды стружек.

Определить величину угла скольжения по результатам визуального наблюдения зоны резания.

Определить глубину пластически деформированного слоя.

Обработать экспериментальные данные.

Составить отчет.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА.

Отчет должен содержать разделы, расположенные в следующей последовательности:

1. Цель работы.

2. Объект исследования (схема и условия опыта, тип станка, приборов, виды приспособлений и измерительных инструментов, данные об обрабатываемом материале, виде заготовки и ее размерах).

3. Результаты опытов (схемы срезаемого слоя, наблюдаемые визуально, результаты расчета усадки стружки, измерения Угла β_1,h)

4. Выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Методы изучения пластических деформаций при резании.

2. Зона распространения пластических деформаций.

3. Способы определения величины угла скольжения.

4. Способы определения усадки стружки.

5. Виды стружек, получаемых при резании.

6. Условие минимума усадки стружки, сил резания, энергозатрат.

Практическая работа № 6

Тема: Расчет, составляющий силы резания и мощности силы, затрачиваемой на процесс резания при точении (часть 1)

Цель работы — научиться проводить расчет составляющих силы резания и определять справочные коэффициенты и показатели степеней для расчета мощности резания при точении по эмпирическим формулам.

Теоретическая часть

Силы резания

Суммарная равнодействующая всех сил, действующих на резец со стороны обрабатываемого металла, называется ***силой сопротивления резанию*** **(**Ошибка! сточник ссылки не найден.**)**.

Сила сопротивления резанию — это результат действия упругой и пластической деформаций, сил трения стружки о переднюю поверхность резца и трения задних поверхностей о поверхность резания и обрабатываемую поверхность.

В соответствии с ГОСТ 25762—83 сила сопротивления резанию раскладывается на три составляющие силы резания, направленные по трем взаимно-перпендикулярным осям: тангенциальную P_z, радиальную P_y и осевую P_x. Главная составляющая силы резания P_z совпадает по направлению со скоростью главного движения резания и изгибает резец в вертикальной плоскости.

По силе P_z, Н, определяется изгибающий момент:

$$M_{изг} = P_z l,$$

где l — вылет резца, м.

Чем больше вылет резца l, тем больше изгибающий момент, а, следовательно, больше должно быть сечение державки резца. Осевая составляющая P_x силы резания (или сила подачи) параллельна продольному движению подачи. Сила P_x действует через резец на механизм подачи станка, а через заготовку на шпиндель и его опоры в осевом направлении. По силе P_x рассчитывается механизм подачи станка.

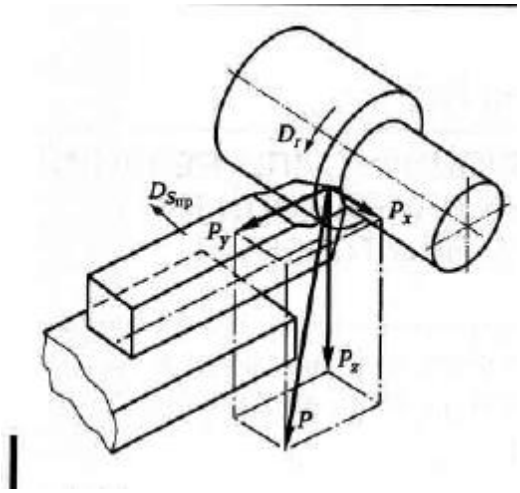


Рисунок 1 - Силы, действующие на резец

Радиальная составляющая P_y силы резания направлена по радиусу параллельно поперечному движению подачи резца и стремится оттолкнуть резец от заготовки. По этой силе производится расчет станка на жесткость. Составляющую силы резания P_y необходимо учитывать при расчете на прочность инструмента и механизма поперечного движения подачи станка.

Равнодействующая сил резания определяется по формуле

$$P = \sqrt{P_z^2 + P_y^2 + P_x^2}$$

При φ = 45°, λ = 0 и γ≈15° для определения составляющих силы резания используются следующие соотношения:

$$P_x=(0,3...0,4)P_z$$

$$P_y\sim (0,4... 0,5)P_z.$$

На соотношения между составляющими P_z, P_x и P_y силы резания оказывают влияние механические характеристики материала обрабатываемой заготовки, геометрия режущей части инструмента, износ резца, режимы резания, вибрация, вид смазочно-охлаждающей жидкости и др.

В частных случаях разложения равнодействующей силы P, например, при отрезании заготовки резцом с режущей кромкой, параллельной оси (**Ошибка! сточник ссылки не найден.**), можно записать:

$$P = \sqrt{P_z^2 + P_y^2},$$

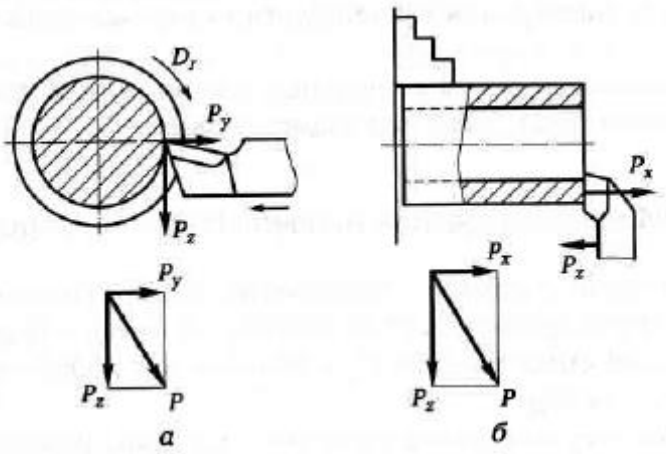


Рисунок 2 – Частные случаи разложения равнодействующей сил, действующих на резец со стороны обрабатываемого материала: а — при отрезании (разрезании) заготовки; б — при подрезке торца трубы φ = 45° и λ = 0

При подрезке торца трубы φ = 45° и λ = 0 (Рисунок 3, б)

$$P = \sqrt{P_z^2 + P_x^2},$$

Составляющие силы резания при наружном продольном и поперечном точении, растачивании, отрезании, прорезании пазов и фасонном точении рассчитываются по эмпирическим формулам

$$P_z P_x P_y = 10 C_p t^x S_0^y v^n K_p,$$

где C_P — коэффициент, характеризующий обрабатываемый материал и условия его обработки; t — глубина резания, мм; S_0 — подача, мм/об; x, y, z — показатели степеней; K_P — общий поправочный коэффициент на измененные условия резания по отношению к тем условиям, для которых характерен коэффициент C_P.

Постоянный коэффициент C_P и показатели степеней x, y, n для конкретных условий обработки (например, продольное точение, нарезание резьбы и т.д.) для каждой из составляющих силы резания приведены в [1, табл. 22 на с. 273].

Поправочный коэффициент $\boldsymbol{K_P}$ представляет собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактические условия резания:

$$K_P = K_{мP} K_{\varphi P} K_{\gamma P} K_{\lambda P} K_{rP},$$

где $K_{мР}$ — коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала [1, табл. 9, 10 на с. 264 и 265]; — остальные поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента [1, табл. 23 на с. 275].

Глубина резания ***t*** при отрезании, прорезании и фасонном точении соответствует длине режущего лезвия.

Практическая часть

Пример 1. Определение по эмпирическим формулам теории резания составляющих P_z, P_x и P_y силы резания при продольном точении заготовки из стали 45 с $\sigma_в$= 700 МПа резцом с пластиной из твердого сплава Т5К10. Глубина резания t = 2 мм. Подача S_0 = 0,6 мм/об. Параметр шероховатости обработанной поверхности обработанной поверхности *Rz* 20 мкм. Материал корпуса резца — сталь 45. Сечение корпуса резца В х Н = 16 х 25 мм. Стойкость резца T = 60 мин. Форма передней поверхности — радиусная с фаской. Геометрические параметры: γ = 10°, α= 8°, λ = +5°, φ = 45°; φ ' = 10°; r = 1 мм. Скорость резания v= 166 м/мин. Система СПИД — жесткая.

Решение 1. Составляющие силы резания при наружном продольном и поперечном точении, растачивании, отрезании, прорезании пазов и фасонном точении рассчитываются по эмпирической формуле

$$P_z P_x P_y = 10 C_p t^x S_0^y v^n K_p$$

По [5, табл. 22 на с. 273) определяются значения коэффициента C_P и показатели степеней при продольном точении заготовки из стали 45 с $\sigma_в$ =700 МПа резцом с пластиной из твердого сплава Т5К10:

$$C_{P_z} = 300;\ x_{P_z} = 1;\ y_{P_z} = 1;\ n_{P_z} = -0{,}15;$$
$$C_{P_y} = 243;\ x_{P_y} = 0{,}9;\ y_{P_y} = 0{,}6;\ n_{P_y} = -0{,}3;$$
$$C_{P_x} = 339;\ x_{P_x} = 1;\ y_{P_y} = 0{,}6;\ n_{P_y} = -0{,}4;$$

Поправочный коэффициент, учитывающий фактические условия резания

$$K_P = K_{MP} K_{\varphi P} K_{\gamma P} K_{\lambda P} K_{rP},$$

Поправочный коэффициент, учитывающий характеристики механических свойств обрабатываемого материала с $\sigma_в$ =700 МПа [1, табл. 9 на с. 264].

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_в}{75}\right)^{n_P} = \left(\frac{70}{75}\right)^{0,75} = 0,93^{0,75} = 0,95,$$

где n_P — показатель степени, n_P = 0,75 [5, табл. 9 на с. 264).

Значения поправочных коэффициентов, учитывающих влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания при обработке стали, определяются по [1, табл. 23 на с. 275]:

при главном угле в плане φ = 45°

$$K_{\varphi P_z} = 1,\ K_{\varphi P_y} = 1,\ K_{\varphi P_x} = 1;$$

при переднем угле γ = 10°,

$$K_{\gamma P_z} = 1,\ K_{\gamma P_y} = 1,\ K_{\gamma P_x} = 1;$$

угле наклона главного режущего лезвия λ = +5°,

$$K_{\lambda P_z} = 1,\ K_{\lambda P_y} = 1,25,\ K_{\lambda P_x} = 0,85;$$

при радиусе при вершине резца r = 1 мм

$$K_{rP_z} = 0,9,\ K_{rP_y} = 0,82,\ K_{rP_x} = 1.$$

Находим поправочные коэффициенты K_P для сил резания P_z,P_y *и* P_x *:*

$$K_{P_z} = K_{MP}K_{\varphi P_z}K_{\gamma P_z}K_{\lambda P_z}K_{rP_z} = 0,95 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,88.$$
$$K_{P_y} = K_{MP}K_{\varphi P_y}K_{\gamma P_y}K_{\lambda P_y}K_{rP_y} = 0,95 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 0,82 = 0,97.$$
$$K_{P_x} = K_{MP}K_{\varphi P_x}K_{\gamma P_x}K_{\lambda P_x}K_{rP_x} = 0,95 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1 = 0,81.$$

С учетом поправочного коэффициента K_{Pz} главная составляющая силы резания

$$P_z = 10C_{P_z}t^{x_{P_z}}S_o^{y_{P_z}}v^{n_{P_z}}K_{P_z} = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,6^{0,75}\frac{1}{166^{0,15}}0,88 =$$
$$= 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,6^{0,75}\frac{1}{166^{0,15}}0,88 = 10 \cdot 300 \cdot 2 \cdot 0,68\frac{1}{2,15}0,88 = 1670\ \text{Н}.$$

С учетом поправочного коэффициента $\boldsymbol{K_{Py}}$ радиальная составляющая силы резания

$$P_y = 10C_{P_y}t^{x_{P_y}}S_o^{y_{P_y}}v^{n_{P_y}}K_{P_y} = 10 \cdot 243 \cdot 2^{0,9} \cdot 0,6^{0,6}\frac{1}{166^{0,3}}0,97 =$$
$$= 10 \cdot 243 \cdot 2^{0,9} \cdot 0,6^{0,6}\frac{1}{166^{0,3}}0,97 = 10 \cdot 243 \cdot 1,87 \cdot 0,77\frac{1}{4,63}0,97 = 733\ \text{Н}.$$

С учетом поправочного коэффициента $\boldsymbol{K_{Px}}$ осевая составляющая силы резания

$$P_x = 10C_{P_x} t^{x_{P_x}} S_0^{y_{P_x}} v^{n_{P_x}} K_{P_x} = 10 \cdot 339 \cdot 2^1 \cdot 0{,}6^{0{,}5} \frac{1}{166^{0{,}4}} 0{,}81 =$$

$$= 10 \cdot 338 \cdot 2^1 \cdot 0{,}6^{0{,}5} \frac{1}{166^{0{,}4}} 0{,}81 = 10 \cdot 339 \cdot 2 \cdot 0{,}77 \frac{1}{7{,}72} 0{,}81 = 548 \text{ Н.}$$

Задача № 1. Определить составляющие P_z, P_x, P_y силы резания при продольном точении заготовки резцом с пластиной из твердого сплава, с глубиной резания ***t,*** подачей S_0 и скоростью резания ***V.***

Варианты данных к задаче приведены в таблице 1

Таблица 1 – Варианты данных для задачи №1

Номер варианта	Материал заготовки	Режим резания				Геометрические элементы резца						Форма передней поверхности
		t. мм	S_0. мм/об	V		φ	φ'	α	γ	λ	г	
				м/мин	м/с	«					мм	
1	Серый чугун. σ_B = 160 НВ	4	0,6	58	0,97	60	10	8	+5	+15	1	Плоская
2	Сталь 40ХН, σ_B = 700 МПа	1	0,25	66	1.1	90	10	8	+5	0	1	Радиусная с фаской
3	Сталь 20, σ, = 500 МПа	3,5	0,52	120	2	45	10	8	+10	-5	1	Плоская
4	Сталь 40ХН, σ_B = 750 МПа	1,5	0,6	110	1,83	60	10	8	+10	+5	1	Радиусная с фаской
5	Сталь Ст3, σ_B = 460 МПа	3	0.87	125	2,08	60	10	8	+10	+5	1	Плоская
6	Серый чугун, σ_B = 220 НВ	4	0,95	92	1,53	90	10	8	+5	0	2	Радиусная с фаской
7	Серый чугун. σ_B = 170 НВ	3	0,8	67	1,12	45	10	8	+5	+15	3	Плоская
8	Сталь 40ХН, σ_B = 700 МПа	4	0,8	63	1,05	60	10	8	+5	-5	2	Радиусная с фаской
9	Сталь 20, $\sigma_в$ = 410 МПа	3	0,6	68	1,13	90	10	8	+10	-5	1	Плоская
10	Сталь 50, σ_B = 630 МПа	1	0,9	61	1,017	45	10	8	+10	+5	3	Радиусная с фаской
11	Сталь 45, σ_B =600 МПа	3	0,7	78	1,3	60	10	8	+10	+5	1	Плоская
12	Серый чугун, σ_B = 200 НВ	4	0,6	61	1,017	60	10	8	+5	0	2	Радиусная с фаской
13	Серый чугун. σ_B = 180 НВ	1	0,8	75	1,25	90	10	8	+5	+15	4	Плоская
14	Сталь 60, σ_B = 680 МПа	3	0,8	70	1,167	45	10	8	+5	0	1	Радиусная с фаской

15	Сталь 55, σ, = 650 МПа	4	0,6	68	1,133	60	10	8	+10	-5	2	Плоская
16	Сталь 40, σ_B = 570 МПа	4	0,8	63	1,05	60	10	8	+10	+5	1	Радиусная с фаской
17	Сталь 25, σ_B = 450 МПа	3	0,7	72	1,2	90	10	8	+10	+5	1	Плоская
18	Серый чугун, σ_B = 210 НВ	4	0,5	69	1,15	45	10	8	+5	0	2	Радиусная с фаской
19	Серый чугун. σ_B = 190 НВ	1	1	59	0,98	60	10	8	+5	+15	1	Плоская
20	Сталь 35, σ_B = 530 МПа	4	0,8	71	1,18	90	10	8	+5	0	3	Радиусная с фаской
21	Сталь 20, σ, = 500 МПа	3	0,6	64	1,07	45	10	8	+10	-5	4	Плоская
22	Сталь 40, σ_B = 610 МПа	3	0,9	59	0,98	60	10	8	+10	+5	1	Радиусная с фаской
23	Сталь 50, σ_B = 560 МПа	4	0,7	63	1,05	90	10	8	+10	+5	3	Плоская
24	Сталь 45, σ_B = 660 Мпа	2	0,6	69	1,15	60	10	8	+5	0	2	Радиусная с фаской

Практическая работа № 7

Тема: Расчет, составляющий силы резания и мощности силы, затрачиваемой на процесс резания при точении (часть 2)

Цель работы — научиться проводить расчет составляющих силы резания и определять справочные коэффициенты и показатели степеней для расчета мощности резания при точении по эмпирическим формулам.

Теоретическая часть

Мощность, затрачиваемая на процесс резания

При срезании стружки затрачивается работа резания.

Мощность, затрачиваемая на процесс резания, определяется по составляющей силы резания P_z и называется эффективной мощностью резания $N_{эф}$

Эффективная мощность резания, кВт, определяется по формуле

$$N_{эф} = \frac{P_z v}{1\,020 \cdot 60},$$

где P_z — составляющая силы резания, Н; v — скорость резания, м/мин.

Эффективная мощность резания должна быть меньше мощности привода главного движения. Для обеспечения эффективной мощности на шпинделе электродвигатель станка должен обладать большей мощностью, так как часть ее расходуется на трение в подшипниках, зубчатых передачах, направляющих и др. (потери на трение зависят от вида станка и характеризуются коэффициентом полезного действия станка η= 0,70...0,85):

$$N_{шп} = \eta,$$

где η — коэффициент полезного действия (КПД) станка; $N_{эф}$ — мощность электродвигателя станка, кВт.

Пример 2. Определение эффективной мощности резания, при продольном точении заготовки на токарном станке 16К20 со скоростью главного движения резания $\boldsymbol{v}$ = 94,2 м/мин при главной составляющей силы резания P_z = 2 760 Н.

Решение.

1. Мощность, затрачиваемая на резание

$$N_{эф} = \frac{P_z V}{60 \cdot 1020} = \frac{2760 \cdot 94,2}{60 \cdot 1020} = 4,25 \text{ кВт}.$$

2. Обработка на станке возможна при выполнении условия

$$N_{эф} \le N_{шп}.$$

Мощность на шпинделе станка $N_{шп} = \eta N_{эд}$.

У станка 16К20 мощность $N_{эд} = 10$ кВт, а $\eta = 0,75$.

Тогда $N_{шп} = 0,75 \cdot 10 = 7,5$ кВт.

Таким образом, необходимое условие $N_{эф} = 4,25 \text{ кВт} \le N_{шп} = 7,5 \text{ кВт}$ выдержано, следовательно, обработка возможна.

Задача №2. Определить эффективную мощность резания $N_{эф}$ и момент сопротивления резанию $M_{с.р}$ при продольном точении заготовки на токарном станке 16К20 со скоростью главного движения резания v при главной составляющей силы резания P_z.

Варианты данных к задаче приведены в таблице **Ошибка! Источник ссылки е найден.**

Таблица 2 – Варианты данных для задачи №2

Номер варианта	V		P_z
	м/мин	м/с	Н
1	72,00	1,20	2960,00
2	130,00	2,17	2125,00
3	125,00	2,08	3000,00
4	185,00	3,08	1956,00
5	220,00	3,67	898,00
6	65,00	1,08	3850,00
7	58	1,20	2437,33
8	66	1,10	3054,48
9	120	2,00	1595,60
10	110	1,83	1066,22

11	125	2,08	1860,33
12	92	1,53	2641,24
13	67	1,12	3038,89
14	200	3,33	2118,84
15	240	4,00	1000,00
16	140	2,33	2107,72
17	78	1,30	2863,47
18	61	1,02	2911,75
19	75	1,25	2343,05
20	70	1,17	2991,63
21	68	1,13	3023,21
22	63	1,05	3100,70
23	72	1,20	2959,81
24	69	1,15	3007,46

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Определить радиальную составляющую силы резания P_y, если составляющая силы резания P_z = 5000 Н.

2. Определить равнодействующую сил резания Р. если известны ее составляющие: P_z= 2650 Н; P_y = 1060 Н; P_x = 800 Н.

3. Определить осевую составляющую силы резания P_x, если P_z = 4500 Н.

4. Определить эффективную мощность резания $N_{эф}$, если при продольном точении заготовки со скоростью главного движения резания v = 140 м/мин главная составляющая силы резания P_z= 2200 Н.

5. Определить равнодействующую сил резания, если P_x= 1 500 Н, P_y = 2000 Н и P_z= 4000 Н.

6. Определить изгибающий момент на резце $M_{ИЗГ}$, если тангенциальная сила резания $P_г$ = 4000 Н, а вылет резца l = 30 мм.

Определить, достаточна ли для обработки мощность электродвигателя станка $N_{эд}$ = 7,5 кВт, если КПД этого станка η= 0,7, скорость резания v = 100 м/мин, а тангенциальная сила резания P_z= 5000 Н

Практическая работа № 8

Тема: Расчет технологических параметров процесса резания при резьбонарезании

Цель работы: изучение методики и приобретение навыков расчета режима резания при резьбонарезании.

Ход занятия:

1. Повторить теоретический материал.

2. Записать условия задания и выполнить расчет.

Краткие теоретические сведения

Нарезание резьбы производят: наружной - резьбовыми резцами, круглыми плашками, резьбовыми головками и гребенчатыми и дисковыми фрезами; внутренней - резьбовыми резцами, метчиками и гребенчатыми фрезами.

Глубина резания и подача. При нарезании резьбы резцами различают продольную подача S, равную шагу резьбы P, и поперечную, определяющую глубину резания t, равную высоте резьбового профиля, при нарезании резьбы за один рабочий ход или части высоты профиля, соответствующей числу рабочих ходов, необходимых для образования резьбы.

Если шаг резьбы $P \leq 2{,}5$ мм, поперечная подача имеет радиальное направление $S_р$, и образование резьбы происходит по профильной схеме (рис. 6, *а*). Если шаг резьбы $P > 2{,}5$ мм, черновые ходы выполняют по генераторной схеме с поперечной подачей $S_б$, параллельной боковой стороне резьбового профиля (рис. 6, *б*), оставляя припуск e на чистовые рабочие ходы, срезаемые по профильной схеме.

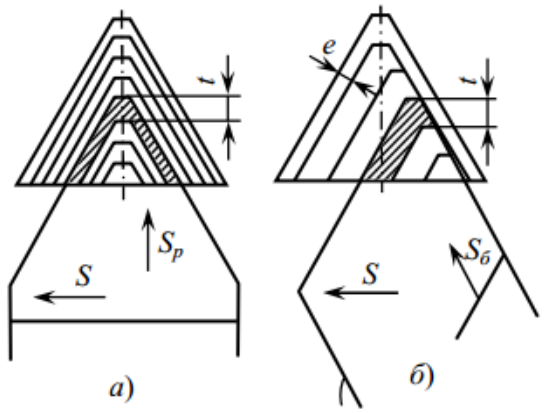


Рисунок 6. Схемы нарезания резьбового профиля резцом

Скорость резания при нарезании крепежной и трапецеидальной резьб резцами из быстрорежущей стали определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T \cdot t \cdot S} \cdot K_v, \text{ì / ìèí} \qquad (37)$$

где C_v - коэффициент, учитывающий условия резания;

T - среднее значение периода стойкости, мин;

t - глубина резания, м;

S - продольная подача инструмента, м;

K_v - общий поправочный коэффициент.

При нарезании резьбы с ограниченным выходом резца и необходимости при этом ручного отвода резца **скорость резания (в упор)** рассчитывая по формуле:

$$V_{\text{óïîð}} = \frac{\pi \cdot D}{1000 \cdot \tau \cdot P}, \text{ì / ìèí} \qquad (38)$$

где D - номинальный диаметр резьбы, мм;

P - шаг нарезаемой резьбы, мм;

τ - время на отвод резца и переключение станка на обратный ход, мин.

Тангенциальная составляющая силы резания при нарезании резьбы резцами определяется по формуле:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_{ð} \cdot Ð}{i} \cdot \hat{E}_{ð}, Í \qquad (39)$$

где P - шаг нарезаемой резьбы, мм;

i - число рабочих ходов, шт;

C_p - коэффициент, учитывающий режущий инструмент, C_p =148 для резцов;

K_p - поправочный коэффициент, K_p =1,2.

Мощность при нарезании резьбы определяется по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \hat{e}\hat{A}ò \qquad (40)$$

где P_z - тангенциальная составляющая силы резания, Н;

V - скорость резания, м/мин.

Условие задания (согласно своего варианта см. табл. 14). Выполнить расчет скорости резания, скорости резания (в упор), тангенциальной составляющей силы резания, мощности при нарезании резьбы если известны коэффициент, учитывающий условия резания C_v =__, среднее значение периода стойкости T =__мин, продольная подача инструмента S =__м, глубина резания t =___м, общий поправочный коэффициент K_v =__, номинальный диаметр резьбы D =__мм, шаг нарезаемой резьбы P =__мм, время на отвод резца и переключение станка на обратный ход τ =__мин, число рабочих ходов i =__шт.

Таблица 14. Варианты заданий

№ варианта	C_v	T, мин	S, м	t, м	K_v	D, мм	P, мм	τ, мин	i, шт
1	14,8	80	0,1	0,2	0,75	30	0,75	0,01	4
2	30	80	0,12	0,22	0,75	30	1	0,015	4
3	41,8	80	0,8	0,3	0,5	50	1,25	0,02	4
4	32,6	70	0,9	0,4	0,85	50	1,5	0,025	5
5	47,8	70	0,6	0,5	1	76	1,75	0,03	5
6	64,8	90	0,5	0,6	1	76	2	0,04	6

Последовательность выполнения практической работы

1. Изучить краткие теоретические сведения.

2. Записать условие задания (согласно своего варианта см. табл. 14).

4. Рассчитать скорость резания.

5. Рассчитать скорость резания (в упор).

6. Рассчитать тангенциальную составляющую силы резания.

7. Рассчитать мощность.

7. Результаты расчетов занести в табл. 15.

Таблица 15. Результаты расчетов

№ варианта	V м/мин	$V_{упор}$ м/мин	P_z, Н	N, кВт

Вопросы для самопроверки

1. Влияет ли изменение продольной подачи инструмента на скорость резания и как.

2. Влияет ли изменение номинального диаметра резьбы на скорость резания (в упор) и как.

3. Влияет ли изменение шага нарезаемой резьбы на скорость резания (в упор) и как.

4. Влияет ли изменение числа рабочих ходов на тангенциальную составляющую силы резания и как.

Практическая работа № 9

Тема: Расчет технологических параметров процесса при сверлении, зенкеровании и развертывании

Цель работы: изучение методики и приобретение навыков расчета режима резания при сверлении, зенкеровании и развертывании аналитическим способом.

Ход занятия:

1. Повторить теоретический материал.

2. Записать условия задания и выполнить расчет.

Краткие теоретические 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 сверл 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.

Расчет режима резания при сверлении выполняется в следующей последовательности:

1. Число оборотов при сверлении определяется по следующей формуле:

$$n_c = n_{нс} \cdot K_ф \cdot K_L \cdot K_M, об/мин \quad (24)$$

где $n_{нс}$ - номинальное число оборотов при сверлении, об/мин;

$K_ф$ - поправочный коэффициент на заточку сверла, $K_ф$=1,05;

K_L - поправочный коэффициент на длину сверления, K_L=0,75;

K_M - поправочный коэффициент на механические свойства сверла, K_M=0,88.

2. Фактическая скорость резания будет равна:

$$V_{фс} = \frac{\pi \cdot D_c \cdot n_c}{1000}, м/мин \quad (25)$$

где D_c - диаметр сверла, мм;

n_c - число оборотов при сверлении, об/мин.

3. Осевое усилие, действующее на сверло, определяется по формуле:

$$P_c = P_H \cdot K_{MM} \cdot K_Ф, H \quad (26)$$

где P_H - номинальное осевое усилие, действующее на сверло, Н;

K_{MM} - поправочный коэффициент на обрабатываемый материал;

$K_ф$ - поправочный коэффициент на заточку сверла, $K_ф$=1,05.

4. Наибольшее усилие, допускаемое механизмом подачи, определяется по формуле:

$$M = M_H \cdot K_{MM} \cdot K_Ф, H \quad (27)$$

где M_H - номинальное усилие, допускаемое механизмом подачи, Н;

K_{MM} - поправочный коэффициент на обрабатываемый материал;

$K_ф$ - поправочный коэффициент на заточку сверла, $K_ф$=1,05.

Расчет режима резания при зенкеровании выполняется в следующей последовательности:

1. Число оборотов при зенкеровании определяется по следующей формуле:

$$n_з = n_{нз} \cdot K_M, об/мин \quad (28)$$

где $n_{нз}$ - номинальное число оборотов при зенкеровании, об/мин;

K_M - поправочный коэффициент на механические свойства зенкера, K_M=0,88.

2. Фактическая скорость резания будет равна:

$$V_{фз} = \frac{\pi \cdot D_з \cdot n_з}{1000}, м/мин \quad (29)$$

где $D_з$ - диаметр зенкера, мм;

$n_з$ - число оборотов при зенкеровании, об/мин.

Расчет режима резания при развертывании выполняется в следующей последовательности:

1. Число оборотов при развертывании определяется по следующей формуле:

$$n_р = n_{нр} \cdot K_M, об/мин \quad (30)$$

где $n_{нр}$ - номинальное число оборотов при развертывании, об/мин;

K_M - поправочный коэффициент на механические свойства развертки, K_M=0,88.

2. Фактическая скорость резания будет равна:

$$V_{фр} = \frac{\pi \cdot D_p \cdot n_p}{1000}, м/мин \quad (31)$$

где D_p - диаметр развертки, мм;

n_p - число оборотов при зенкеровании, об/мин.

Условие задания (согласно своего варианта см. табл. 10). Выполнить расчет режимов резания при сверлении, зенкеровании и развертывании, если известно, что номинальное число оборотов при сверлении $n_{нс}$ =__об/мин, диаметр сверла D_c =___мм, номинальное осевое усилие, действующее на сверло P_H =___Н, поправочный коэффициент на обрабатываемый материал K_{MM}=___, номинальное усилие, допускаемое механизмом подачи M_H =___Н, номинальное число оборотов при зенкеровании $n_{нз}$ =___об/мин, диаметр зенкера $D_з$ =___мм, номинальное число оборотов при развертывании $n_{нр}$=___ об/мин, диаметр развертки D_p=___мм.

Таблица 10. Варианты заданий

№ варианта	$n_{нс}$, об/мин	$D_{с,}$ мм	$P_{H,}$ Н	K_{MM}	$M_{H,}$ Н	$n_{нз,}$ об/мин	$D_{з,}$ мм	$n_{нр,}$ об/мин	$D_{р,}$ мм
1	396	22	6010	1,06	6966	329	24,9	105	25
2	408	27	6405	1,08	7361	341	29,9	100	30
3	384	35	6537	2	7493	317	37,9	96	38
4	421	25	6299	1,06	7255	354	27,9	102	28

5	380	42	6841	1,08	7797	313	44,9	90	45
6	360	47	6915	2	7871	293	49,9	84	50

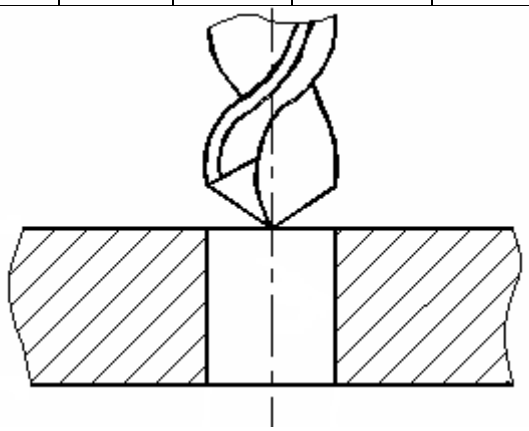


Рисунок 5. Эскиз обработки

Последовательность выполнения практической работы

1. Изучить краткие теоретические сведения.
2. Записать условие задания (согласно своего варианта см. табл. 10).
3. Выполнить эскиз обработки.
4. Рассчитать число оборотов при сверлении.
5. Рассчитать фактическую скорость резания при сверлении.
6. Рассчитать осевое усилие, действующее на сверло.
7. Рассчитать наибольшее усилие, допускаемое механизмом подачи.
8. Рассчитать число оборотов при зенкеровании.
9. Рассчитать фактическую скорость резания при зенкеровании.
10. Рассчитать число оборотов при развертывании.
11. Рассчитать фактическую скорость резания при развертывании.
12. Результаты расчетов занести в табл. 11.

Таблица 11. Результаты расчетов

№	n_c,	$V_{фс}$,	P_c,	M,	$n_з$,	$V_{фз}$,	$n_р$,	$V_{фр}$,

варианта	об/мин	м/мин	Н	Н	об/мин	м/мин	об/мин	м/мин

Вопросы для самопроверки

1. Влияет ли изменение диаметра сверла на фактическую скорость резания и как.

2. Влияет ли изменение номинального осевого усилия на осевое усилие и как.

3. Влияет ли изменение числа оборотов при зенкеровании на фактическую скорость резания и как.

Практическая работа № 10

Тема: Эффективность СОЖ при сверлении

Цель работы

Основной целью работы является усвоение методики испытания и оценки эффективности СОЖ при сверлении

Теоретическое обоснование

Эффективность СОЖ при сверлении предопределяется ее смазочным, охлаждающим и моющим действием. Современные составы СОЖ повышают стойкость инструмента, уменьшают силы резания,, повышают точность и качество обработанной поверхности. По этим показателям можно оценить эффективность СОЖ. Однако способ оценки эффективности по всем показателям имеет значительную трудоемкость, особенно при проведении стойкостных испытаний. Приближенно эффективность СОЖ можно оценить по времени сверления отверстий при резании всухую и с СОЖ при постоянной силе прижима.

Как известно, осевая сила P_o и крутящий момент $M_{кр}$ рассчитываются по формулам:

$$P_o = C_p D^{Xp} S^{Yp}, K_p$$

$$M_{кр} = C_м D^{Xм} S^{Yм} K_м ,$$

Где:

C_p – константа, зависящая от физико-механических свойств обрабатываемого и инструментального материалов, а также от условий обработки;

D – диаметр сверла;

S – подача на один оборот сверла;

X_p, $X_м$ – показатели степени, определяющие величину влияния диаметра на P_o, $M_{кр}$.

$У_p$, $У_м$ – показатели степени, определяющие величину влияния подачи на P_o, $M_{кр}$.

K_p, $K_м$ – поправочный коэффициент, равный произведению ряда коэффициентов, учитывающих конкретные условия обработки.

$К_{р(м)} = К_м * К_{ин}, К_2φ, К_п * К_{сож}$,

Где:

$К_м$ – коэффициент, учитывающий влияние свойств обрабатываемого материала на P_o и $М_{кр}$;

$К_{ин}$ – коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала;

$К_2φ$ – коэффициент, учитывающий влияние угла 2φ;

$К_п$ – коэффициент, учитывающий влияние перемычки;

$К_{сож}$ – коэффициент, учитывающий влияние СОЖ.

Обычно $Х_р$ и $У_р$ принимают за константу. Для рассматриваемых условий D также является константой. Тогда рассматриваемые формулы имеют вид:

$$P_o = C_1 D^{1.0} S^{0.8}$$

$$M_{кр} = C_2 D^2 S^{0.8}$$

При сверлении с постоянной силой прижима осевая сила остается постоянной. Однако известно, что при резании с СОЖ, осевая сила и крутящий момент, как правило, уменьшаются. Если сила прижима сверла к заготовке выдерживается постоянной при резании, то фактическая подача будет изменяться до того значения, которое создаст осевую силу, равную силе прижима.

При уменьшении осевой силы под действием СОЖ подача увеличится, что уменьшит время сверления отверстия. Таким образом, сравнивая время сверления при резании всухую и с СОЖ можно оценить ее эффективность. Этим способом можно воспользоваться для оценки различных видов СОЖ.

Время сверления определяет производительность процесса - Q_c. Увеличение производительности сверления можно рассчитать по формуле:

$$Q_c = \frac{t_{вс}}{t_{сож}} \times 100\% \quad , \quad \text{где:}$$

$t_{вс}$ – время сверления без сож

$t_{сож}$ – время сверления с сож

Рассматриваемый способ оценки Q_c является приближенным. Необходимо иметь в виду, что на производительность оказывает влияние и стойкость сверла. При увеличении стойкости, что, как правило, имеет место при сверлении с СОЖ, производительность растет. Это означает, что фактическое влияние СОЖ на производительность будет большим, чем это следует из оценки по времени сверления. Следует также отметить, что при сверлении с СОЖ, как правило, уменьшается шероховатость обработанной поверхности и увеличивается точность обработки. В данной работе количественная оценка этих параметров не производится ввиду трудоемкости и относительной сложности измерений. Однако необходимо дать качественную оценку шероховатости при обработке всухую и с СОЖ.

Величина подачи при сверлении с СОЖ и без СОЖ рассчитывается по формулам:

$$S_{вс} = \frac{h + \frac{D}{2tg\varphi}}{t_{вс} * n} \qquad S_{сож} = \frac{h + \frac{D}{2tg\varphi}}{t_{сож} * n}$$

где:

h – толщина пластины

φ – угол между главной режущей кромкой и осью сверла

n – число оборотов сверла

Учитывая значения подач $S_{вс}$, $S_{сож}$ и формулы $P_o = f(S)$, $M_{кр}=f(S)$, можно определить коэффициенты уменьшения силы – η_p и коэффициент уменьшения крутящего момента – $\eta_м$:

$$\eta_{p(м)} = \left(\frac{S_{сож}}{S_{вс}} \right)^{0,8}$$

Известно, что энергозатраты при сверлении изменяются пропорционально изменению крутящего момента.

С учетом этого можно сделать вывод и о влиянии СОЖ на энергозатраты.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

При выполнении лабораторной работы необходимо:

1. Выполнить опыты при резании всухую и с СОЖ, фиксируя время сверления каждого отверстия.
2. Произвести сравнительную оценку качества обработанной поверхности при резании всухую и с СОЖ.
3. Обработать экспериментальные данные.
4. Составить отчет.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Показатели эффективности СОЖ.
2. Понятие о смазочном, охлаждающем и моющем действиях СОЖ.
3. Механизм влияния СОЖ на время сверления.
4. Влияние СОЖ на производительность.
5. Виды СОЖ и методы их применения.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Рекомендации по применению СОТС

Наименование	Область применения
Укринол-1	2-10 %-ные водные эмульсии на различных операциях обработки резанием сталей, чугуна и цветных металлов
Э-1 (А), Э-2 (Б), Э-3 (В)	3-10 %-ные водные эмульсии при обработке резанием черных и цветных металлов; малоэффективны и не обеспечивают защиту изделий от коррозии
НГЛ-205	3-10 %-ные водные эмульсии при точении и шлифовании черных и цветных металлов; нестабильны при хранении; малоэффективны
СДМУ-2	5-10 %-ные водные эмульсии на операциях точения черных и цветных металлов
Аквол-6	5-20 %-ные водные эмульсии при обработке резанием коррозионно-стойких, высокопрочных сталей и титановых сплавов, а также при тяжелых условиях резания конструкционных сталей
Аквол-11	2-10 %-ные водные растворы при обработке резанием углеродистых и легированных сталей, а также алюминиевых сплавов

МР-4	При обработке резанием коррозионно-стойких, жаропрочных, жаростойких сталей и сплавов, а также алюминиевых и титановых сплавов на операциях протягивания, развертывания, точения, сверления, глубокого сверления, резьбонарезания, хонингования
ОСМ-5	При обработке резанием углеродистых и легированных конструкционных сталей на операциях зубообработки, сверления, резьбонарезания, точения, развертывания и шлифования, пригодна для работы на токарных автоматах
Сульфофрезол	При обработке резанием черных металлов, когда требуется повышенное пластифицирование поверхности; не удовлетворяет современным требованиям по защитно-антикоррозионным и санитарно-гигиеническим свойствам
В-31	При обработке резанием алюминиевых сплавов

Практическая работа № 11

Тема: Виды СОТС. Их состав и область их применения.

Цель работы

Основной целью работы является усвоение методики испытания и оценки эффективности СОЖ при сверлении

Теоретическое обоснование

Эффективность металлообработки - комплексный показатель, учитывающий в числе прочих условий и роль смазочно-охлаждающих технологических средств /СОТС/, их влияние на качество изделий, производительность труда и другие технико-экономичекие показатели процессов обработки металлов резанием.

Современные СОТС - это неотъемлемая часть всего комплекса средств, обеспечивающего эффективную эксплуатацию металлорежущего оборудования. Поскольку в практике металлообработки условия резания различаются значительное, то соответственно применяется и большое число СОТС, искусственно вводимых в зону резания. Естественно, что такие вопросы, как назначение, классификация и физико-химические основы действия СОТС, требуют особого внимания и должны быть достаточно подробно рассмотрены в первую очередь.

Требования к СОТС. Наиболее важными из них являются требования обеспечивать увеличение стойкости режущего инструмента и повышать качество обрабатываемой поверхности при соблюдении заданной точности обработанной поверхности. Выполнение этих требований приводит в конечном счете к снижению стоимости металлообработки вследствие уменьшения затрат на режущий инструмент, сокращению брака и простоев станков, связанных с заменой затупившегося инструмента. В зависимости от условий обработки СОТС должны обеспечивать смазывающее, охлаждающее, диспергирующее или моющее действие. Однако в большинстве случаев от СОТС требуется обеспечить одновременно несколько действий в различной степени. Так, например, при фрезеровании твердосплавными фрезами требуется высокое смазывающее и обязательно низкое

охлаждающее действие; при нарезании резьбы метчиками и при развертывании- высоко эффективные моющее и смазывающее; при токарной обработке титановых сплавов- охлаждающее, а при обработке их фрезерованием - смазывающее действия. Поэтому при создании или выборе СОТС необходимо знать, какое действие в данных условиях резания должна обеспечивать жидкость. Предъявляемые к СОЖ требования выражаются в виде конкретных предельно допустимых норм показателей качества.

Назначение и классификация смазочно-охлаждающих технологических средств для обработки металлов резанием.

СОТС предназначены для смазки поверхностей трения, охлаждения режущего инструмента и обрабатываемой заготовки, облегчения процесса деформирования металла, своевременное удаление из зоны резаниястружки и продуктов износа инструмента, а также для временной защиты изделий и оборудования от коррозии. Благодаря этому СОТС в значительной мере определяют экономичность и надежность работы многочисленны и разнообразной металлообрабатывающейтехники, а именно: увеличивают стойкость режущего инструмента, улучшают качество изделий, снижают силы резания и потребную мощность.

По классификации все СОТС по их агрегатному состоянию разделены на четыре типа: газообразные, жидкие, пластичные и твердые.

Газообразные СОТС. В качестве СОТС этого типа применяют нейтральные /азот, аргон, гелий/ и активные, кислородосодержащие /воздух, кислород, диоксид углерода/, газы. Активные газы не только играют роль охладителя, но и защищают поверхность трущихся металлов от изнашивания, образуя на них оксидные пленки.

В среде кислорода можно затачивать режущий инструмент из инструментальных сталей и твердых сплавов, точить и сверлить кислостойкие и жаропрочные сплавы, шлифовать специальные стали и сплавы. Однако применение газообразных СОТС не получило широкого распространения в практике.

Жидкие СОТС наиболее распространены. Их принято называть смазочно-охлаждающими жидкостями /СОЖ/. Они разделены на классы: масляные,

водосмешиваемые /водные/, быстрорастворяющиеся и расплавы некоторых металлов.

Масляные СОЖ. Состоят из минерального масла, являющегося базовым, к которому могут быть добавлены антифрикционные, антиизносные и антизадирные присадки, ингибиторы коррозии, антиоксиданты, антипенные и антитуманные присадки.

Минеральное масло в масляных СОЖ занимает 60-95% /в процентах по массе/. Обычно это высокоочищенные нафтеновые или парафиновые масла. Иногда в качестве основы для масляных СОЖ используют смесь из нескольких /2-3/ минеральных масел. Используют также в качестве базы маловязкие экстракты селективной очистки, очищая их каталитическим гидрированием, что снижает их стоимость. При выборе базовых минеральных масел учитывают прежде всего их физико-химические свойства /вязкость, индекс вязкости, групповой углеродный состав/ и обусловленные ими смазочные, антиокислительные и другие характеристики, влияющие на процесс трения и износ инструмента.

Синтетические масла из-за их высокой стоимости используют иногда в виде добавок.

Антифрикционные присадки- это обычно технические растительные масла и жиры /рапсовое масло, свиной жир/, жирные кислоты и их эфиры, а также полимерные ненасыщенные жирные кислоты. Их содержание обычно составляет 5-25%. В связи с их дефицитностью ведутся работы по замене жировых продуктов естественной природы на синтетические.

Антиизносные присадки- уменьшают износ режущего инструмента при возрастании нагрузке. Из них в составе масляных СОЖ наиболее известны диалкилфосфиты, а также осерненные жиры и полимерные жирные кислоты. Концентрация противоизносных присадок в масляных СОЖ обычно 0.5-5%, она зависит от назначения продукта, а также состава других присадок.

Антизадирные присадки предотвращают схватывание и износ режущего инструмента при наиболее тяжелых температурных и механических нагрузках. Это чаще всего вещества, содержащие серу, хлор, фосфор. В зависимости от условий

применения масляных СОЖ, содержание в них серы составляет от 0,5-3% /сульфиды и полусульфиды/ до 3-20% /осерненные жиры/. Хлоросодержащие противозадирные присадки менее распространены. Самая распространенная из них - хлорированный парафин. Хлоросодержащие присадки в количестве 3-15% применяют при обработке высоколегированных сталей.

Ингибиторы коррозии предотвращают коррозионное воздействие масляных СОЖ на изготовляемые детали и детали станка вызывается продуктами окисления минеральных масел, присадками, а также продуктами их разложения. По склонности к коррозии обрабатываемые материалы различаются весьма широко, и это обстоятельство учитывают того или иного способа противокоррозионной защиты. В ряде случаев достаточно эффективными ингибиторами коррозии являются присадки, используемые для улучшения смазочных свойств СОЖ: полимерные ненасыщенные жирные кислоты, дисульфиды, аминофосфаты.

Антипенные присадки добавляют в масляные СОЖ для предотвращения пенообразования. Наибольшее распространение получили диметилселиконовые полимеры. Требуемые количества этих веществ 0.0005-0.001%.

Антитуманные присадки снижают образование и выделение масляного тумана /аэрозоля/ при работе с СОЖ на масляной основе. В качестве антитуманых присадок рекомендуется полиолефины, аттактический полипропилен. Эти присадки обычно вводят в количестве0.5-3%. Масляные СОЖ обладают хорошими смазывающими свойствами, обеспечивают продолжительный срок службы режущего инструмента, предохраняют обрабатываемый металл и детали станков от коррозии.

Масла без присадок применяют при обработке магния, латуни, бронзы, меди и углеродистых сталей при легких режимах резания. Однако они мало эффективны при обработке труднообрабатываемых сталей и сплавов, особенно при тяжелых режимах резания.

Недостатками масляных СОЖ являются сравнительно низкие охлаждающие свойства и низкая термическая стабильность, пожароопасность, повышенная испаряемость и высокая стоимость.

Водосмешиваемые СОЖ. Такие СОЖ могут содержать эмульгаторы, нефтяные масла, воду, спирты, гликоли, ингибиторы коррозии, бактерициды, противоизносные, противозадирные и антипенные присадки, электролиты и другие органические и неорганические продукты. Эти СОЖ применяют в виде эмульсий или истинных водных растворов при абразивной и лезвийной обработке /легкие и средние режимы резания/ черных и цветных металлов. Преимуществами водосмешиваемых СОЖ является более высокая, чем у масляных СОЖ, охлаждающая способность, относительно низкая стоимость, пожаробезопасность и меньшая токсичность, недостатки- сравнительно невысокие смазывающие свойства, низкая эффективность на отдельных операциях и недостаточно высокая стабильность свойств во времени. Водосмешиваемые СОЖ разделены на четыре подкласса - эмульгирующиеся /эмульсолы/, полусинтетические, синтетические, растворы электролитов.

Эмульгирующиеся СОЖ /эмульсолы/ при смешивании с водой образуют эмульсии. В качестве основы эмульсолов используют средневязкие нефтяные масла нафтенового или смешанного типа, содержание которых в эмульсоле может достигать 85%. Применяют эмульсолыв виде 1-5%-ных эмульсий в воде.

Эмульгаторы являются поверхностно-активными веществами /ПАВ/и, кроме уменьшения поверхностного натяжения, они выполняют роль смазочных веществ и ингибиторов коррозии. В качестве эмульгаторов наибольшее распространение в составе эмульсолов получили анионоактивные ПАВ, а также их смеси: калиевые, натриевыми мыла жирных, смоляных и сульфокислот.

Полусинтетические СОЖ принципиально не отличаются от эмульсолов по компонентному составу, однако они существенно отличаются от них по концентрации компонентов. Основу полусинтетических СОЖ составляет вода /до 50%/ и эмульгаторы /до40%/.Обязательным компонентом является маловязкое /3-10 кв.мм/с при 50 град.С/ нефтяное масло. Полусинтетические СОЖ, как и эмульсолы, могут содержать биоциды, противоизносные и противозадирные присадки. Их используют в виде 1-10%-ных водных растворов. Синтетические СОЖ представляют собой смесь водорастворимых полимеров, поверхностно-активных

веществ, ингибиторов коррозии, биоцидов, антипенных присадок и воды. В их состав для повышения смазывающих свойств вводят противоизносные и противозадирные присадки. Синтетические СОЖ могут быть приготовлены в виде порошков. Их применяют в виде 1-10% водных растворов. По универсальности, продолжительности сохранения эксплуатационных свойств синтетических СОЖ, как правило, превосходят эмульсии.

Быстроиспаряющиеся СОЖ. Основу таких СОТС составляют быстроиспаряющиеся галогенпроизводные углеродов. Испаряясь, они охлаждают режущий инструмент и обрабатываемое изделие и оставляют на трущихся поверхностях тонкие смазывающие слои присадок, входящих в их состав. Быстроиспаряющиеся СОТС применяют при обработке резанием труднообрабатываемых сплавов и пакетов из пластин разнородных материалов на операциях сверления, развертывания, нарезания резьбы и протягивания.

Пластичные СОТС. обычно представляют собой пластичные смазки. Их используют в мелкосерийном производстве при нарезании резьбы /метчиками и плашками/, сверлении, протягивания и развертывания, при полировании и обработке металлов напильниками. Применение пластичных СОТС ограничивается трудностью введения их в зону резания, невозможностью сбора, очистки и повторного применения. Пластичные СОТС разделены на следующие классы: смазки на углеводородных /парафин, воск и некоторые полимеры/, мыльным /натриевые, литиевые, кальциевые, бариевые, свинцовые и др./ и неорганических / глина, слюда, асбест и др./ загустителях.

Твердые СОТС. По химическому составу подразделены на три класса - неорганические продукты слоистой структуры /тальк, графит, слюда, дисульфид молибдена и др./, органические соединения /воски, мыла, твердые жиры, полимеры/ и мягкие металлы/олово, свинец, медь/. Применяют их в особо трудных условиях /при высоких температурах и нагрузках/, а также в тех случаях, когда другие типы СОТС не эффективны. Твердые смазки наносят в качестве поверхностных покрытий на режущий инструмент или обрабатываемый металл.

По применению все СОТС разделены на две группы - массового и специального применения. СОТС массового назначения пригодны для ряда операций обработки металлов резанием при различных режимах. Они в свою очередь разделены на три подгруппы: обычные, универсальные и многоцелевые. Обычные обеспечивают выполнение нескольких операций обработки резанием той или иной группы черных или цветных металлов, универсальные - широкий круг операций обработки резанием черных и цветных металлов. К СОТС специального назначения отнесены газообразные, пластичные и твердые СОТС.

Функциональные действия СОТС.

В соответствии с современными представлениями СОТС в процессе резания может производить смазывающее, охлаждающее, диспергирующее и моющее действия. Разделить различные эффекты действия СОТС бывает весьма сложно, так как они могут проявляться одновременно и порознь в различных зонах контактной поверхности инструмента, стружки и заготовки в зависимости от особенностей операции и режимов резания, характеристик обрабатываемого инструментального материалов. В большинстве случаев высокие эксплуатационные свойства СОТС /СОЖ/ определяются их смазывающим и охлаждающим действием.

Смазывающее действие СОЖ. Смазывающее действие СОЖ проявляется преимущественно в зоне контакта резца и стружки, а также контакта резца и заготовки. Оно обусловлено способностью СОЖ вступать в физическое, химическое и физико-химическое взаимодействие с активированными поверхностями контактной зоны и образовывать на них гидродинамические, физические /адсорбционные/ и химические смазочные пленки. В зависимости от условий резанья такие пленки могут образовываться порознь или одновременно. Физические и химические смазочные пленки принято называть граничными. Их толщина колеблется от нескольких десятков до нескольких сотен ангстрем. Сопротивление сдвигу у них выше, чем у гидродинамических пленок. В случае образования при резании металлов гидродинамических смазочных пленок /например, обработка меди при низких скоростях/ трущиеся поверхности разделены слоем СОЖ в несколько микрон и более. Здесь вязкость СОЖ имеет преобладающее значение и должна быть

оптимальной. Иногда вязкость может быть компенсирована серо-,хлор- или фосфорсодержащими присадками.

Адсорбционные смазочные пленки образуются при малых давлениях и низких температурах. Поверхностно-активные молекулы, содержащиеся в СОЖ, адсорбируются слоями на контактирующих металлических поверхностях. Толщина пленки может включать от нескольких до 500 молекулярных слоев. Такая пленка выдерживает большие нормальные нагрузки, однако, слабо сопротивляется действию касательных напряжений. Чем выше устойчивость граничной пленки к действию нормальных и чем ниже к действию касательных напряжений, тем меньше коэффициент трения и тем выше смазывающая способность среды. Наиболее прочно адсорбируются на поверхности металла молекулы олеиновой кислоты, некоторых растительных масел и синтетических ПАВ. Поэтому они широко используются в композициях масляных СОЖ. Присутствие влаги и кислорода ускоряет процессы хемосорбции. Существенную роль при образовании пленок играет температура, при ее повышении рост пленок уменьшается, а скорость образования химических пленок увеличивается. При операциях с высоким выделением тепла более эффективны химические смазывающие пленки, образуемые на контактирующих поверхностях за счет противоизносных и противозадирных присадок. В зоне контакта происходит распад молекул присадок с образованием атомов и радикалов, которые вступают в химическую реакцию с металлом, образуя смазочный слой.

Смазывающее действие СОЖ проявляется еще и в том, что углерод, кислород, сера, фосфор и другие элементы, входящие в состав, в условиях высоких давлений, напряжений и температур не только реагирует с поверхностью металла с образованием граничной смазочной пленки, но и диффундируют в тончайшие поверхностные слои трущихся металлических поверхностей, образуя эвтектические сплавы с более низкими коэффициентами трения. В результате чего облегчаются процессы трения и пластической деформации металла.

Многими исследованиями установлено положительное влияние смазывающего действия СОЖ на процессы, предотвращающие налипание и

наростообразование на лезвии инструмента, изменяющие форму стружки и длину контакта стружки с передней поверхностью инструмента, в результате чего уменьшаются теплообразование, усилия резания и шероховатость обрабатываемой поверхности. Смазывающее действие СОЖ зависит от операции и режима резания, свойств обрабатываемого и инструментального материалов и определяется в основном скоростями образования и изнашивания граничных смазочных пленок, а также их составом, строением и свойствами.

Охлаждающее действие СОЖ. При резании основная часть механической энергии преобразуется в теплоту. Охлаждающее действие СОЖ основано на законах теплообмена. Нагретые до высоких температур режущий инструмент, заготовка и стружка передают путем конвективного теплообмена смазочно-охлаждающей среды часть тепла. Кроме того, теплоотвод при резании может осуществляться вследствие теплопередачи излучением, испарением среды и протекания химических реакций, происходящих при поглощении тепловой энергии. Теплоотводы, связанные с излучением, испарением и химическими реакциями, невелики. Поэтому при оценке охлаждающего действия СОЖ ограничиваются рассмотрением конвективного теплообмена, который зависит, главным образом, от теплофизических свойств и гидродинамических условий подачи жидкости. На теплообмен наиболее сильно влияют вязкость, теплопроводность, теплоемкость, плотность и смачиваемость СОЖ, а также разность температур охлаждаемой поверхности и потока жидкости.

В процессе резания наибольшему воздействию высокой температуры подвергается инструмент. Исследования показывают, что применение смазочно-охлаждающей среды не препятствует возникновению высокой температуры в инструменте. Однако действие СОЖ существенно уменьшает область нагрева инструмента. При этом подача эмульсии под давлением на вспомогательную заднюю поверхность инструмента более эффективна, чем ее полив свободно падающей струей на переднюю поверхность инструмента. Для ряда операций обработки металлов резанием эффективность охлаждающего действия СОЖ повышается при подаче жидкости в распыленном состоянии, под давлением или

через внутренние каналы в инструменте по сравнению с подачей СОЖ поливом свободно падающей струей.

Однако охлаждающее действие СОЖ может иметь и отрицательные последствия. Так, например, при фрезеровании /прерывистое резание/ твердосплавным инструментом с высокой скоростью резания, применение СОЖ приводит к значительным колебаниям температуры режущей части фрезы и уменьшению ее стойкости. Кроме того, интенсивное охлаждение поверхности обрабатываемого изделия приводит, как правило, к возникновению в металле внутренних напряжений растяжения, что ухудшает эксплутационные свойства изделия.

Диспергирующее действие СОЖ. Под этим действием СОЖ подразумевается их способность облегчать деформацию, разрушение и дробление /диспергирование/ металла, т.е оказывать действие, способствующее образованию новой поверхности. В присутствии ПАВ облегчается зарождение и распространение микротрещин в металле. Полярные молекулы продвигаются по стенкам образующихся трещин до тех пор, пока их размеры не станут больше размеров трещин. В результате в самых узких местах микротрещин возникают дополнительные расклинивающие давления, вызываемые адсорбционными слоями, что приводит к "охрупчиванию" металла и его разрушению. Хрупкость металла может повышаться за счет диффузии атомов и ионов СОЖ в деформируемые слои. В результате этого процесса металл в зоне деформации быстрее достигает предельной прочности и разрушается при меньших затратах энергии.

Моющее действие СОЖ. В процессе резания металла образуются стружка и шлам, состоящий из мелкодисперсной стружки, частиц износа инструмента и трущихся деталей станка, окалины, пыли, грязи, продуктов термоокислительной деструкции компонентов СОЖ и жизнедеятельности микроорганизмов. Твердые коллоидные частицы шлама проникают в микронеровности обрабатываемой заготовки, деталей станков и инструмента, где прочно удерживаются электростатическими и механическими силами. Скопление частиц шлама приводит к снижению стойкости инструмента и ухудшению качества обрабатываемой

поверхности. Поэтому СОЖ должны смыть и унести крупную стружку или металлические опилки, предотвратить образование лакообразных отложений и нагара на поверхностях изделия и инструмента, нагретых до высоких температур. Моющее действие СОЖ представляет собой совокупность физико-химических процессов, приводящих к очистке поверхностей обрабатываемой заготовки, инструмента и деталей станка от шлама. Смыв и эвакуация крупной стружки или продуктов шлифования, накапливающихся в зоне резания, является одной из важных функций СОЖ. Смывающее действие в значительной степени зависит от количества СОЖ, подаваемой в зону резания, скорости потока и метода подачи жидкости. Эффективность смывающего действия СОЖ повышается с введением в ее состав моющих веществ.

Выбор СОТС для различных процессов обработки металлов резанием. Типы СОТС.

Эффективность эксплуатации металлообрабатывающего оборудования во многом зависит от правильного выбора и применения СОЖ.

При хонинговании большинства металлов используются маловязкие масляные СОЖ с хлоросодержащим или серо- и хлоросодержащими присадками /ОСМ-1/. Хонингование при легких режимах осуществляется с применением маловязкого масла с добавками растительных или животных жиров /ВИ-2/.

Шлифование различных материалов производят в основном с помощью водных СОЖ/Аквол-2,Аквол-6,Аквол-15/.Однако при шлифовании нержавеющих и жаропрочных сталей и сплавов серосодержащие и хлоросодержащие масляные жидкости /ОСМ-3/.Маловязкие масляные СОЖ /ОСМ-4/, кроме того ,с успехом применяют при отделочном шлифовании цветных металлов.

При силовом и скоростном шлифовании металлов в основном находят применение серосодержащие или хлоросодержащие масляные СОЖ /МР-10,Укринол-14/ в зависимости от обрабатываемого материала и режима резания. Цветные металлы и легкие сплавы лучше обрабатывать с применением эмульгирующихся, полусинтетических СОЖ.

Обработка цветных металлов и углеродистых сталей на токарных автоматах ведется с применением масляных СОЖ /ОСМ-1/.

При зубообработке в основном распространены различные виды масляных СОЖ /МР-5У/. Эмульгирующиеся /в том числе с активными присадками/ нашли применения при нарезании зубьев на деталях из цветных и легких металлов и сплавов, а также на низкопрочных сталях.

На операциях нарезания резьбы и протягивания в большинстве случаях наиболее эффективны масляные СОЖ/МР-99,МР-7/,содержащие активные элементы- серу и/или хлор. Водные СОЖ целесообразно применять только при обработке низкопрочных сталей, цветных и легких металлов и их сплавов, а также при нарезании резьбы в деталях из сталей и сплавов /Аквол-10м,Аквол-1/.

Обработку титановых сплавов на операциях шлифования, точения и фрезерования производят с применением водных СОЖ/Аквол-10м,Аквол-2/. При сверлении, работе на станках - автоматах, глубоком сверлении, зубообработке, нарезании резьбы и протягивании используются специальные масляные СОЖ Т/ОСМ-5/ и эмульгирующиеся жидкости, активированные противоизносными и противозадирными присадками.

При выборе СОЖ для того или иного обрабатываемого материала при прочих равных условиях целесообразно руководствоваться следующими практическими рекомендациями: цветные металлы и легкообрабатываемые стали рационально обрабатывать с применением масляных СОЖ с жировыми добавками. Мягкие и конструкционные стали с применением хлоросодержащих масляных СОЖ, причем СОЖ с высокой концентрации хлоросодержащих присадок рекомендуется также для протягивания, резьбо- и зубонарезания.

По мере перехода от легкообрабатываемых сталей к более труднообрабатываемым следует применять СОЖ с большими концентрациями активных присадок. Неактивные СОЖ находят применение на всех операциях резания легких и цветных металлов и сплавов, а также в большинстве случаев обработки сталей низкой прочности, когда имеется опасность коррозии металла.

Активные масляные СОЖ в основном используют при силовом резании труднообрабатываемых материалов и особенно, когда процесс стружкообразования сопровождается появлением нароста. Однако из-за высокой активности серосодержащих присадок, входящих в их состав, эти СОЖ могут вызвать снижение стойкости инструмента.

При обработке на станках с ЧПУ и на технологических модулях гибких автоматизированных производств используют, в основном, следующие виды СОЖ: Аквол-10м, Аквол-14, Карбомол П-1, Аквол-1, Аквол-2, Э-2, ЭТ-2, НГЛ-205- все из подклассов эмульсий, синтетических и полусинтетических СОЖ.

Аквол-10м-концентрат на гликолевой основе, содержит анионоактивные и неионогенные эмульгаторы и незначительное количество жировых присадок. Предназначен для приготовления синтетических СОЖ с широкой областью применения.

Аквол-14-представляет собой концентрат на основе полиакиленгликолей, содержит трибополимезирующие присадки и добавки, придающие СОЖ необходимый комплекс свойств. При смешивании с водой образует прозрачные, бесцветные или слегка окрашенные растворы. Применяют при обработке резанием черных металлов и сплавов.

Карбомол П-1- сбалансированная смесь эмульгатора с минеральным маслом. которая используется на операциях лезвийной обработки.

Укринол-14- средневязкая смесь минеральных масел, содержащая хлорные, фосфорные и жировые присадки. Применяются при скоростном, силовом и глубинном шлифовании инструментальных сталей.

МР-10/ту 38 101973-85/-средневязкая смесь неактивного вида, содержащая антифрикционные, противоизносные, противозадирные присадки. Применяется при силовом и скоростном шлифовании сталей.

ОСМ-1/ту 38 усср 201228-81/- маловязкая смесь неактивного вида, содержащая противозадирные и другие присадки. Применяется при обработке чугунов, легированных, конструкционных и инструментальных сталей на операциях сверления, развертывания, фрезерования и шлифования, а также при обработке

коррозионностойких, жаропрочных, жаростойких сталей и сплавов на операциях фрезерования и шлифования.

МР-7- осерненное минеральное масло средней вязкости. Применяют при средних и тяжелых режимах резания сталей и сплавов на токарных автоматах и отдельных операциях сверления, глубокого сверления отверстий диаметром более 30 мм, точения, фрезерования, развертывания, протягивания, резьбо- и зубонарезания

Автоматизированный выбор и контроль СОЖ в автоматизированном производстве.

В условиях работы автоматизированного производства выбор видов СОЖ и контроль их качества должны быть автоматизированы /с помощью ЭВМ и других технических средств/ и осуществляться в отдельной подсистеме, входящей в автоматизированное производство наряду с другими подсистемами и взаимодействующая с ними.

Это ситуация выдвигает новые требования к СОЖ: оптимизация товарного состава СОЖ, обеспечивающих максимальное число различных операций обработки, а также необходимость оперативного контроля и коррекции эксплуатационных свойств СОЖ, влияющих на надежность работы всего производства.

Оптимизация состава СОЖ предполагает использование такого их ассортимента, чтобы обеспечивался минимум приведенных затрат.

Как слишком узкий, так и слишком широкий ассортимент характеризует неудовлетворительное состояние в области разработки и применения СОЖ. Оптимизация означает нахождение требуемого количества СОЖ, обеспечивающего общую эффективность всего процесса механической обработки. При этом возникает проблема их совместимости, приготовления, хранения, очистки и регенерации. Совместимость СОЖ необходима потому, что при перемещении заготовки из одной позиции в другую возможно перемешивание оставшейся на поверхностях обрабатываемой детали СОЖ различных марок и их смешивание. Это может привести к ухудшению эксплуатационных характеристик СОЖ.

При применении СОЖ одного типа можно использовать централизованную систему подачи СОЖ. Эти системы применяются для обеспечения жидкостями автоматических линий и гибких производственных систем. СОЖ подается к станкам непосредственно из централизованной установки. Отработанные жидкости возвращаются в установку по подземным трубопроводам. Применение централизованной системы исключает необходимость иметь на каждом станке насос, фильтры и другое оборудование для подачи СОЖ, сокращает простои оборудования и дает возможность поддерживать качество жидкостей в процессе их эксплуатации. Современные централизованные системы автоматически выполняют операции приготовления, подачи, охлаждение, стабилизации качества, очистки и регенерации СОЖ. Но они могут ограничивать производительность обработки и в некоторых случаях понижать качество обработанной поверхности из-за использования одного типа СОЖ.

В общем случае централизованная система состоит из одной постоянно действующей и пяти, периодически подключающихся подсистем. Постоянно действующая подсистема является основной и обеспечивает циркуляцию СОЖ в процессе ее использования на станках.

Она включает в себя пять комплексов различных устройств /подачи, очистки, биозащиты, стабилизации и активации СОЖ/. Устройства, входящие в комплексы, могут подключаться к магистральному потоку СОЖ последовательно или параллельно. К периодически действующим подсистемам относятся подсистемы приготовления, поддержания качества, регенерации и обезвреживания СОЖ. В зависимости от производственной необходимости централизованная система может не содержать какой-либо периодически действующей подсистемы.

Оптимизация СОЖ является комплексной технико-экономической задачей, решением которой при заданных технико-экономических ограничениях /сопутствующих эксплуатационных, физико-химических, санитарно-гигиенических свойствах и экономических показателях СОЖ.

Оптимальный ассортимент СОЖ должен включать жидкости как универсальные /для широкого круга операций обработки резанием различных

обрабатываемых материалов/ так и специализированные /применяемые на отдельных операциях или при обработке только одного материала, или решения других специальных задач/.

Автоматический выбор СОЖ основан на поиске /с помощью банка данных в ЭВМ/ марок СОЖ, отвечающих необходимым требованиям.

Последовательность выбора:

выбор из общего массива справочных данных, представленных в машинной форме /рекомендации по выбору СОЖ/ кодов СОЖ, записанных в ячейках памяти ЭВМ с координатами, определяемыми заданными условиями механической обработки в конкретных условиях /вид операции, обрабатываемый и инструментальный материал, режимы резания, геометрические параметры режущего инструмента и др./ определение наличия универсальных СОЖ в полученном массиве;

определение количества возможно совместимых СОЖ; расчет оптимального числа марок СОЖ.

Контроль СОЖ осуществляется путем встраивания в систему подачи СОЖ автоматической измерительной системы состояния СОЖ.

На станках с ЧПУ зона контакта инструмента с деталью не имеет фиксированного положения в пространстве и устройство подачи СОЖ должно обеспечивать автоматическую коррекцию направления потока. Коррекция угла атаки струй СОЖ осуществляется или по программе от системы ЧПУ, или с помощью автономных следящих систем управления.

Способы подачи СОЖ

Применяют следующие основные способы подач СОЖ в зону резания лезвийным инструментом:

свободно падающей струей;

напорной струей;

струей воздушно-жидкостной смеси /в распыленном состоянии/;

через каналы в теле режущего инструмента.

Подача СОЖ чаще всего осуществляется свободнопадающей струей /поливом/.Свободно падающая струя истекает из сопел различных конструкций под давлением 0,03-0,1 МПа/, т.е. под действием силы тяжести/ и обильно поливает зону резания.

Широко практикуется подача СОЖ напорной струей под давлением 0,1-2,5 МПа. На операциях глубокого сверления давление струи СОЖ достигает 10 МПа. Напорную струю можно подавать как в зону обработки /со стороны задней грани инструмента/, так и по каналам в теле инструмента. При подаче в зону обработки скорость напорной струи достигает 40-60 м/с. В целях уменьшения разбрызгивания рекомендуется разветвлять поток СОЖ- часть потока направлять в виде тонкой напорной струи, а часть- свободным поливом.

Недостатки подачи СОЖ высоконапорной струей следующие:

трудность обеспечения в производственных условиях нужного направления струи СОЖ на режущую кромку инструмента;

необходимость тщательной очистки СОЖ, чтобы исключить засорение сопла;

необходимость оснащения станка специальной насосной станцией;

сильное разбрызгивание жидкости.

Подача СОЖ в распыленном состоянии осуществляется путем смешивания СОЖ и воздуха и в виде аэрозоли направляют в зону резания. Эффективность действия СОЖ при такой подаче можно объяснить повышением физической и химической активности СОЖ, по сравнению с охлаждением нераспыленной струей. К преимуществам этой подачи СОЖ следует отнести чрезвычайно малые расходы жидкости 400-500 г/ч водной СОЖ и 0,5-3 г/ч распыленные СОЖ применяют в следующих случаях: на операциях, где применение СОЖ поливом невозможно; при обработке некоторых труднообрабатываемых материалов, когда полив не эффективен; при необходимости оздоровления условии труда; для уменьшения температурных деформации деталей в процессе обработки. Аэрозоли с успехом применяют на агрегатных станках, автоматических линиях и станках с ЧПУ, в том числе многооперационных.

Подача СОЖ по каналам в теле инструмента весьма эффективна, но осуществима для ограниченной номенклатуры инструментов. Такая технология подачи СОЖ получила распространение при обработке глубоких отверстий спиральными сверлами, твердосплавными сверлами одностороннего резания, ружейными и кольцевыми сверлами, метчиками, протяжками. Для подвода СОЖ к вращающимся инструментам с внутренними каналами применяют специальные патроны и маслоприемники.

Глубокие отверстия сверлят с принудительным наружным или внутренним отводом стружки и подводом СОЖ, применяя при этом специальные режущие инструменты.

Наибольшие трудности возникают при выборе технологии подачи СОЖ на операциях обработки глубоких отверстий мелкоразмерным инструментом, не содержащим внутренних каналов. В этих случаях целесообразно подавать в зону резания несколько струй жидкости равномерно по конусу, ось которого совпадает с осью режущего инструмента, а вершина располагается в зазоре между кондукторной втулкой и обрабатываемой деталью. При обработке глубоких отверстий перспективна также подача СОЖ импульсным /ударным/ методом, так при ее подаче с частотой 10-13 Гц по сравнению с подачей непрерывной напорной струи возможно повышение в 2-2,5 раза производительности обработки и улучшение дробления и отвода стружки. На некоторых сверлильных операциях при зенкеровании и развертывании отверстий глубиной менее двухдиаметров, а также отверстий малого диаметра СОЖ подводят через кольцевые насадки.

Практическая работа № 12

Тема: Расчет технологических параметров процесса резания при фрезеровании

Цель работы: изучение методики и приобретение навыков расчета режима резания при фрезеровании аналитическим способом.

Ход занятия:

1. Повторить теоретический материал.

2. Записать условия задания и выполнить расчет.

Краткие теоретические 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.:

$$D = 1{,}5 \cdot B, мм \qquad (32)$$

где B - ширина фрезерования, мм.

При цилиндрическом фрезеровании различают встречное фрезерование, когда вектор скорости (направление вращения фрезы) направлен навстречу направлению подачи; и попутное фрезерование, когда вектор скорости и направление подачи направлены в одну сторону.

Встречное фрезерование применяют для черновой обработки заготовок с литейной коркой, с большими припусками.

Попутное фрезерование применяют для чистовой обработки нежестких, предварительно обработанных заготовок с незначительными припусками.

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

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

При 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:

$$V = V_H \cdot K_{mv} \cdot K_{nv}, м/мин \quad (33)$$

где V_H - номинальная скорость резания, м/мин;

K_{mv} - поправочный коэффициент на механические свойства фрезы;

K_{nv} - поправочный коэффициент заточки фрезы.

Частота вращения шпинделя, соответствующая найденной скорости резания, определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, об/мин \quad (34)$$

где V - скорость резания, м/мин;

D - диаметр фрезы, мм.

При фрезеровании необходимо также знать **минутную подачу**, которая находятся по следующей формуле:

$$S_{ì} = S_Z \cdot z \cdot n, ìì / ìèí \quad (35)$$

где S_Z - подача на один зуб, мм/об;

n - частота вращения фрезы, об/мин;

z - число зубьев фрезы.

Основное время фрезерования рассчитывается по формуле:

$$Ò_0 = \frac{L}{S_M}, ìèí \quad (36)$$

где L - длина фрезеруемой поверхности, мм;

S_M - минутная подача, мм/мин.

Условие задания (согласно своего варианта см. табл. 12). Выполнить расчет диаметра фрезы, скорости резания, частоты вращения шпинделя, минутной подачи и основного времени при торцевом фрезеровании плоской поверхности шириной B =__ мм, длиной L =___ мм, номинальной скорости резания V_H =___м/мин, поправочном коэффициенте на механические свойства фрезы K_{mv}=___, поправочном коэффициенте заточки фрезы K_{nv}=___, подаче на один зуб S_Z =___мм/об, числе зубьев фрезы z=___ шт.

Таблица 12. Варианты заданий

№ варианта	B, мм	L, мм	$V_{H,}$ м/мин	K_{mv}	K_{nv}	$S_{Z,}$ мм/об	z, шт

1	80	100	200	1	1	0,1	10
2	40	60	220	1,2	1	0,05	18
3	120	40	180	1,5	1,2	0,08	20
4	60	60	240	1,3	0,8	0,07	14
5	20	80	140	1,5	1,2	0,04	24
6	100	20	210	1,4	0,9	0,09	10

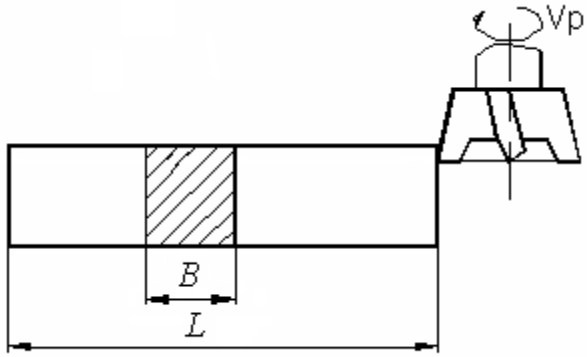


Рисунок 5. Эскиз обработки

Последовательность выполнения практической работы

1. Изучить краткие теоретические сведения.
2. Записать условие задания (согласно своего варианта см. табл. 12).
3. Выполнить эскиз обработки.
4. Рассчитать диаметр фрезы.
5. Рассчитать скорость резания.
6. Рассчитать частоту вращения шпинделя.
7. Рассчитать минутную подачу.
8. Рассчитать основное технологическое время.
9. Результаты расчетов занести в табл. 13.

Таблица 13. Результаты расчетов

№ варианта	D, мм	V, м/мин	n, об/мин	S_M, м/мин	T_0, мин

Вопросы для самопроверки

1. Определение процесса фрезерования.
2. Глубина резания при фрезеровании.
3. Влияет ли изменение диаметра фрезы на частоту вращения шпинделя и как.
4. Влияет ли изменение числа зубьев фрезы на минимальную подачу и как.

Практическая работа № 13

Тема: Расчет технологических параметров процесса резания при нарезании зубьев зубчатых колес

Цель работы: изучение методики и приобретение навыков расчета режима резания при зубонарезание аналитическим способом.

Ход занятия:

1. Повторить теоретический материал.

2. Записать условия задания и выполнить расчет.

Краткие теоретические 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.

Скорость резания устанавливают в зависимости от режущих свойств инструмента. Размеров нарезаемого зуба. Глубины резания, подачи и других факторов по эмпирической формуле:

$$V = V_H \cdot K_{mv} \cdot K_{\beta v}, м/мин \qquad (41)$$

где V_H - номинальная скорость резания, м/мин;

K_{mv} - поправочный коэффициент на механические свойства долбяка;

$K_{\beta v}$ - поправочный коэффициент заточки долбяка.

Число двойных ходов долбяка в минуту, соответствующее найденной скорости резания, определяется по формуле:

$$K_д = \frac{1000 \cdot V}{2 \cdot L}, дв.ход/мин \qquad (42)$$

где V - скорость резания, м/мин;

L - величина хода долбяка, мм.

Действительная скорость резания определяется по формуле:

$$V_Ä = \frac{2 \cdot L \cdot K_ä}{1000}, ì / ìèí \qquad (43)$$

где K - число двойных ходов долбяка в минуту, дв.ход/мин;

L - величина хода долбяка, мм.

Основное время при зубодолблении определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{\pi \cdot m \cdot z}{K_д \cdot S} \cdot i + \frac{h}{K_д \cdot S_p}, мин \qquad (44)$$

где m - модуль нарезаемого колеса, мм;

z - число зубьев нарезаемого колеса, шт;

$K_д$ - 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, шт;

h - припуск на обработку, мм.

Условие задания (согласно своего варианта см. табл. 16). Выполнить расчет скорости резания, число двойных ходов долбяка в минуту, действительной

скорости резания, основного времени при нарезании долбяком прямозубого зубчатого колеса, если известна номинальной скорости резания V_H =___м/мин, поправочном коэффициенте на механические свойства фрезы поправочный коэффициент на механические свойства долбяка K_{mv} =___, поправочный коэффициент заточки долбяка $K_{\beta v}$ =___, величина хода долбяка, L =___мм, модуль нарезаемого колеса m =___ мм, число зубьев нарезаемого колеса z =___шт, круговая подача S =___мм/дв.ход, радиальная подача S_p =___мм/дв.ход, число проходов i =__шт, припуск на обработку h =___мм.

Таблица 16. Варианты заданий

№ варианта	V_H , м/мин	K_{mv}	$K_{\beta v}$	L,мм	m, мм	z ,шт	S, мм/дв.ход	S_p , мм/дв.ход	i , шт	h , мм
1	20	1,4	1,15	48	3	40	0,25	0,036	1	1,8
2	16	1,3	1,1	34	5	30	0,3	0,038	2	2,2
3	14	1,2	0,95	28	7	50	0,35	0,04	3	2,6
4	22	1,5	1,2	50	3	50	0,4	0,042	2	2,8
5	15	1,2	0,9	22	5	30	0,45	0,045	1	1,6
6	12	1	0,8	44	7	40	0,5	0,05	3	2,4

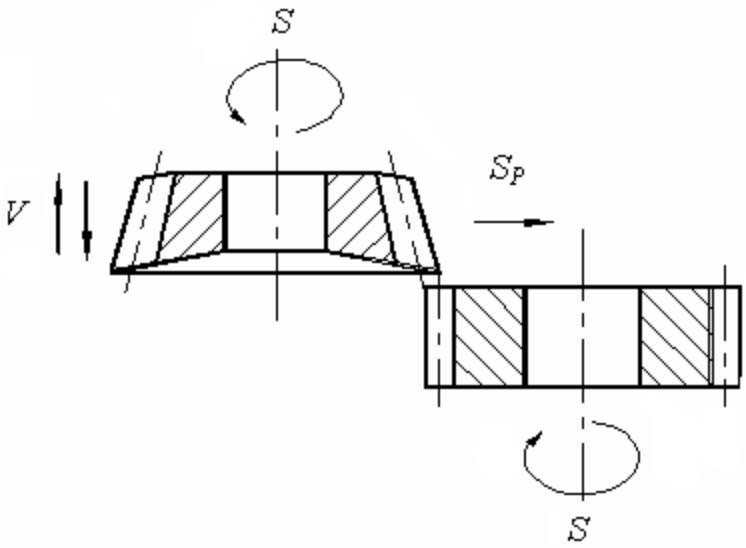


Рисунок 7. Эскиз обработки

Последовательность выполнения практической работы

1. Изучить краткие теоретические сведения.
2. Записать условие задания (согласно своего варианта см. табл. 16).
3. Выполнить эскиз обработки.
4. Рассчитать скорость резания.
5. Рассчитать число двойных ходов долбяка в минуту.
6. Рассчитать действительную скорости резания.
7. Результаты расчетов занести в табл. 17.

Таблица 17. Результаты расчетов

№ варианта	V, м/мин	$K_д$, мм/дв.ход	$V_Д$, м/мин	T_0, мин

Вопросы для самопроверки

1. Методы нарезания резьбы.
2. Преимущества метода обкатки по сравнению с методом копирования.

3. Влияет ли изменение скорости резания на число двойных ходов долбяка и как.

4. Влияет ли изменение величины хода долбяка на действительную скорость резания и как.

Практическая работа № 14

Тема: Расчет технологических параметров процесса резания при протягивании

Цель работы: изучение методики и приобретение навыков расчета режима резания при протягивании аналитическим способом.

Ход занятия:

1. Повторить теоретический материал.

2. Записать условия задания и выполнить расчет.

Краткие теоретические сведения

При протягивании являются периметр резания B - наибольшая суммарная длина лезвий всех одновременно режущих зубьев, мм, подача на один зуб S_z, мм, и скорость резания V, м/мин.

Периметр резания зависит от формы и размеров обрабатываемой поверхности и схемы резания и определяется уравнением:

$$B = B_{z1} / Z_c, \text{ мм} \quad (45)$$

где B_{z1} - наибольшая суммарная длина лезвий всех одновременно режущих зубьев, мм;

Z_c - коэффициент, учитывающий число одновременно режущих зубьев.

Подача при протягивании S_z - размерный перепад между соседними режущими зубьями протяжки - является элементом конструкции протяжки.

Скорость резания, определяемую требованиями к точности обработки и параметрам шероховатости обработанной поверхности, выбирают в зависимости от группы скорости.

При нормативной скорости резания заданный параметр шероховатости поверхности, может быть, достигнут при оптимальных значениях переднего и заднего углов, при наличии у протяжки чистовых и переходных зубьев.

Установленную нормативную скорость резания сравнивают с максимальной скоростью рабочего хода станка и скоростью резания, допускаемой мощностью двигателя станка:

$$V = 6120\frac{N}{P_z}\cdot\eta, \, м/мин \qquad (46)$$

где N - мощность двигателя станка, кВт;

P_z - сила резания при протягивании, Н;

η - КПД станка.

В качестве рабочей скорости принимают наименьшую из сравниваемых скоростей.

Сила резания при протягивании определяется по формуле:

$$P_z = P\cdot Z_c, H \qquad (47)$$

где P - сила резания на 1 мм длины лезвия, Н;

Z_c - коэффициент, учитывающий число одновременно режущих зубьев.

Условие задания (согласно своего варианта см. табл. 18). Выполнить расчет периметра резания, скорости резания, силы резания если известно, что наибольшая суммарная длина лезвий всех одновременно режущих зубьев B_{z1}=__ мм, коэффициент, учитывающий число одновременно режущих зубьев Z_c =__ , сила резания на 1 мм длины лезвия P =__Н, мощность двигателя станка N =___кВт, КПД станка η =__.

Таблица 18. Варианты заданий

№ варианта	B_{z1}, мм	Z_c	P, Н	N, кВт	η
1	52	10	65	0,5	0,99
2	58	10	95	0,6	0,98
3	60	6	123	0,9	0,95
4	73	5	143	1,1	0,99
5	78	3	177	1,2	0,98
6	80	2	213	1,25	0,95

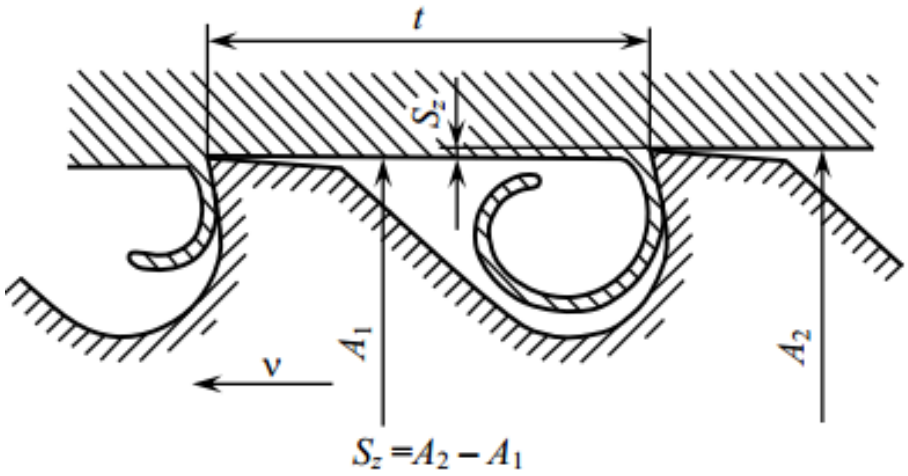


Рисунок 8. Эскиз обработки

Последовательность выполнения практической работы

1. Изучить краткие теоретические сведения.
2. Записать условие задания (согласно своего варианта см. табл. 18).
3. Выполнить эскиз обработки.
4. Рассчитать периметр резания.
5. Рассчитать скорость резания.
6. Рассчитать силу резания.

7. Результаты расчетов занести в табл. 19.

Таблица 19. Результаты расчетов

№ варианта	*B, мм*	*V, м/мин*	P_z, *Н*

Вопросы для самопроверки

1. Влияет ли изменение мощности двигателя станка на скорость резания и как.

2. Влияет ли изменение силы резания на 1 мм длины лезвия на силу резания и как.

3. Влияет ли изменение коэффициента, учитывающего число одновременно режущих зубьев на силу резания и как.

4. Влияет ли изменение силы резания на скорость резания и как.

Практическая работа № 15

Тема: Расчет технологических параметров процесса резания при шлифовании

Цель работы: изучение методики и приобретение навыков расчета режима резания при шлифовании аналитическим способом.

Ход занятия:

1. Повторить теоретический материал.

2. Записать условия задания и выполнить расчет.

Краткие теоретические 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.

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 в 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 в мм - 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 в мм - перемещение шлифовального круга в радиальном направлении на один оборот детали при врезном шлифовании.

При шлифовании к параметрам режима резания относятся:

1. Частота вращения шпинделя шлифовальной бабки определяется по формуле:

$$n_ш = \frac{1000 \cdot V_k \cdot 60}{\pi \cdot D_k}, об / мин \quad (48)$$

где V_k - скорость шлифовального круга, м/с;

D_k - диаметр шлифовального круга, мм.

2. Частота вращения заготовки, определяется по формуле:

$$n_з = \frac{1000 \cdot V_з}{\pi \cdot D_з}, об / мин \quad (49)$$

где $V_з$ - окружная скорость заготовки, м/мин;

$D_з$ - диаметр заготовки, мм.

3. Продольная подача, определяется по формуле:

$$S = 0{,}4 \cdot B_k, мм / об \quad (50)$$

где B_k - ширина шлифовального круга, мм.

4. Скорость продольного хода стола определяется по формуле:

$$V_c = \frac{S \cdot n_з}{1000}, м/мин \quad (51)$$

где S - продольная подача, мм/об;

$n_з$ - частота вращения заготовки, об/мин.

5. Основное время при шлифовании определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{L \cdot h}{1000 \cdot V_c \cdot t} \cdot K, мин \quad (52)$$

где h - припуск на сторону, мм;

V_c - скорость продольного хода стола , м/мин;

t - глубина шлифования, мм;

K - коэффициент выхаживания, K=1,4;

L - величина хода стола, мм.

Условие задания (согласно своего варианта см. табл. 20). Выполнить расчет частоты вращения шпинделя, частоты вращения заготовки, продольной подачи, скорости продольного хода стола, основного времени при шлифовании если известно, что скорость шлифовального круга V_k =__м/с, диаметр шлифовального круга D_k =__мм, окружная скорость заготовки $V_з$ =__м/мин, припуск на сторону h =__мм, диаметр заготовки $D_з$ =__мм, ширина шлифовального круга B_k =__мм, глубина шлифования t =__мм, величина хода стола L =__мм.

Таблица 20. Варианты заданий

№ варианта	V_k, м/с	D_k, мм	$V_з$, м/мин	$D_з$, мм	B_k, мм	h, мм	t, мм	L, мм
1	35	600	30	80	63	0,2	0,005	268
2	60	150	15	100	15	0,1	0,003	68
3	55	300	20	40	30	0,15	0,004	135
4	50	420	35	70	45	0,2	0,005	186
5	45	460	40	180	50	0,1	0,003	206
6	40	550	55	50	60	0,15	0,004	245

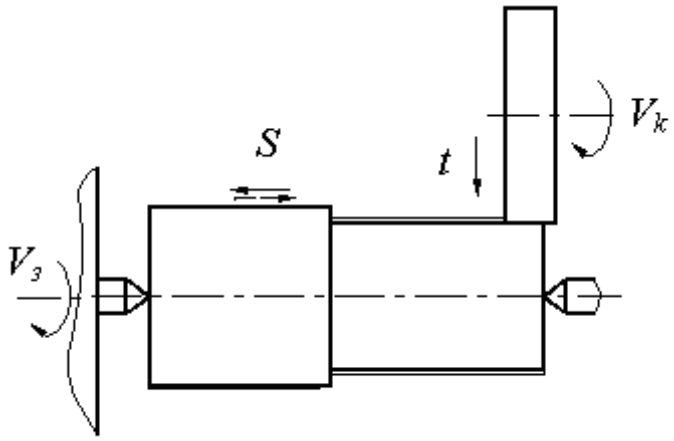


Рисунок 9. Эскиз обработки

Последовательность выполнения практической работы

1. Изучить краткие теоретические сведения.
2. Записать условие задания (согласно своего варианта см. табл. 20).
3. Выполнить эскиз обработки.
4. Рассчитать частоту вращения шпинделя.
5. Рассчитать частоту вращения заготовки.
6. Рассчитать продольную подачу.
7. Рассчитать скорость продольного хода стола.
8. Рассчитать основное время.

9. Результаты расчетов занести в табл. 21.

Таблица 21. Результаты расчетов

№ варианта	$n_ш$, об/мин	$n_з$, об/мин	S, мм/об	V_c , м/мин	T_0, мин

Вопросы для самопроверки

1. Основные элементы режима резания при шлифовании.

2. Влияет ли изменение диаметра шлифовального круга на частоту вращения шпинделя и как.

3. Влияет ли диаметра заготовки на частоту вращения заготовки и как.

4. Влияет ли изменение продольной подачи на скорость продольного хода стола и как.

Практическая работа № 16

Тема: Расчет технологических параметров доводочных процессов

Цель работы: изучение методики и приобретение навыков расчета режима резания при шлифовании аналитическим способом.

Ход занятия:

1. Повторить теоретический материал.

2. Записать условия задания и выполнить расчет.

Краткие теоретические сведения

Хонингование является отделочной операцией, позволяющей получить высокую точность, малый параметр шероховатости поверхностей, специальную сетку микропрофиля обрабатываемой поверхности (рис. 10). Такой микропрофиль необходим для удержания на поверхностях смазочного материала. Хонингование чаще применяют для отделки отверстий диаметром 2-1000 мм (стенки цилиндров, гильз двигателей внутреннего сгорания и т. п.) и длиной до 30 м. Обработка производится мелкозернистыми абразивными брусками, закрепленными в хонинговальной головке - хоне. При хонинговании внутренних поверхностей хону сообщается три движения: вращение D_r, движение подачи вдоль оси D_s, радиальное движение подачи брусков.

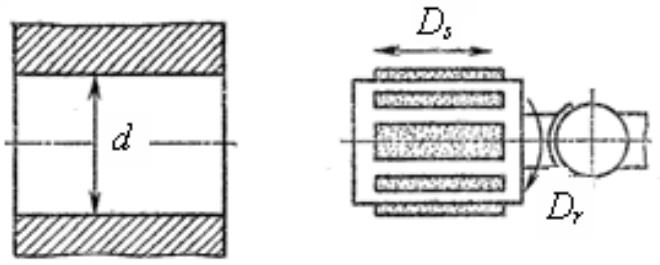


Рисунок 10. Схема хонингования

Суперфинишированием называют технологический процесс тонкой отделочной обработки поверхностей заготовок брусками, изготовляемыми из различных абразивных материалов.

Абразивные бруски закрепляют в специальной державке; они совершают сложные движения (рис. 11). Упруго закрепленные бруски совершают не менее трех составных движений.

Режимы обработки различаются в зависимости от материала обрабатываемой заготовки. При суперфинишировании снимается очень небольшой припуск (5—10 мкм) и время протекания процесса обычно очень мало (30—60 с).

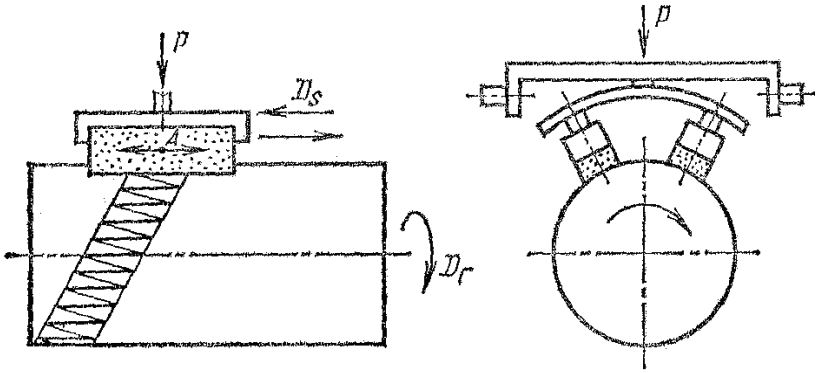


Рисунок 11. Схема суперфиниширования

Полирование - одним из самых распространенных методов уменьшения шероховатости. Этим методом шероховатость уменьшают до минимума, придавая полируемым поверхностям зеркальный блеск. Полированию подвергают ответственные части деталей (дорожки колец подшипников); оно применяется также для декоративных целей (автомобилестроение и др.).

Полирование может производиться эластичными (войлочными, фетровыми и др.) кругами, абразивными лентами, абразивно-жидкостной суспензией (рис. 12).

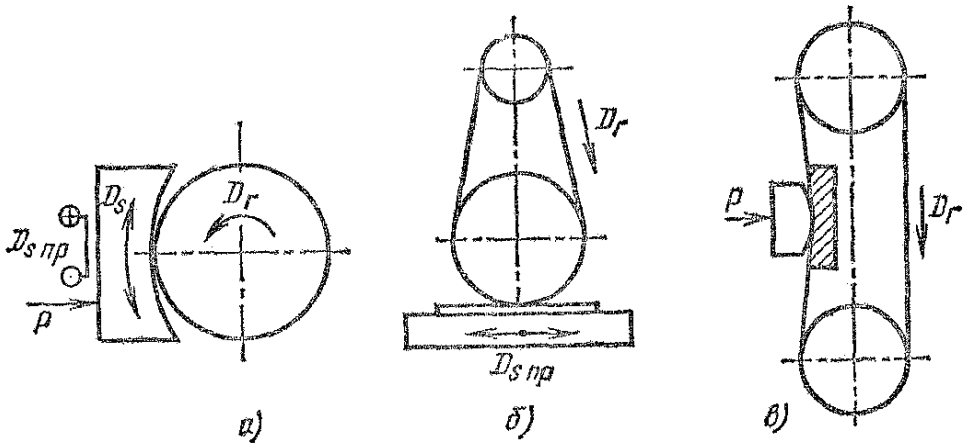


Рисунок 12. Схемы полирования: *а* - криволинейной поверхности; *б* - абразивными лентами; *в* - комбинированное

К параметрам доводочных процессов относятся:

1. Припуск на обработку рассчитывается по формуле:

$$h = \frac{D_1 - D_2}{2}, \text{ìì} \qquad (53)$$

где D_1 - первоначальный диаметр деталь, мм;

D_2 - диаметр деталь после обработки, мм.

2. Число проходов инструмента рассчитывается по формуле:

$$i = \frac{h}{t}, \text{øò} \qquad (54)$$

где h - припуск на обработку, мм;

t - толщина металла срезаемая за один проход, мм.

3. Частота вращения рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_2}, îá \ / \ ìèí \qquad (55)$$

где V - скорость резания, м/мин;

D_2 - диаметр деталь после обработки, мм.

Условие задания (согласно своего варианта см. табл. 22). Выполнить расчет припуска на обработку, числа проходов инструмента, частоты вращения, если известно, что первоначальный диаметр деталь D_1 =___мм, диаметр деталь после обработки D_2 =___мм, толщина металла, срезаемая за один проход t =___мм, скорость резания V =___м/мин, толщина слоя металла.

Таблица 22. Варианты заданий

№ варианта	D_1, мм	D_2, мм	t, мм	V, м/мин
1	100,46	100,16	0,0,75	100
2	32,40	32,00	0,2	90
3	45,77	45,37	0,1	80
4	51,53	51,13	0,1	70
5	63,86	63,56	0,15	60
6	89,95	89,55	0,2	50

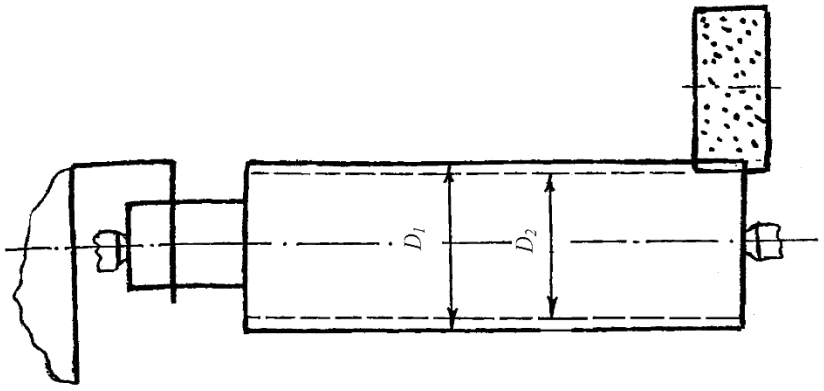


Рисунок 13. Эскиз технологического процесса полирования

Последовательность выполнения практической работы

1. Изучить краткие теоретические сведения.
2. Записать условие задания (согласно своего варианта см. табл. 22).
3. Выполнить эскиз технологического процесса полирования.
4. Рассчитать припуск на обработку.
5. Рассчитать число проходов инструмента.
6. Рассчитать частоту вращения.
7. Рассчитать число двойных ходов головки.
8. Результаты расчетов занести в табл. 23.

Таблица 23. Результаты расчетов

№ варианта	h, мм	i, шт	n, об/мин

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите доводочные процессы.
2. Влияет ли изменение первоначального диаметра детали на припуск на обработку и как.
3. Влияет ли изменение толщины металла, срезаемого за один проход на число проходов инструмента и как.
4. Влияет ли изменение скорости резания на частоту вращения и как.

Практическая работа № 17

Тема: Расчет технологических параметров процесса холодного выдавливания

Цель работы: изучение методики и приобретение навыков расчета технологических параметров процесса холодного выдавливания аналитическим способом.

Ход занятия:

1. Повторить теоретический материал.
2. Записать условия задания и выполнить расчет.

Краткие теоретические сведения

Процесс холодного выдавливания применяется для обработки глухих полостей сложной формы с выпукло-вогнутым рельефом.

Специальный инструмент (пуансон) под давлением гидравлического пресса мощностью 100 *т* и более медленно погружается в заготовку профилируемой детали штампа или пресс-формы и, таким образом, создает в ней углубление, обратное форме рабочей части инструмента.

Применяются два способа холодного выдавливания: **открытое и закрытое.**

Открытым способом называют такой способ выдавливания (рис. 14, *а*), при котором отсутствует ограничение для радиального течения металла под воздействием силы давящего инструмента.

При закрытом выдавливании (рис. 14, *б*) радиальное течение металла ограничивается стенками обоймы, охватывающей заготовку.

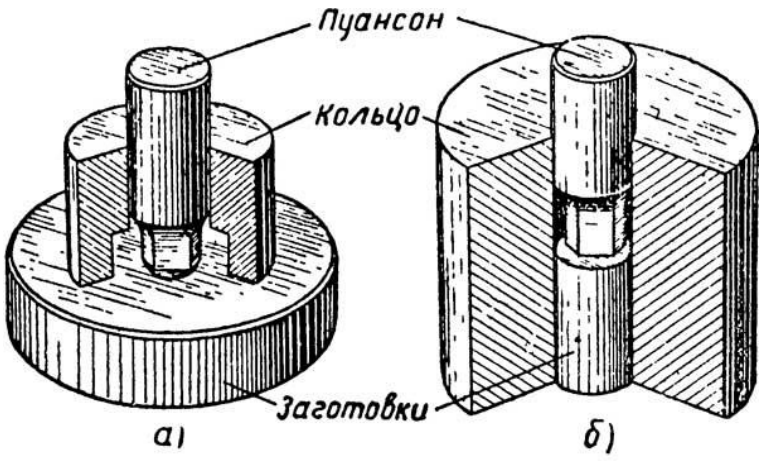


Рисунок 14. Способы холодного выдавливания

В результате металл может двигаться только в направлении хода давящего инструмента (пуансона). Закрытое выдавливание требует воздействия больших сил по сравнению с открытым выдавливанием.

Большее распространение получило закрытое выдавливание, приводящее к лучшим результатам. После штамповки изделий производят ряд завершающих операции: обрезку, прошивку отверстий, правку, термическую обработку (отжиг или нормализацию), очитку от окалины, контроль качества паковок.

К параметрам холодного выдавливания относятся:

1. Высота пресс-остатка при прессовании определяется по формуле:

- при прямом процессе прессования

$$h_{ПО} = 0{,}25 \cdot D_k, мм$$

- при обратном процессе прессования (55)

$$h_{ПО} = 0{,}15 \cdot D_k, мм$$

где D_k - диаметр контейнера, мм.

2. Площадь сечения контейнера рассчитывается по следующей формуле:

$$F_k = \frac{\pi D_k^2}{4}, мм^2 \quad (56)$$

где D_k - диаметр контейнера, мм.

3. Диаметр заготовки рассчитывается по следующей формуле:

$$D_з = 0{,}975 \cdot D_к, мм \quad (57)$$

где D_k - диаметр контейнера, мм.

4. Коэффициент распрессовки заготовки в контейнере определяется по формуле:

$$\mu = \left(\frac{D_к}{D_з} \right)^2. \quad (58)$$

где D_k - диаметр контейнера, мм;

$D_з$ - диаметр заготовки, мм.

Условие задания (согласно своего варианта см. табл. 24). Выполнить расчет высоту пресс-остатка, площади сечения контейнера, диаметра заготовки, коэффициента распрессовки заготовки в контейнере, если известно, что вид прессования -_____, диаметр контейнера D_k =__мм.

Таблица 24. Варианты заданий

№ варианта	Вид прессования	D_k , мм
1	прямое	122
2	обратное	130
3	прямое	150
4	обратное	170
5	прямое	200
6	обратное	225

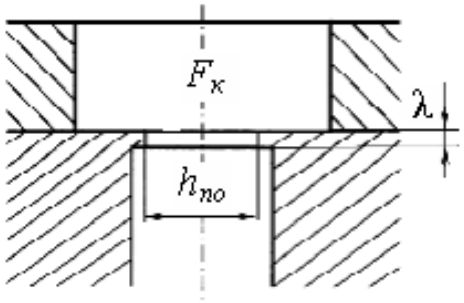


Рисунок 15. Эскиз технологического процесса холодного выдавливания

Последовательность выполнения практической работы

1. Изучить краткие теоретические сведения.
2. Записать условие задания (согласно своего варианта см. табл. 24).
3. Выполнить эскиз технологического процесса холодного выдавливания.
4. Рассчитать высоту пресс-остатка.
5. Рассчитать площадь сечения контейнера.
6. Рассчитать диаметр заготовки.
7. Рассчитать коэффициент распрессовки заготовки в контейнере.
8. Результаты расчетов занести в табл. 25.

Таблица 25. Результаты расчетов

№ варианта	$h_{по}$, мм	F_k, мм^2	$D_з$, мм	μ

Вопросы для самопроверки

1. Способы холодного выдавливания.

2. Влияет ли изменение диаметра контейнера на площадь сечения контейнера и как.

3. Влияет ли изменение диаметра заготовки на коэффициент распрессовки и как.

Практическая работа № 18

Тема: Эффективность современных режущих материалов

Цель работы

Основной целью работы является: научиться определять эффективность режущих материалов.

Теоретическое обоснование

Точение закалённых сталей возможно при использовании современных режущих материалов: минеральной керамики, алмазов, композитов. Допустимо также и применение твёрдых сплавов: Т30К4, Т15К6, ВК3М и др. [1]. Несмотря на высокую эффективность современных режущих материалов, их широкое внедрение в промышленность сдерживается из-за распространённого мнения о недостаточной надёжности новых материалов, о необходимости применения их в особых условиях (максимальная жёсткость системы СПИД, высокая точность станка и т. д.). Однако, как показали испытания, проведённые в лаборатории резания кафедры ТРМ, современные режущие материалы достаточно надёжны и эффективны в обычных условиях, характерных для большинства машиностроительных предприятий.

Поэтому при проведении работы важно не только установить оптимальный материал, но и определить условия (состояние оборудования, жёсткость технологической системы), при которых достигнута эффективность.

Критериями оптимальности режущего материала могут быть производительность, себестоимость операции, качество и точность обработанной поверхности, стойкость режущего инструмента.

Наиболее просто выбрать оптимальный режущий материал по критерию качества обработанной поверхности. Причём, нормирующим показателем в этом случае целесообразно применить шероховатость обработанной поверхности, при сравнительной оценке которой целесообразно воспользоваться эталонами шероховатости. Наряду с этим можно использовать также точность полученных размеров.

Таким образом, для выбора оптимального режущего материала необходимо провести сравнительные испытания минеральной керамики, алмазов, композитов. А в качестве эталонного режущего материала использовать Т15К6 или Т30К4, т. е. те материалы, которые ранее рекомендовались для обработки закалённых сталей. Режим резания следует назначить средний и одинаковый для испытываемых материалов. Причём он должен соответствовать режиму чистовой обработки.

Проведение испытаний при одинаковом режиме резания позволит сделать заключение не только о влиянии инструментального материала на качество обработанной поверхности, но и на производительность, если износ инструмента и качество обработанной поверхности будут существенно различными.

Геометрические параметры для каждого испытываемого материала должны быть рекомендуемые. Установка инструмента относительно заготовки (консоль резца, установка по высоте центров) должна быть во всех случаях одинакова.

Порядок проведения работы

1. Замерить жёсткость технологической системы и биение станка
2. Установить заготовку для непрерывного резания и последовательно проточить её испытываемыми материалами.
3. Проверить состояние режущих кромок, установить заготовку для прерывистого резания и проточить её испытываемыми материалами.
4. Измерить износ инструментов.
5. Произвести сравнительную оценку шероховатости и точности обработанных поверхностей.
6. Проанализировать экспериментальные данные.
7. Составить отчёт.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

Отчёт должен содержать разделы, расположенные в следующей последовательности:

1. Цель работы.
2. Объект исследования (схема опытов и условия их проведения: тип станка, его жёсткость и точность, вид приборов измерительных инструментов, данные об обрабатываемом материале, виде заготовки и её размерах, режущих материалах и резцах, и их геометрических параметрах).
3. Результаты исследования.
4. Выводы.

Список литературы

1. Справочник технолога машиностроителя: в 2-х т.; справочник / Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Суслова. Изд. 5-е. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2003.

2. Справочник инструментальщика в 2-х т.; справочник / Под ред. А. В. Маслова, Г. В. Боровский, С. Н. Григорьев, А. Р. Маслов. Изд. 2-е. исп. – М.: Машиностроение, 2007.

3. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т.; справочник / Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.

4. Справочник токаря универсала / Под ред. М. Г. Шеметова и В. Ф. Безъязычного. Изд.2-е. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2007.

5. Щерба В.Н. Технология прессования металлов / В.Н Щерба., Л.Х. Райтбарг. – М.: Металлургия, 1995. – 336 с.

6. Абрамов Ф.Н. Справочник по обработке металлов резанием / Ф.Н. Абрамов. – К.: Техника, 1985.

7. Чуркин Б.С. Технология литейного производства / Б.С. Чуркин. – Екатеринбург, 2000.

8. Саначева Г.С. Технология литейного производства. Проектирование литейных форм / Г.С. Саначева. – Красноярск, 2006.

9. Болдин А.Н. Литейные формовочные материалы. Формовочные, стержневые смеси и покрытия / А.Н. Болдин, Н.И. Давыдов, С.С. Жуковский. – М.: Машиностроение, 2006.

10. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов / В.Ф. Бобров. – М.: Машиностроение, 1975.

11. Алешин В.П. Расчет рабочих поясков прессовых матриц / В.П. Алешин // Технология легких сплавов. – 1990, № 1, с. 30-33.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

по организации самостоятельной работы обучающихся
по дисциплине
«ПРОЦЕССЫ И ОПЕРАЦИИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ»
для студентов направления подготовки
15.03.05 - Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств
направленность (профиль) «Технология машиностроения»

Ставрополь 2026

Содержание

Введение 3
Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины «Процессы и операции формообразования» 4
План-график выполнения самостоятельной работы 5
Контрольные точки и виды отчетности по ним 6
Методические рекомендации по изучению теоретического материала 6
Методические указания по подготовке к экзамену 19

Введение

Дисциплина «Процессы и операции формообразования» изучается студентами с целью приобретения знаний о принципах, последовательности и методах обработки металлов режущими инструментами, о процессах, происходящих в системе станок-деталь. При изучении дисциплины приобретаются знания по подбору инструмента и подбору оптимальных параметров для требуемой операции обработки.

При работе над курсом студент должен одновременно руководствоваться программой курса, методическими указаниями, а также рекомендациями, излагаемыми на лекциях.

Основным методом освоения курса является самостоятельное изучение материала, подготовка к практическим занятиям, выполнение контрольной работы.

.

Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины «Процессы и операции формообразования»

В соответствии с рабочей программой, основными видами самостоятельной работы студентов по дисциплине «**Процессы и операции формообразования»** является подготовка к практическим и лекционным занятиям, самостоятельное изучение литературы, подготовка контрольной работы.

В связи с этим задачами самостоятельной работы студентов при изучении дисциплины «**Процессы и операции формообразования**» является*:*

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умения использовать справочную литературу.

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «**Процессы и операции формообразования**» является внеаудиторной. В связи с этим основными формами её является:

- изучение программного материала дисциплины (работа с учебником и конспектом лекции);
- изучение рекомендуемых литературных источников;
- конспектирование источников;
- работа со словарями и справочниками;
- работа с электронными информационными ресурсами и ресурсами Internet;
- выполнение тестовых заданий;
- ответы на контрольные вопросы;
- работа с компьютерными программами;

План-график выполнения самостоятельной работы

Правильная организация самостоятельных учебных занятий, их систематичность, целесообразное планирование рабочего времени позволяет студентам развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивать высокий уровень успеваемости в период обучения, получить навыки повышения профессионального уровня.

В связи с этим, студентам рекомендуется при организации самостоятельной работы ориентироваться на рекомендуемый график выполнения самостоятельной работы представленный в таблице 1.

Самостоятельная работа студента по дисциплине «Процессы и операции формообразования» разделена на три основных блока по завершению которых предоставляются оформленные отчеты по практическим и контрольной работам.

Таблица 1 – План – график самостоятельной работы студента при изучении дисциплины «Процессы и операции формообразования» 6 семестр

№	Темы	Вид самостоятельной работы	Неделя	Вес контрольной точки
1	Основные понятия, относящиеся к разработке технологических процессов Литье Сварка, пайка и склеивание Основные сведения о резании материалов	подготовка к практическим занятиям, самостоятельное изучение литературы.	1-9	15
2	Процесс точения Сверление, рассверливание, зенкерование, развертывание и растачивание Процесс фрезерования Шлифование и отделочные виды обработки Обработка металлов давлением. Электрофизические и электрохимические методы размерной обработки материалов		9-18	15

	Процесс точения Сверление, рассверливание, зенкерование, развертывание и растачивание Процесс фрезерования Шлифование и отделочные виды обработки	Контрольная работа	9-18	15

Контрольные точки и виды отчетности по ним

При изучении дисциплины «Процессы и операции формообразования» планируется 3 контрольные точки. Для получения контрольной точки студенту необходимо подготовить отчет по пройденным практическим работам и выполнить контрольную работу.

В таблице представлены приблизительные сроки сдачи контрольных точек.

№ п/п	Вид деятельности студентов	Сроки выполнения	Количество баллов
6 семестр			
1.	Практическая работа 9	9 неделя	15
2.	Практическая работа 15	15 неделя	15
3.	Контрольная работа	17 неделя	25
	Итого за 6 семестр		**55**
	Итого		**55**

Методические рекомендации по изучению теоретического материала

Важной составляющей самостоятельной внеаудиторной подготовки является работа с литературой. Умение работать с литературой означает научиться осмысленно пользоваться источниками. Рекомендуемыми методами работы с литературой в рамках изучения дисциплины «Процессы и операции формообразования» являются:

- Выписки — небольшие фрагменты текста (неполные и полные предложения, отделы абзацы, а также дословные и близкие к дословной

записи об излагаемых в нем фактах), содержащие в себе квинтэссенцию содержания прочитанного. Выписки представляют собой более сложную форму записи содержания исходного источника информации. По сути, выписки – не что иное, как цитаты, заимствованные из текста. Выписки позволяют в концентрированные форме и с максимальной точностью воспроизвести в произвольном (чаще последовательном) порядке наиболее важные мысли автора.

- Тезисы – сжатое изложение содержания изученного материала в утвердительной (реже опровергающей) форме. Отличие тезисов от обычных выписок состоит в следующем. Во-первых, тезисам присуща значительно более высокая степень концентрации материала. Во-вторых, в тезисах отмечается преобладание выводов над общими рассуждениями. В-третьих, чаще всего тезисы записываются близко к оригинальному тексту, т.е. без использования прямого цитирования.

- Аннотация – краткое изложение основного содержания исходного источника информации, дающее о нем обобщенное представление. К написанию аннотаций прибегают в тех случаях, когда подлинная ценность и пригодность исходного источника информации исполнителю письменной работы окончательно неясна, но в то же время о нем необходимо оставить краткую запись с обобщающей характеристикой. Для указанной цели и используется аннотация.

- Конспект – сложная запись содержания исходного текста, включающая в себя заимствования (цитаты) наиболее примечательных мест в сочетании с планом источника, а также сжатый анализ записанного материала и выводы по нему, в более краткой форме. Ценность конспекта значительно повышается, если обучающийся излагает мысли своими словами, в лаконичной форме. Конспект должен начинаться с указания реквизитов источника (фамилии автора, полного наименования работы,

места и года издания). Особо значимые места, примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамку, пометками на полях, чтобы акцентировать на них внимание и прочнее запомнить.

- Глоссарий — это вид самостоятельной работы обучающихся, выражающейся в подборе и систематизации терминов, непонятных слов и выражений, встречающихся при изучении темы, развивает у обучающихся способность выделять главные понятия темы и формулировать их. Оформляется письменно, включает название и значение терминов, слов и понятий в алфавитном порядке.

Критерии оценки работы с литературой:

- содержательность;
- отражение основных положений, результатов работы, выводов;
- ясность, лаконичность изложения мыслей обучающегося;
- наличие схем, графическое выделение особо значимой информации;
- соответствие оформления требованиям;
- грамотность изложения.

Грамотная работа с литературой позволит лучше систематизировать изучаемый материал, подготовиться тестированиям и экзамену по дисциплине.

Методические указания (по видам работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины)

В соответствии с рабочей программой дисциплины в рамках изучения дисциплины Процессы и операции формообразования запланирован ряд практических и лабораторных занятий на целенных на знакомство студентов с закономерностями процесса формообразования и разрушения инструментов при различных видах обработки резанием, на изучение

кинематики резания и геометрии режущей части инструмента и возникающих при обработки тепловых процессов, на изучение правил назначения геометрии инструментов и оптимальных режимов резания при точении, сверлении, фрезеровании, а также методику назначения режимов механической обработки деталей машин;

Примерный перечень тем практических занятий:

- Расчет технологических параметров процесса литейного производства
- Расчет технологических параметров процесса ручной дуговой сварки штучными электродами
- Расчет технологических параметров процесса резания.
- Пластические деформации при резании
- Оптимизация процесса резания
- Эффективность современных режущих материалов
- Расчет физических явлений при токарной обработке
- Расчет, составляющий силы резания и мощности силы, затрачиваемой на процесс резания при точении
- Расчет технологических параметров процесса резания при резьбонарезании
- Расчет технологических параметров процесса при сверлении, зенкеровании и развертывании
- Расчет технологических параметров процесса резания при протягивании
- Расчет технологических параметров процесса резания при фрезеровании
- Расчет технологических параметров процесса резания при нарезании зубьев зубчатых колес

- Расчет технологических параметров процесса резания при шлифовании
- Расчет технологических параметров доводочных процессов
- Расчет технологических параметров процесса холодного выдавливания
- Виды СОТС. Их состав и область их применения.

Полный текст практических работ представлен в МУ для практических работ по дисциплине «Процессы и операции формообразования».

Список рекомендуемой литературы

Перечень основной литературы:

1. Технология конструкционных материалов. Физико-механические основы обработки металлов резанием и металлорежущие станки [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Е. Гордиенко, А. А. Абросимова, В. И. Новиков [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 84 с. — 978-5-9227-0703-9. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/74354.html

Перечень дополнительной литературы:

1. Завистовский, С. Э. Обработка материалов и инструмент [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. Э. Завистовский. — Электрон. текстовые данные. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2014. — 448 с. — 978-985-503-342-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/67673.html

2. Кузнецов, В. Г. Обработка металлов резанием [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Г. Кузнецов, Ф. А. Гарифуллин, Г. А. Аминова. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский национальный

исследовательский технологический университет, 2015. — 275 с. — 978-5-7882-1648-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/80236.html

3. Егоркин, О. В. Процессы и операции формообразования : учебно-методическое пособие / О. В. Егоркин, О. Н. Старостина. — Саратов : Вузовское образование, 2019. — 52 с. — ISBN 978-5-4487-0584-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/86940.html

Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Рукопись методических указаний к практическим работам по дисциплине "Процессы и операции формообразования " для студентов направления подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

2. Рукопись методических указаний к самостоятельной работе по дисциплине "Процессы и операции формообразования " для студентов направления подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

3. Рукопись методических указаний к контрольной работе по дисциплине "Процессы и операции формообразования " для студентов направления подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Вопросы для собеседования

1. Особенности процесса шлифования. Наиболее распространенные абразивные материалы. Их область применения.
2. Параметры резания при зенкеровании. Силы резания и мощность. Износ и стойкость зенкеров и развёрток.
3. Требования к инструментальным материалам. Инструментальные стали.
4. Обработка на токарных станках. Общие сведения о токарных станках.
5. Прокатка.
6. Особенности выбора характеристик абразивного инструмента и режимов шлифования.
7. Влияние нароста на процесс резания. Методы устранения нароста.
8. Процесс точения. Характеристика метода точения.
9. Основные параметры резания на примере точения.
10. Горячая и холодная ковка и штамповка.
11. Инструмент для фрезерования. Классификация. Основные геометрические параметры.

12. Абразивные материалы их основные марки, характеристики, области применения.
13. Основные схемы шлифования. Силы резания и мощность при шлифовании.
14. Методика определения основных схемы износа на примере токарного резца.
15. Плазменная размерная обработка и сварка материалов.
16. Работы, выполняемые на токарных станках
17. Твердые сплавы. Основные марки, состав и области применения.
18. Электроэрозионная обработка металлов.
19. Краткая классификация резцов. Конструктивные элементы простых резцов.
20. Литье в кокиль. Центробежное литье. Литье под давлением.
21. Усадка стружки. Зависимость величины пластической деформации в зоне резания от геометрических параметров инструмента.
22. Элементы режима резания и срезаемого слоя. Физические основы процесса резания.
23. Плоскости и углы, определяющие геометрию рабочей части резца, их назначение.
24. Методика расчета влияние сил резания на процесс резания.
25. Режущий инструмент и технологическая оснастка сверлильных станков.
26. Методика расчета параметров срезаемого слоя. Силы резания при точении. Соотношение между ними.
27. Методика расчета глубины резания, скорости резания, подачи. Параметры срезаемого слоя.
28. Равномерное фрезерование. Силы резания и мощность. Износ и стойкость фрез. Выбор рациональных режимов фрезерования.
29. Основные типы стружки.
30. Воздействие смазочно-охлаждающей жидкости на процесс резания
31. Сверление, рассверливание, зенкерование, развертывание и растачивание. Особенности технологических операций.
32. Минералокерамические материалы. Основные марки, состав и области применения.
33. Понятие стойкости режущего инструмента. Основные виды износа.
34. Сварка, пайка и склеивание. Сущность процесса и способы сварки.
35. Основные понятия, относящиеся к разработке технологических процессов.
36. Мощность резания при точении. Влияния режимов и параметров резания на силы резания и мощность.
37. Современные взгляды на процесс стружкообразования. Модель образования сливной стружки. Области применения зенкерования и развертывания.
38. Обработка металлов давлением. Волочение.
39. Методика расчета отделочных операций. Сущность процесса. Область применения. Инструмент.
40. Металлорежущие инструменты. Основные элементы и геометрия рабочей части инструмента. Физические основы процесса резания.
41. Основные сведения о резании материалов. Металлорежущие станки и их классификация.
42. Электрофизические и электрохимические методы размерной обработки материалов.
43. Производственный и технологический процессы. Типы производства.
44. Литье в землю (в песчаные формы). Литье в оболочковые формы. Литье по выплавляемым и выжигаемым моделям.
45. Зависимость стойкости инструмента от скорости резания.
46. Факторы и параметры системы резания.

47. Основные виды инструментов. Их геометрические параметры.
48. Методика выбора рациональных режимов резания
49. Обработка металлов давлением. Свободная ковка.
50. Методика расчета отделочных операций. Сущность процесса. Область применения. Инструмент.

1. Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если продемонстрированы: уверенное владение информацией в полном объеме, навыки и умения реализуются для нестандартных условий обработки.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в полном объеме; уверенное владение умениями и навыками реализуются для типовых ситуаций уверенно.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в не полном объеме; владение умениями и навыками реализуются не в полном объеме.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если теоретические знания имеются, но они разрознены и бессистемны; умения и навыки реализуются для типовых ситуаций с ошибками.

2. Описание шкалы оценивания

Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным **55.** Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
Отличный	**100**
Хороший	**80**
Удовлетворительный	**60**
Неудовлетворительный	**0**

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя: диалог преподавателя со студентом и ответ студентом на вопросы по темам дисциплины. Перед собеседованием по теме студент должен выполнить и защитить практические работы.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить компетенции ИД-$1_{ПК-1}$, ИД-$2_{ПК-1}$, ИД-$1_{ПК-2}$, ИД-$3_{ПК-2}$. Освоение компетенций на повышенном уровне предполагает изучение дополнительной научной и учебной литературы и четкие ответы на вопросы без ошибок. При освоении компетенции на базовом уровне студент изучил основную литературу, при ответе возможны 2…3 негрубые ошибки.

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо изучить рекомендуемую литературу

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования своими конспектами

лекций, методическими указаниями по дисциплине, тетрадями по практическим занятиям, справочными таблицами.

При проверке задания, оцениваются:

- степень усвоения программного материала;
- способность рассуждать и сопоставлять материал из разных источников;
- правильность и четкость ответов;
- правильность речи в быстром или умеренном темпе;
- умение использовать методическую, научную и техническую литературу;
- инициативность в поиске информации.

Оценочный лист

ПК	Пункты оценки	Отметка о сформированности
ИД-1$_{ПК-1}$, ИД-2$_{ПК-1}$, ИД-1$_{ПК-2}$, ИД-3$_{ПК-2}$	степень усвоения программного материала	
	способность рассуждать и сопоставлять материал из разных источников	
	способность связывать теорию с практикой, другими темами данного курса	
	правильность и четкость ответов	
	правильность речи в быстром или умеренном темпе	
	умение использовать методическую, научную и техническую литературу	
	инициативность в поиске информации	

Комплект задания для контрольной работы

Тема 1. Технико-экономическое обоснование выбора способа получения заготовки

Вариант 1 Деталь: втулка; материал: ст.3 НВ 140...160; годовая программа 860 000 штук, наружный диаметр 20 мм, внутренний диаметр 8 мм, длина 48 мм.

Задание 1 Выбор припуска на механическую обработку
Задание 2 Расчет стоимости заготовки
Задание 3 Технико-экономическое обоснование выбора способа получения заготовки

Вариант 2 Деталь: втулка; материал: ст.5 НВ 140...160; годовая программа 1 100 000 штук, наружный диаметр 22 мм, внутренний диаметр 8 мм, длина 32 мм.

Задание 1 Выбор припуска на механическую обработку
Задание 2 Расчет стоимости заготовки
Задание 3 Технико-экономическое обоснование выбора способа получения заготовки

1. Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» Результат выполненной работы по технико-экономическому обоснованию выбора способа получения заготовки является верным. Отчетный документ не содержит ошибок.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если результат выполненной работы технико-экономическому обоснованию выбора способа получения заготовки является верным. Отчетный документ содержит незначительные ошибки, влияющие на общий результат.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если результат выполненной работы по технико-экономическому обоснованию выбора способа получения заготовки является неверным, но использован корректный способ решения задачи. Отчетный документ содержит определенные ошибки, не позволяющие установить качество достигнутого результата.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, Результат выполненной работы по технико-экономическому обоснованию выбора способа получения заготовки является не верным. Отчетный документ содержит ошибки, влияющие на общий результат.

2. Описание шкалы оценивания

Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным **55.** Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
Отличный	**100**
Хороший	**80**
Удовлетворительный	**60**
Неудовлетворительный	**0**

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя: диалог преподавателя со студентом и ответ студентом на вопросы по темам контрольной работы.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить компетенций ИД-$1_{ПК-1}$, ИД-$2_{ПК-1}$, ИД-$1_{ПК-2}$, ИД-$3_{ПК-2}$. Освоение компетенций на повышенном уровне предполагает изучение дополнительной научной и учебной литературы и четкие ответы на вопросы без ошибок. При освоении компетенции на базовом уровне студент изучил основную литературу, при ответе возможны 2…3 негрубые ошибки.

При подготовке к защите расчетно-графической работы студенту предоставляется право использования любых источников информации.

При проверке задания, оцениваются:

- последовательность выполнения и оформления;
- рациональность выполнения;
- умение использовать методическую и техническую литературу;
- правильность и четкость ответов;
- правильность расчетов;
- аккуратность оформления.
- правильность оформления графической части

Оценочный лист

ПК	Пункты оценки	Отметка о сформированности
ИД-1$_{ПК-1}$, ИД-2$_{ПК-1}$, ИД-1$_{ПК-2}$, ИД-3$_{ПК-2}$	последовательность выполнения и оформления	
	рациональность выполнения	
	умение использовать методическую и техническую литературу	
	умение использовать методическую и техническую литературу	
	правильность и четкость ответов	
	правильность расчетов	
	правильность оформления графической части	

Задания для групповых творческих работ
для проведения практического занятия по теме: «Расчет технологических параметров процесса резания»

Групповые творческие задания:
1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Рассчитать технологические параметры процесса резания.
3. Сделать выводы и оформить отчет.
4. К защите работы подготовьте ответы на вопросы:
4.1 Что такое глубина резания?
4.2 Критерии выбора подачи.
4.3 Как рассчитывается скорость резания?
4.4 Влияет ли изменение диаметра заготовки на действительную скорость резания и как.

Задания для групповых творческих работ
для проведения практического занятия по теме: «Расчет физических явлений при токарной обработке»

Групповые творческие задания:
1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Рассчитать параметры физических явлений при токарной обработке
3. Сделать выводы и оформить отчет.
4. К защите работы подготовьте ответы на вопросы:
4.1 Процесс стружкообразования.
4.2 Влияет ли изменение глубины резания на ширину стружки и как.
4.3 Влияет ли изменение подачи инструмента на толщину среза и как.
4.4 Влияет ли изменение скорости резания на скорость схода стружки и как.

Задания для групповых творческих работ
для проведения практического занятия по теме: «Расчет, составляющих силы резания и мощности силы, затрачиваемой на процесс резания при точении»

Групповые творческие задания:
1. Изучить теоретическую часть работы.

2. Рассчитать составляющие силы резания и мощности силы, затрачиваемой на процесс резания при точении.
3. Сделать выводы и оформить отчет.
4. К защите работы подготовьте ответы на вопросы:
4.1 Определение радиальной составляющей силы резания.
4.2 Расчет тангенциальной составляющей силы резания.
4.3 Определение изгибающего момента на резце
4.4 Расчет эффективной мощности резания.

Задания для групповых творческих работ
для проведения практического занятия по теме: «Расчет технологических параметров процесса резания при резьбонарезании»

Групповые творческие задания:
1. Изучить теоретическую часть работы.
2. Рассчитать технологические параметры процесса резания при резьбонарезании.
3. Сделать выводы и оформить отчет.
4. К защите работы подготовьте ответы на вопросы:
4.1 Как влияет изменение продольной подачи инструмента на скорость резания?
4.2 Как влияет изменение номинального диаметра резьбы на скорость резания (в упор)?
4.3 Как влияет изменение шага нарезаемой резьбы на скорость резания (в упор)?
4.4 Как влияет изменение числа рабочих ходов на тангенциальную составляющую силы резания?

1. Критерии оценивания компетенций
Оценка «отлично» выставляется студенту, если он безошибочно проектирует средства автоматизации и механизации технологических процессов формообразования поверхностей деталей.
Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он проектирует средства автоматизации и механизации технологических процессов формообразования поверхностей деталей с несущественными неточностями.
Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он не корректно проектирует средства автоматизации и механизации технологических процессов формообразования поверхностей деталей.
Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не проектирует средства автоматизации и механизации технологических процессов формообразования поверхностей деталей.

2. Описание шкалы оценивания
Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным **55.** Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
Отличный	100
Хороший	80
Удовлетворительный	60

Неудовлетворительный	0

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить ИД-$1_{ПК-1}$, ИД-$2_{ПК-1}$, ИД-$1_{ПК-2}$, ИД-$3_{ПК-2}$ компетенции и индикаторы.

Для выполнения задания по дисциплине необходимо использовать практикум по дисциплине "Процессы и операции формообразования" для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (профиль подготовки – Технология машиностроения).

При проверке задания, оцениваются:

- последовательность и рациональность выполнения;
- точность расчетов;
- умение использовать методическую и техническую литературу;
- аккуратность оформления.

При защите работы оцениваются:

- четкость и выразительность изложения доклада;
- умение применять теоретические знания основной и дополнительной литературы;
- правильность ответов на вопросы;
- связь проекта с производственным опытом;
- инициативность в поиске информации.

Оценочный лист

ПК	Пункты оценки	Отметка о сформированности
ИД-$1_{ПК-1}$, ИД-$2_{ПК-1}$, ИД-$1_{ПК-2}$, ИД-$3_{ПК-2}$	последовательность и рациональность выполнения	
	точность расчетов	
	умение использовать методическую и техническую литературу	
	аккуратность оформления	
	четкость и выразительность изложения доклада	
	умение применять теоретические знания основной и дополнительной литературы	
	правильность ответов на вопросы	
	связь проекта с производственным опытом	
	инициативность в поиске информации	

Тесты

Паспорт фонда тестовых заданий

№ п/п	Проверяемые темы дисциплины	Проверяемые компетенции	Тип теста*			
			зф[1]	оф[2]	ус[3]	пп[4]
1	Основные понятия, относящиеся к разработке технологических процессов	ИД-1$_{ПК-1}$, ИД-2$_{ПК-1}$, ИД-1$_{ПК-2}$, ИД-3$_{ПК-2}$	9	1		2
2	Литье		9	1		
3	Сварка, пайка и склеивание		9			2
4	Основные сведения о резании материалов		9	1		
5	Процесс точения		9			
6	Сверление, рассверливание, зенкерование, развертывание и растачивание		9	1	1	1
7	Процесс фрезерования		9		3	1
8	Шлифование и отделочные виды обработки		9	1		1
9	Обработка металлов давлением. Электрофизические и электрохимические методы размерной обработки материалов		9		1	2
	Всего		81	5	5	9

** отметить тип теста «+»*

[1] задания закрытой формы (с выбором одного или нескольких правильных ответов из предложенного набора вариантов);

[2] задания открытой формы (ответ формулируется самостоятельно);

[3] задания на установление соответствия (с установлением правильного соответствия между элементами двух представленных множеств);

[4] задания на установление правильной последовательности (с указанием правильного порядка перечисленного набора элементов).

Тема 1. Основные понятия, относящиеся к разработке технологических процессов

I:
S: Форму и размеры материала заготовки или детали изменяют при…
-: термической обработке
+: механической обработке
-: сборке
-: окраске и отделке

I:
S: Где обычно задается материал заготовок?

-: на сборочном чертеже
-: в техническом задании
+: на рабочем чертеже
-: в стандарте

I:
S: При каком типе производства целесообразно применять специальные полуавтоматы и автоматы?

-: единичном
-: мелкосерийном
+: крупносерийном
+: массовом

I:
S: Из чугуна или из стали можно получить отливки с наименьшей толщиной стенки ?
-: Из чугуна
-: Из цветных сплавов
+: Из стали
-: Материал сплава не имеет значения

I:
S: При каком способе литья отсутствует литниковая система?
+: литье по выплавляемым моделям
-: кокильное лить
-: центробежное литье
-: литье в оболочковые формы

I:
S: Шов, выполненный на горизонтальной поверхности при расположении электрода над швом, называется…

-: вертикальным
-: потолочным
-: горизонтальным
+: нижним

I:
S: Как называют слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств изготавливаемой поверхности?
+: припуск
-: допуск
-: напуск
-: глубина резания

I:
S: Как называют слой материала, удаляемый с одной поверхности готовой детали в результате выполнения всех технологических переходов?
-: суммарный припуск
-: припуск на поверхность
-: напуск
+: общий припуск

I:
S: Плоскость резания в случае токарной обработки
-: Плоскость по которой сходит стружка;
-: Плоскость обращенная к обрабатываемой заготовке, с пересечением с передней поверхностью образуют режущую кромку
+: Плоскость, касательная к поверхности резания и проходящая через прямолинейную главную режущую кромку или для резцов с криволинейной режущей кромкой линейчатая поверхность, образованная движением вдоль режущей кромки прямой линии, касательной к поверхности резания.
-: Плоскость, параллельная продольной и поперечной подачам резца.

I:
S: Стружка которая состоит из отдельных элементов, не связанных друг с другом, и образуется при обработке с низкими скоростями резания твердых и малопластичных материалов именуется стружкой:
+: Элементной стружкой
-: Стружкой скалывания
-: Сливной стружкой.
-: Стружкой надлома

I:
S: Данная образуется при обработке пластичных материалов со средними скоростями резания, большими толщинами срезаемого слоя и малыми передними углами. Сторона стружки, контактирующая с передней

поверхностью резца, — гладкая, а противоположная ей сторона имеет ярко выраженные зазубрины отдельных прочно связанных элементов стружки.
+: Элементная стружка
-: Стружка скалывания
-: Сливная стружка.
-: Стружка надлома

I:
S: Данная стружка получается в виде ленты без зазубрин, образуется при обработке пластичных материалов с более высокими скоростями резания, с большими передними углами и меньшей толщиной срезаемого слоя, чем при образовании стружки скалывания.
-: Элементная стружка
-: Стружка скалывания
+: Сливная стружка.
-: Стружка надлома

I:
S: Данная стружка состоит из отдельных элементов неопределенной формы, не связанных между собой.
-: Элементная стружка
-: Стружка скалывания
-: Сливная стружка.
+: Стружка надлома

Застойная зона сильно сдеформированного обрабатываемого металла на передней поверхности инструмента. По структуре отличен от обрабатываемого металла и имеет значительную твердость, что позволяет ему срезать слой металла
-: Усадка
+: Нарост
-: Зона деформации
-: Застой

I:
S: Основные типы СОЖ

+: керосин и растворы в нем ПАВ;
+: масла и эмульсии в смеси с твердыми смазочными материалами (графитом, парафином, воском).
-: бензин
-: этанол

I:
S: Известные способы подвода жидких и газообразных смазочно-охлаждающих веществ к зоне резания

+: свободным поливом или струей под давлением на переднюю поверхность и стружку;
+: свободным поливом или струей под давлением на заднюю поверхность резца
+: по каналу с выводом в зону резания через переднюю поверхность, при этом способе жидкость или газ используют также для удаления стружки из зоны резания
-: по системе охлаждения станка к его основным рабочим органам

I:
S: В каких единицах измеряется скорость резания при растачивании
-: км/час
+: м/мин
-: м/с
-: км/с

I:
S: Угол между задней поверхностью резца и плоскостью резания
-: угол заострения - β
-: угол резания - δ
+: задний угол - α
-: угол в плане - φ

I:
S: Формула определения глубины резания при подрезке торца
+: t = h
-: t = D/2
-: t = (D — d)/2
-: t = D

I:
S: Сколько у сверла режущих кромок?
-: три
+: две
-: четыре
-: одна

I:
S: Вид обработки дающий наилучшую чистоту поверхности
-: Точение
-: Сверление
-: Зенкерование
+: Развертывание

I:
S: Подточку перемычки производят для
-: уменьшения крутящего момента
+: уменьшения осевой силы
-: лучшего образования стружки
-: точной центровки

I:
S: Главное движение при фрезеровании сообщают…
+: фрезе.
-: заготовке.
-: столу
-: фрезе и заготовке.

I:
S: Главное движение при фрезеровании
+: траектория главного движения не совпадает с обрабатываемой поверхностью. Главное движение — вращение вокруг оси инструмента
-: главным является движение по направляющей обрабатываемой поверхности. При обработке наружных и внутренних поверхностей вращения главное движение — это вращение вокруг оси заготовки
-: главным будет прямолинейное движение вдоль образующей или по касательной к направляющей обрабатываемой поверхности
-: главное движение — это вращение шлифовального круга вокруг оси

I:
S: Вид обработки при котором на получается наивысший класс шероховатости поверхности:
-: Шлифование
-: Чистое точение
+: Полирование
-: Чистовое фрезерование

I:

S: Вид обработки, который происходит с наименьшим сечением стружки
-: Шлифование
-: Чистое точение
+: Полирование
-: Чистовое фрезерование

I:
S: Основные виды шлифования
+: наружное круглое
+: внутреннее
+: плоское
-: призматическое

I:
S: Вид шлифования при обработке цилиндрических поверхностей обеспечивающий наименьшие погрешности формы в поперечном и продольном сечениях и большую соосность ступеней обработанных валиков

-: бесцентровое наружное шлифование
+: круглое наружное шлифование в центрах
-: круглое наружное шлифование патроне
+: плоское

I:
S: Какие из перечисленных операций являются разделительными операциями листовой штамповки?

+: отрезка
+: вырубка
-: гибка
-: вытяжка

I:
S: На каком оборудовании штампуют наиболее крупные поковки ?

-: На винтовых фрикционных прессах
-: На кривошипных горячештамповочных прессах
-: На гидравлических прессах
+: На паровоздушных молотах

I:
S: К разделительным операциям листовой штамповки относятся…

+: отрезка и пробивка.
-: вытяжка и вырубка
-: гибка и вытяжка
-: все

I:
S: Операция листовой штамповки, при которой плоская заготовка превращается в полое тело, называется…
+: вытяжкой
-: пробивкой.
-: вырубкой
-: гибкой

I:
S: Операция удлинения заготовки или ее части за счет уменьшения площади поперечного сечения называется…

+: протяжкой.
-: осадкой.
-: гибкой.
-: раскаткой.

I:
S: Какие факторы, в основном, определяют способ получения исходной заготовки?
+: размеры программного задания
+: технические возможности заготовительных цехов предприятия
+: возможности получения прогрессивных исходных заготовок от специализированных предприятий
-: наличие определенного обрабатывающего оборудования

I:
S: Какие преимущества при применении прогрессивных способов получения заготовки?
+: высокий коэффициент использования материала
+: снижение трудоемкости технологического процесса
+: снижение себестоимости технологического процесса
-: низкие дополнительные затраты

I:

S: Какие недостатки при применении прогрессивных способов получения заготовки?
+: низкие дополнительные затраты
-: высокий коэффициент использования материала
-: снижение трудоемкости технологического процесса
-: снижение себестоимости технологического процесса

I:
S: При каком типе производства быстрее окупаются затраты на основание заготовительных цехов?
+: массовом
-: среднесерийном
-: мелкосерийном
-: единичном

I:
S: Что характеризует коэффициент использования материала?
+: материалоемкость технологического процесса
+: трудоемкость технологического процесса
-: себестоимость технологического процесса
-: энергоемкость технологического процесса
I:
S: Каким отношением определяется коэффициент использования материала в общем виде?

+: $K_M = \frac{m_д}{m_з} = \frac{V_д}{V_з}$
-: $\kappa_м = \frac{T_о}{T_{шт}}$
-: $\kappa_м = \frac{N_{потр}}{N_{дв}}$
-: $\kappa_м = \frac{P_z}{P_\Sigma}$

I:
S: На какую статью затрат, необходимых на изготовление детали в машиностроении, приходится наибольшая доля расходов?
+: затраты, связанные с производством заготовки
-: затраты на заработную плату
-: затраты, связанные с амортизацией
-: общецеховые затраты

I:
S: Какую статью затрат, необходимых на изготовление детали в машиностроении, повышает применение прогрессивного способа получения заготовки?
+: затраты, связанные с производством заготовки
-: затраты на заработную плату
-: затраты, связанные с амортизацией
-: общецеховые затраты

I:
S: Какие статьи затрат, необходимых на изготовление детали в машиностроении, снижает применение прогрессивного способа получения заготовки?
+: затраты на заработную плату
+: затраты, связанные с амортизацией
+: общецеховые затраты
-: затраты, связанные с производством заготовки

I:
S: Какие из перечисленных потерь относятся к производственным потерям?
+: потери, связанные с недостаточно стабильным качеством материалов
+: потери, связанные с использованием приближенных методов расчета
-: потери, связанные с некратностью длины сортового проката
-: потери, связанные с раскроем листового проката

I:
S: Какие из перечисленных потерь относятся к технологическим потерям?
+: потери, связанные с некратностью длины сортового проката
+: потери, связанные с раскроем листового проката
-: потери, связанные с недостаточно стабильным качеством материалов
-: потери, связанные с использованием приближенных методов расчета

I:
S: За счет чего можно добиться сокращения массы материалов, затрачиваемых на изготовление одной машины?
+: рациональной разработки конструкции машины
+: использование оптимальных величин запасов прочности
-: повышение однородности свойств материалов
-: сокращение различного рода отходов и потерь материалов

I:

S: К чему приводит использование приближенных методов расчета?
+: к завышенным величинам запасов прочности
-: к недостаточно стабильному качеству материалов
-: к уменьшению колебаний массы отливки
-: к повышению производительности операций механической обработки

I:
S: Вследствие чего конструктором могут быть назначены завышенные величины запасов прочности?
+: недостаточного знания свойств материалов
+: недостаточно стабильного качества материалов
+: использования приближенных методов расчета
-: возможности угара металлов при плавке

I:
S: За счет чего сокращаются затраты при использовании однородных исходных материалов?
+: повышения стабильности свойств материалов
+: уменьшения колебаний массы заготовок
+: повышению производительности операций последующей обработки
-: увеличения величины запаса прочности

I:
S: Куда уходит часть материалов при механической обработке?
+: в стружку
-: на раскрой
-: на некратность
-: на угар

I:
S: Какие технологические потери характерны при получении деталей из сортового проката?
+: потери на раскрой
+: потери на некратность
-: потери на угар
-: потери на стружку

I:
S: Какие технологические потери характерны при получении деталей из отливок?
+: потери на угар
-: потери на раскрой

-: потери на некратность
-: потери на стружку

I:
S: На что оказывает большое влияние тип производства при разработке технологического процесса?
+: на выбор способа получения заготовки
+: на выбор оборудования, оснастки, режущего и мерительного инструмента
+: на выбор оптимального способа сборки изделия
-: на выбор кинематической схемы изделия

I:
S: Какой показатель может характеризовать тип производства?
+: коэффициент закрепления операций
+: коэффициент серийности
-: коэффициент станко-часа
-: коэффициент обрабатываемости

I:
S: По какой формуле определяется коэффициент закрепления операций?

+: $К_{з.о.}=\frac{Q}{P_м}$

-: $К_{з.о}=\frac{t_в}{T_{шт.ср.}}$

-: $К_{з.о}=\frac{T_о}{T_{шт}}$

-: $К_{з.о}=\frac{\sum_{i=1}^{n} T_{шт.}}{n}$

I:
S: По какой формуле определяется коэффициент серийности?

+: $К_с=\frac{t_в}{T_{шт.ср.}}$

-: $К_с=\frac{Q}{P_м}$

-: $К_с=\frac{T_о}{T_{шт}}$

-: $К_с=\frac{\sum_{i=1}^{n} T_{шт.}}{n}$

I:
S: Какое значение может принимать коэффициент закрепления операций при массовом производстве?
+: до 1,0
-: от 1,0 до 10,0
-: от 10,0 до 20,0
-: от 20,0 до 40,0

I:
S: Какое значение может принимать коэффициент закрепления операций при крупносерийном производстве?
+: от 1,0 до 10,0
-: до 1,0
-: от 10,0 до 20,0
-: от 20,0 до 40,0

I:
S: Какое значение может принимать коэффициент закрепления операций при среднесерийном производстве?
+: от 10,0 до 20,0
-: от 1,0 до 10,0
-: до 1,0
-: от 20,0 до 40,0

I:
S: Какое значение может принимать коэффициент закрепления операций при мелкосерийном производстве?
+: от 20,0 до 40,0
-: от 10,0 до 20,0
-: от 1,0 до 10,0
-: до 1,0

I:
S: Какое значение может принимать коэффициент закрепления операций при единичном производстве?
+: свыше 40,0
-: от 20,0 до 40,0
-: от 10,0 до 20,0
-: от 1,0 до 10,0

I:

S: Какое значение может принимать коэффициент серийности при массовом производстве?
+: до 1,0
-: от 1,0 до 10,0
-: от 10,0 до 20,0
-: от 20,0 до 40,0

I:
S: Какое значение может принимать коэффициент серийности при крупносерийном производстве?
+: от 1,0 до 10,0
-: до 1,0
-: от 10,0 до 20,0
-: от 20,0 до 40,0

I:
S: Какое значение может принимать коэффициент серийности при среднесерийном производстве?
+: от 10,0 до 20,0
-: от 1,0 до 10,0
-: до 1,0
-: от 20,0 до 40,0

I:
S: Какое значение может принимать коэффициент серийности при мелкосерийном производстве?
+: от 20,0 до 40,0
-: от 10,0 до 20,0
-: от 1,0 до 10,0
-: до 1,0

I:
S: Какое значение может принимать коэффициент серийности при единичном производстве?
+: Свыше 40,0
-: от 20,0 до 40,0
-: от 10,0 до 20,0
-: от 1,0 до 10,0

I:
S: По каким формулам допускается рассчитывать штучное время при определении типа производства?

+: приближенным
-: точным
-: рекомендательным
-: аналитическим

I:
S: Какой размер подставляют при определении штучного времени по приближенным формулам?
+: полученный при данной обработке
-: полученный при предыдущей обработке
-: полученный при получении заготовки
-: размер готовой детали

I:
S: Какой тип производства характеризуется малым объемом выпуска одинаковых изделий, повторное изготовление которых, как правило, не предусматривается?
+: единичный
-: серийный
-: массовый
-: все типы производства

I:
S: Какой тип производства характеризуется изготовлением или ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями?
+: серийный
-: единичный
-: массовый
-: все типы производства

I:
S: Какой тип производства характеризуется большим объемом выпускаемых изделий, непрерывно изготавливаемым или ремонтируемым продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна технологическая операция?
+: массовый
-: серийный
-: единичный
-: все типы производства

I:

S: Предварительная обработка каких заготовок заключается в удалении литников и прибылей?
+: отливок
-: поковок
-: сварных
-: проката

I:
S: Предварительная обработка каких заготовок заключается в удалении облоя и пленки?
+: поковок
-: отливок
-: сварных
-: проката

I:
S: Предварительная обработка каких заготовок заключается в правке и разрезании на штучные заготовки?
+: проката
-: поковок
-: отливок
-: сварных

I:
S: Какие заготовки очищают струей воды, в которую добавлены крупнозернистый абразив и кальцинированная сода?
+: отливки
-: поковки
-: сварные
-: прокат

I:
S: Какие заготовки для устранения поверхностных неровностей обрабатывают на шлифовально-обдирочных станках?
+: отливки
-: поковки
-: сварные
-: прокат

I:
S: Какие заготовки для устранения поверхностных неровностей обрабатывают шлифовальными кругами с гибким валом?

+: отливки
-: поковки
-: сварные
-: прокат

I:
S: Какие заготовки для устранения поверхностных неровностей обрабатывают пневматическими зубилами?
+: отливки
-: поковки
-: сварные
-: прокат

I:
S: Какие заготовки для устранения поверхностных неровностей обрабатывают обрезкой или прошивкой в штампах на обрезных кривошипных прессах?
+: поковки
-: отливки
-: сварные
-: прокат

I:
S: Какие заготовки для устранения поверхностных неровностей обрабатывают на дробеструйных или пескоструйных установках?
+: поковки
-: отливки
-: сварные
-: прокат

I:
S: Какой чугун обладает более высокими литейными свойствами?
+:Серый чугун
-: Ковкий чугун
-: Высокопрочный
-: Легированный

I:
S: Система каналов литейной формы для подвода в ее полость расплавленного материала, обеспечивающая заполнение формы и питание отливки при затвердевании
+: литниковая система

-: литейная модель
-: литейная опока
-: литейный стержень

I:
S: Свойство металлов и сплавов уменьшать свой объем при затвердевании и охлаждении
-: жидкотекучесть
-: ликвация
+: усадка
-: податливость

I:
S: Химическая неоднородность затвердевшего сплава
-: жидкотекучесть
+: ликвация
-: гигроскопичность
-: пористость

I:
S: Способность смеси обеспечивать сохранность формы без разрушения при ее изготовлении и использовании
-: пластичность
-: вязкость
+: прочность
-: твердость

I:
S: При увеличении содержания углерода в стали свариваемость …
-: улучшается
+: ухудшается
-: не изменяется
-:изменяется циклично

I:
S: Основным параметром режима электродуговой сварки является
+: сила сварочного тока
-: напряжение
-: диаметр электрода
-: свариваемый материал

I:

S: Процесс соединения деталей посредством сплава, который смачивает поверхности деталей и затвердевая, связывает их.
+: пайка
-: сварка
-: плавка
-: наклеп

S: Способность материалов сохранять свою твердость при высоких температурах нагрева в процессе резания называется:
-: прочностью
-: износостойкостью
+: красностойкостью
-: твердость

I:
S: Какая стружка образуется при обработке хрупких материалов (чугун, бронза и др.)?
+: надлома
-: сливная
-: ступенчатая
-: спиральная

I:
S: Что является основной причиной износа инструмента?
-: отсутствие смазки и охлаждения
+: трение
-: неправильно выбранные режимы резания
-: вибрации

I:
S: Периодом стойкости называется:
+: время работы инструмента без переточки
-: длительность обработки детали выбранным инструментом
-: количество переточек инструмента
-: время обработки поверхности

I:
S: Что является исполнительными органами токарного станка
-: Передняя бабка, задняя бабка
+: Шпиндель, суппорт
-: Станина, корыто
-: ведущий вал

I:
S: 2А135 – это
-: токарный станок
-: фрезерный станок
+: сверлильный станок
-: шлифовальный станок

I:
S: 6Н12 -это
+: фрезерный станок
-: токарный станок
-: сверлильный станок
-: шлифовальный станок

I:
S: Рекомендовать инструментальную сталь для обработки нержавеющей стали
+: Р6М5
-: У10А
-: ХВГ
-: 9ХС

I:
S: Величина срезаемого слоя с поверхности заготовки за один проход
-: подача S
-: толщина срезаемого слоя a
+: глубина резания t
-: ширина срезаемого слоя b

I:
S: Процесс представляющий собой упругопластическое деформирование, а иногда и разрушение срезаемого слоя
-: упругая деформация
+: процесс резания
-: процесс разрушения поверхностного слоя
-: деструкция

I:
S: Путь перемещения точки режущей кромки относительно поверхности резания в единицу времени

+: скорость резания υ
-: толщина срезаемого слоя a
-: глубина резания t
-: подача S

I:
S: Величина перемещения резца, мм, относительно обработанной поверхности за один оборот при точении или за один рабочий ход при строгании
+: подача S
-: скорость резания υ
-: глубина резания t
-: толщина срезаемого слоя a

I:
S: Смазочно-охлаждающие вещества в каких агрегатных состояниях могут пребывать смазочно-охлаждающие вещества (СОВ)
+: смазочно-охлаждающие жидкости
+: газообразные СОВ
+: твердые СОВ
-: аморфные СОВ

I:
S: Как называется линия, которая образуется пересечением передней и вспомогательной задней поверхностями резца?
+: вспомогательная режущая кромка
-: главная режущая кромка
-: главная передняя поверхность
-: угол заострения

I:
S: Как называется поверхность резца, по которой в процессе резания сходит стружка
-: вспомогательная режущая кромка
+: главная передняя поверхность
-: главная задняя поверхность
-: вспомогательная задняя поверхность

Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если продемонстрированы: уверенное владение информацией в полном объеме, навыки и умения реализуются для нестандартных условий обработки, при ответе на вопрос привлечены дополнительные

источники информации, в том числе и многовариантный анализ ситуации, что свидетельствует о повышенном уровне усвоения компетенций.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если продемонстрированы: владение информацией в полном объеме; уверенное владение умениями и навыками реализуются для типовых ситуаций уверенно, что свидетельствует о базовом уровне усвоения компетенций.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретические знания имеются, но они разрознены и бессистемны; умения и навыки реализуются для типовых ситуаций с ошибками, что свидетельствует о частичном усвоении базового уровня усвоения компетенций..

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если знания, умения и навыки отсутствуют, что свидетельствует о недостаточном уровне усвоении компетенций.

1. Описание шкалы оценивания

Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным **55.** Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
Отличный	**100**
Хороший	**80**
Удовлетворительный	**60**
Неудовлетворительный	**0**

2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя: тестирование студента.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить ИД-1$_{ПК-1}$, ИД-2$_{ПК-1}$, ИД-1$_{ПК-2}$, ИД-3$_{ПК-2}$ компетенции. Освоение компетенций на повышенном уровне предполагает изучение дополнительной научной и учебной литературы и ответы на вопросы без ошибок. При освоении компетенции на базовом уровне студент изучил основную литературу, при тестировании возможны 2…3 негрубые ошибки.

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо изучить рекомендуемую литературу.

При подготовке к тесту студенту предоставляется право пользования своими конспектами лекций, методическими указаниями по дисциплине, тетрадями по лабораторным работам, справочными таблицами.

При проверке задания, оцениваются:

- степень усвоения программного материала;
- правильность ответов;
- способность рассуждать и сопоставлять материал из разных источников;
- способность связывать теорию с практикой, другими темами данного курса;
- умение использовать методическую и техническую литературу;
- инициативность в поиске информации;

Оценочный лист

ПК	Пункты оценки	Отметка о сформированности
ИД-1$_{ПК-1}$, ИД-2$_{ПК-1}$, ИД-1$_{ПК-2}$, ИД-3$_{ПК-2}$	степень усвоения программного материала	
	способность рассуждать и сопоставлять материал из разных источников	
	способность связывать теорию с практикой, другими темами данного курса	
	правильность ответов	
	инициативность в поиске информации	
	умение использовать методическую и техническую литературу	

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению контрольной работы по дисциплине

«ПРОЦЕССЫ И ОПЕРАЦИИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ»

для студентов направления подготовки 15.03.05

Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

направленность (профиль) «Технология машиностроения»

Ставрополь 2026

Методические указания предназначены для студентов направления подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, содержат материал по выбора способа получения заготовки и его технико-экономическое обоснование.

Предназначены для выполнения контрольной работы по дисциплине «Процессы и операции формообразования».

Составитель: И. А. Пинахин

Рецензент: К.В. Костенко

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Целью выполнение данной контрольной работы является отработка алгоритма выбора способа получения заготовки.

Выполнение контрольной работы способствует формированию навыков выбора и оптимизации способа получения заготовки для достижения их заданного качества и размеров.

ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАНИЯ И ЕГО ОБЪЕМ

Примерная тема контрольной работы: «Технико- экономическое обоснование выбора способа получения заготовки».

В качестве задания на контрольную работу в соответствии с вариантом выдается индивидуальная деталь, для двух-трех поверхностей которой следует выполнить обоснование режимов обработки. Контрольная работа выполняется в виде пояснительной записки объемом, выполненных с использованием ЭВМ.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО РАЗДЕЛАМ, ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ И ПОРЯДОК ИХ ВЫПОЛНЕНИЯ

Методика и порядок выполнения контрольной работы

Пояснительная записка, в которой представлено содержание контрольной работы, должна содержать, как правило, следующие разделы:

- Введение
- Исходные данные.

1. Назначение припусков для отливок.
2. Назначение припусков для проката.
3. Назначение припусков для поковки.
4. Расчет коэффициента использования материала для отливки.
5. Расчет коэффициента использования материала для проката.
6. Расчет коэффициента использования материала для поковки.
7. Расчет стоимости заготовки из проката.
8. Расчет стоимости отливки.
9. Расчет стоимости поковки.

- Выводы.
- Список используемых источников

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

Пояснительная записка оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105 – 95.

Рисунки выполняется в соответствии с требованиями ЕСКД в системе AUTOCAD или другом графическом пакете.

Брошюрование пояснительной записки выполняется в следующем порядке

– титульный лист;
– задание на работу;
– содержание;
– введение;
– разделы с соответствующим иллюстративным материалом;
– заключение (основные выводы по работе).

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ НАД КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТОЙ, ПРИМЕРНЫЙ КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН ЕЁ ВЫПОЛНЕНИЯ

Выполнение работы начинается с анализа задания, поверхностей, подлежащих обработке, требований, предъявляемых к обрабатываемым поверхностям по шероховатости и точности обработки.

Примерный календарный план выполнения контрольной работы:

2 неделя – получение задания на контрольную работу;

3-4 недели семестра – анализ задания и подбор литературы;

5 – 9 недели семестра – выполнение основного объема контрольной работы;

10 - неделя семестра - сдача на проверку преподавателю и получение допуска к защите; защита контрольной работы.

ПОРЯДОК ЗАЩИТЫ И ОТВЕТСТВЕННОСТЬ СТУДЕНТА ЗА ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАДАНИЯ ПО КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Консультации по контрольной работе проводятся по установленному графику. Выполненная контрольной работа, оформленная в соответствии с требованиями, предъявляется руководителю работы. В случае, если работа выполнена технически грамотно, оформлена в соответствии с требованиями, и студент при собеседовании проявляет достаточные знания, работа подписывается руководителем, и студент допускается к защите.

При защите работы студент должен сделать обосновать принятые технические решения, особенности использования инструментов и оборудования, выбранных режимов обработки.

Студент должен хорошо разбираться в материале контрольной работы, работе выбранного оборудования, особенностям выполнения операции на станке.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Таблица 1 – Исходные данные

Вариант	Деталь	Материал	Твёрдость, НВ	Годовая программа, шт	Размеры, мм		
					d_1	d_2	l
01	втулка	ст 3	140...160	860.000	20	8	48
02	— // —	ст 5	140...160	1.100.000	22	8	32
03	— // —	сталь 10	160...180	720.000	24	10	56
04	— // —	сталь 20	180...200	340.000	26	10	42
05	— // —	сталь 30	200...220	680.000	28	10	52
06	— // —	сталь 40	210...230	920.000	30	10	46
07	— // —	сталь 45	220...240	710.000	32	10	50
08	— // —	сталь 50	230...250	620.000	34	12	44
09	— // —	сталь 55	240...260	580.000	36	12	58
10	— // —	ст 15Х	200...220	110.000	38	14	55
11	— // —	ст 20Х	200...220	215.000	40	14	60
12	— // —	ст 30Х	220...240	420.000	42	16	58
13	— // —	ст 35Х	230...250	540.000	44	18	72
14	— // —	ст 40Х	240...260	780.000	46	20	74
15	— // —	ст 50Х	260...280	810.000	48	22	78
16	— // —	18ХГТ	230...250	920.000	50	24	71
17	— // —	30ХГТ	240...260	245.000	52	26	70
18	----//-----	Ст.3	140….160	320.000	54	30	76
19	----//-----	Ст.5	140…..160	380.000	58	32	78
20	----//-----	Сталь 10	160…..180	450.000	62	34	82
21	----//-----	Сталь 20	180…..200	480.000	66	36	84
22	----//-----	Сталь 30	200…..220	520.000	68	38	86
23	----//-----	Сталь 40	210…..230	560.000	72	40	88
24	---//-----	Сталь 45	220……240	620.000	74	46	92
25	------//---	Сталь 50	230….250	660.000	78	50	96
26	----//-----	Сталь 55	240…260	680.000	82	52	100
27	---//------	15Х	200…220	720.000	86	56	104
28	----//----	20Х	200…220	760.000	88	58	106
29	----//-----	30Х	220….240	800.000	92	60	110
30	----//-----	35Х	230…250	840.000	96	64	114
31	----//-----	40Х	240…260	880.000	100	68	120
32	----//-----	50Х	260….280	920.000	22	8	36
33	----//-----	18ХГТ	230…250	960.000	24	10	38
34	----//-----	30ХГТ	240….260	980.000	26	10	42
35	----//-----	Ст.3	140…160	100.000	28	10	44
36	----//-----	Ст.5	140…160	140.000	30	10	48
37	----//-----	Сталь 10	160…180	180.000	32	10	54
38	---//----	Сталь20	180…200	220.000	34	10	58
39	---//-----	Сталь 30	200….220	260.000	38	12	62
40	---//-----	Сталь 40	210…230	300.000	42	12	66
41	----//-----	Сталь 45	220….240	320.000	46	14	68
42	----//----	Сталь 50	230…250	360.000	50	16	70
43	----//-----	Сталь 55	240…260	420.000	54	18	74

44	----//-----	15Х	200…220	460.000	56	20	78
45	----//---	20Х	200…220	520.000	58	22	82
46	----//----	30Х	220…240	560.000	62	24	84
47	----//-----	35Х	230…250	580.000	66	26	88
48	---//----	40Х	240…260	620.000	68	28	92
49	----//----	50Х	260…280	660.000	72	30	96
50	----//-----	18ХГТ	230…250	700.000	76	32	98
51	----//-----	Ст.5	140…..160	340000	70	44	70
52	----//-----	А30	160…180	740000	64	38	72
53	----//-----	А40Г	180…200	820000	66	40	70
54	----//-----	Сталь 20	180…200	340000	26	10	42
55	----//-----	сталь 40	210…230	920000	30	10	46
56	----//-----	А20	200…..220	640000	76	34	118
57	----//-----	Сталь 30	200….220	680000	28	10	52
58	----//-----	А30	160…180	760000	78	36	120
59	----//-----	Сталь 40	210…230	780000	46	10	74
60	----//-----	Сталь 40	210…230	750000	22	10	34
61	----//-----	А40Г	180…200	720000	80	34	118
62	----//-----	20Х	200…220	860.000	36	16	56
63	----//-----	30Х	220…240	1.100.000	42	18	60
64	----//-----	35Х	230…250	720.000	44	16	58
65	----//-----	40Х	240…260	340.000	46	18	72
66	----//-----	50Х	260…280	680.000	48	20	74
67	----//-----	18ХГТ	230…250	920.000	48	26	78
68	----//-----	Ст.5	140…..160	710.000	52	24	74
69	----//-----	Ст.3	140….160	620.000	52	28	72
70	----//-----	Ст.5	140…..160	580.000	22	10	48
71	----//-----	Сталь 10	160…..180	800.000	22	10	32
72	----//-----	Сталь 20	180…..200	840.000	24	12	56
73	----//-----	Сталь 30	200…..220	880.000	26	12	44
74	----//-----	Сталь 40	210…..230	920.000	28	14	52
75	----//-----	Сталь 45	220……240	960.000	34	12	48
76	----//-----	Сталь 50	230….250	980.000	32	10	50
77	----//-----	Сталь 55	240…260	100.000	34	12	44
78	----//-----	15Х	200…220	140.000	38	12	58
79	----//-----	20Х	200…220	180.000	38	14	55
80	----//-----	30Х	220….240	220.000	40	14	60
81	----//-----	35Х	230…250	260.000	42	16	58
82	----//-----	40Х	240…260	300.000	44	20	72
83	----//-----	50Х	260….280	300.000	46	22	74
84	----//-----	15Х	200…220	320.000	48	22	78
85	----//-----	20Х	200…220	360.000	50	24	71
86	----//-----	18ХГТ	230…250	440.000	52	26	70

Исходные данные: деталь – втулка, наружный диаметр 68 мм, внутренний диаметр 28 мм, длина 72 мм, материал детали – 18ХГТ, годовая программа выпуска N = 400 000 штук.

1. Назначение припусков для отливок

Пример: Выбор припусков производится по таблице 2. Исходные данные: деталь – втулка, наружный диаметр 68 мм, внутренний диаметр 28 мм, длина 72 мм.

Наружный диаметр заготовки находится по формуле:

$$D_{заг.} = D_{дет.} + \delta_1, \quad (1)$$

где $D_{дет}$ – наружный диаметр детали;

δ_1 – припуск на наружный диаметр детали.

$$D_{заг.} = 68 + 3,5 = 71,5 \text{ мм.}$$

Внутренний диаметр заготовки находится по формуле:

$$d_{заг.} = d_{дет.} - \delta_2, \quad (2)$$

где $d_{дет}$ – внутренний диаметр детали;

δ_2 – припуск на внутренний диаметр детали.

$$d_{заг.} = 28 - 3,5 = 24,5 \text{ мм.}$$

Длина заготовки:

$$l_{заг} = l_{дет} + \delta_3, \quad (3)$$

где $l_{дет}$ – длина детали;

δ_3 – припуск на длину детали.

$$l_{заг} = 72 + 3,5 = 75,5 \text{ мм.}$$

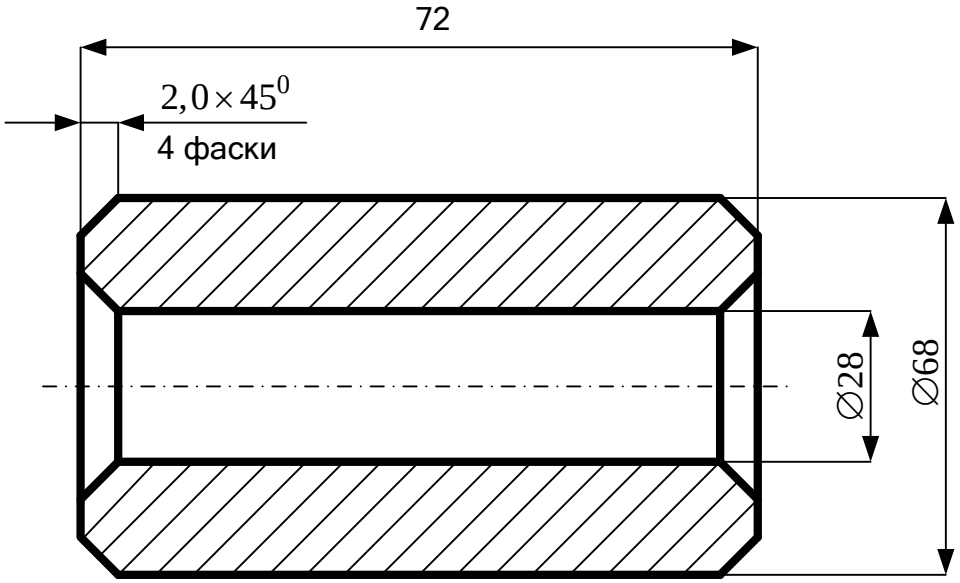


Рисунок 1 – Эскиз детали

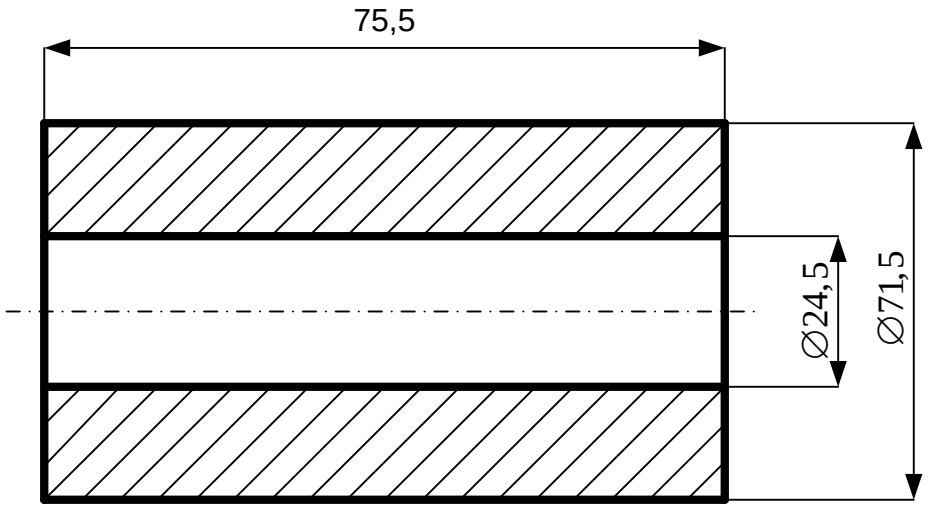


Рисунок 2 – Эскиз заготовки (отливка)

Таблица 2 – Припуски и предельные отклонения на стальные отливки

Наибольший габаритный размер детали, мм	Положение поверхности при заливке	Номинальный размер, мм.				
		До 50	Св.50 до 120	Св.120 до 260	Св.260 до 500	Св.500 до 800
До 120	Верх	3,5±0,2	3,5±0,3			
	Низ, бок	3±0,2	3±0,3			
Св.120 до 260	Верх	4±0,3	4±0,4	5±0,6		
	Низ, бок	3±0,3	3±0,4	3,5±0,6		
Св.260 до 500	Верх	5±0,4	5±0,6	5±0,8	6±0,1	8,0±0,1
	Низ, бок	3±0,4	3±0,6	4±0,8	4±0,1	

2. Назначение припусков для проката

Исходные данные: деталь – втулка, наружный диаметр 68 мм, внутренний диаметр 28 мм, длина 72 мм.

Припуски на диаметр и длину заготовки выбираются по таблицам 3, 4.

Таблица 3 – Припуски на диаметр круглого проката

Диаметр	До 20	Свыше	Свыше	Свыше	Свыше	Свыше	Свыше

детали, мм		20 до 46	46 до 58	58 до 72	72 до 82	82 до 96	96 до 110
Припуск δ, мм	2	3	4	5	6	7	8

Таблица 4 – Припуски на длину заготовки из круглого проката

Наименование показателя	Номинальный диаметр проката, мм.				
	До 30	Свыше 30 до 50	Свыше 50 до 60	Свыше 60 до 80	Свыше 80
Припуск на механическую обработку	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0

Наружный диаметр заготовки находится по формуле 1:

$$D_{заг.} = 68 + 5 = 73 \text{ мм.}$$

Длина заготовки находится по формуле 3:

$$l_{заг} = 72 + 5 = 77 \text{ мм.}$$

Эскиз заготовки, полученной из круглого проката показан на рисунке 3.

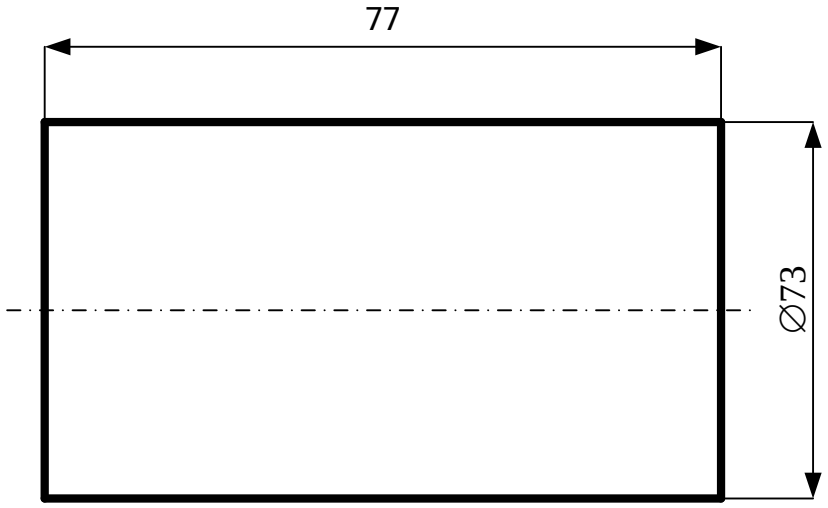


Рисунок 3 – Эскиз заготовки (прокат)

3. Назначение припусков для поковки

Исходные данные: деталь – втулка, наружный диаметр 68 мм, внутренний диаметр 28 мм, длина 72 мм.

Для определения припусков поковки необходимо предварительно вычислить массу детали:

$$m_д = \frac{\pi}{4} \cdot l_д \cdot \rho \cdot \left(D_д^2 - d_д^2 \right), \quad (4)$$

где $D_д$ и $d_д -$ соответственно наружный и внутренний диаметр детали, м;

$l_д -$ длина детали, м;

ρ– плотность материала (для стали 7800 кг/м^3).

$$m_д = \frac{\pi}{4} \cdot 0,072 \cdot 7800 \cdot \left(0,068^2 - 0,028^2 \right) = 1,68 \text{ кг}.$$

Припуски на диаметры и длину заготовки выбираются по таблице 5.

Таблица 5 – Припуски на механическую обработку поковок

Масса детали, Масса детали, кг.	Номинальный размер, мм.			
	До 50	Свыше 50 до 120	Свыше 120 до 180	Свыше 180 до 260
До 0,25	1,4	1,5	1,6	1,8
Свыше 0,25 до 0,4	1,6	1,7	1,8	2,0
Свыше 0,4 до 0,63	1,8	1,9	2,0	2,2
Свыше 0,63 до 1,0	2,0	2,1	2,2	2,4
Свыше 1,0 до 1,6	2,2	2,3	2,4	2,6
Свыше 1,6 до 2,5	2,4	2,5	2,6	2,8
Свыше 2,5 до 4,0	2,7	2,8	2,9	3,1
Свыше 4,0 до 6,3	3,0	3,2	3,3	3,4
Свыше 6,3 до 10,0	3,3	3,6	3,7	3,8

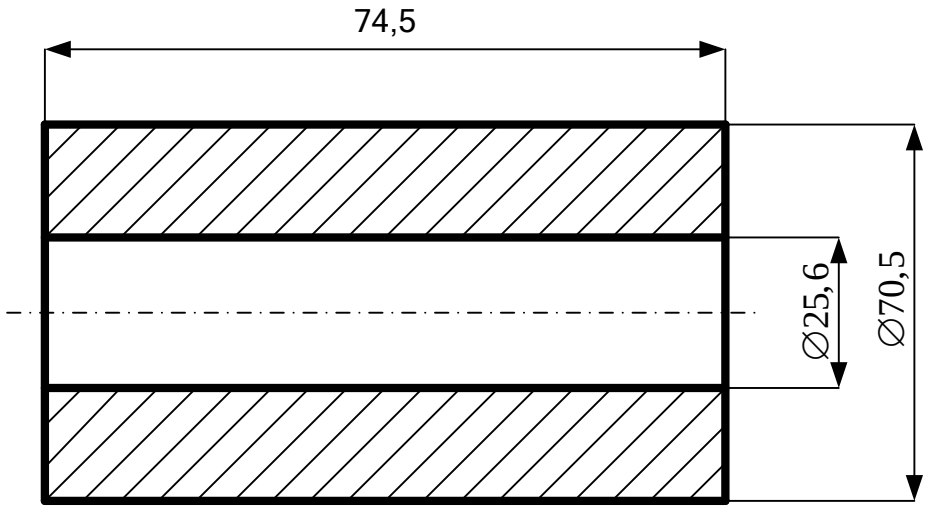


Рисунок 4 – Эскиз заготовки (поковка)

Наружный диаметр заготовки находится по формуле 1:

$$D_{заг.} = 68 + 2,5 = 70,5 \text{ мм.}$$

Внутренний диаметр заготовки находится по формуле 2:

$$d_{заг.} = 28 - 2,4 = 25,6 \text{ мм.}$$

Длина заготовки находится по формуле 3:

$$l_{заг} = 72 + 2,5 = 74,5 \text{ мм.}$$

Эскиз заготовки, полученной из круглого проката показан на рисунке 4.

4. Расчет коэффициента использования материала для отливки

Согласно проведенным расчетам для отливки: наружный диаметр 71,5 мм, внутренний диаметр 24,5 мм, длина 75,5 мм.

Коэффициент использования материала для отливки определяется по формуле:

$$K_{им} = \frac{m_д}{m_{заг} + m_т + m_п}, \quad (5)$$

где $m_д$ – масса детали: $m_д = 1,68$ кг;

$m_{заг}$ – масса заготовки;

$m_т$ – масса технологических потерь. Принимаем $m_т = 0,05 \cdot m_д = 0,05 \cdot 1,68 = 0,08$ кг;

$m_п$– масса производственных потерь. Принимаем $m_п = 0,03 \cdot m_д = 0,03 \cdot 1,68 = 0,05$ кг.

Масса заготовки для отливки определяется по формуле:

$$m_{заг} = \frac{\pi}{4} \cdot l_{заг} \cdot \rho \cdot \left(D_{заг}^2 - d_{заг}^2 \right), \quad (6)$$

где $D_{заг}$ и $d_{заг}$ – соответственно наружный и внутренний диаметр заготовки, м;

$l_{заг}$ – длина заготовки, м;

ρ– плотность материала (для стали 7800 кг/м^3).

$$m_{заг} = \frac{\pi}{4} \cdot 0,0755 \cdot 7800 \cdot \left(0,0715^2 - 0,0245^2 \right) = 2,09 \text{ кг}.$$

Коэффициент использования материала для отливки будет равен:

$$K_{им} = \frac{1,68}{2,09 + 0,08 + 0,05} = 0,76 .$$

Таким образом, при получении детали из отливки 76 % материала используется полезно и 24 % идет в отходы.

5. Расчет коэффициента использования материала для проката

Согласно проведенным расчетам для проката: наружный диаметр 73 мм, длина 77 мм.

Коэффициент использования материала для проката определяется по формуле 5.

Масса заготовки для проката определяется по формуле:

$$m_{заг} = \frac{\pi}{4} \cdot l_{заг} \cdot \rho \cdot D_{заг}^2, \quad (7)$$

где $D_{заг}$ – наружный диаметр заготовки, м;

$l_{заг}$ – длина заготовки, м;

ρ– плотность материала (для стали 7800 кг/м^3).

$$m_{заг} = \frac{\pi}{4} \cdot 0,077 \cdot 7800 \cdot 0,073^2 = 2,51 \text{ кг}.$$

Коэффициент использования материала для проката будет равен (формула 5):

$$K_{им} = \frac{1,68}{2,51 + 0,08 + 0,05} = 0,64.$$

Таким образом, при получении детали из проката 64 % материала используется полезно и 36 % идет в отходы.

6. Расчет коэффициента использования материала для поковки

Согласно проведенным расчетам для поковки: наружный диаметр 70,5 мм, внутренний диаметр 25,6 мм, длина 74,5 мм.

Масса заготовки для поковки определяется по формуле 6:

$$m_{заг} = \frac{\pi}{4} \cdot 0,0745 \cdot 7800 \cdot \left(0,0705^2 - 0,0256^2\right) = 1,95 \text{ кг}.$$

Коэффициент использования материала для поковки будет равен (формула 5):

$$K_{им} = \frac{1,68}{1,94 + 0,08 + 0,05} = 0,81.$$

Таким образом, при получении детали из отливки 81 % материала используется полезно и 19 % идет в отходы.

Вывод.

На основании проведенных расчетов можно сделать вывод, что наиболее экономичным по материалоемкости является способ получения заготовки поковкой ($K_{им} = 0,81$, $m_{заг} = 1,95$ кг), далее следуют отливка ($K_{им} = 0,76$, $m_{заг} = 2,09$ кг) и прокат ($K_{им} = 0,64$, $m_{заг} = 2,51$ кг).

Годовой экономический эффект по экономии материала при получении поковки составит:

- по сравнению с отливкой: $Э_м = \left(2,09 - 1,95\right) \cdot 400000 = 56000$ кг;
- по сравнению с прокатом: $Э_м = \left(2,51 - 1,95\right) \cdot 400000 = 224000$ кг.

7. Расчет стоимости заготовки из проката

Согласно проведенным расчетам для проката: масса заготовки $m_{заг} = 2,51$кг, масса детали $m_{д} = 1,68$ кг. Деталь изготавливается из стали 18ХГТ.

Стоимость заготовок из проката определяется по формуле:

$$C_{заг} = m_{заг} \cdot S - (m_{заг} - m_{д}) \cdot \frac{S_{отх}}{1000}, \qquad (8)$$

где S – цена за 1 кг заготовки (таблица 6): S = 0,17 у.е. (для стали 18ХГТ)

$S_{отх}$ – цена 1 тонны отходов (таблица 7): $S_{отх}$ = 29,8 у.е. (легированная сталь).

Таблица 6 – Оптовые цены на круглый сортовой прокат

Материал	Цена за 1 кг., у.е.	Материал	Цена за 1 кг, у.е.
Ст.3,4,5	0,1	ШХ9, ШХ15	0,17
Сталь 10,20,30,40,45,50,55	0,12	У7,У8,У9,У10,У11,У12	0,13
Сталь 15Х, 20Х, 30Х, 35Х, 40Х, 45Х, 50Х	0,13	У7А,У8А,У9А,У10А,У11А, У12А	0,15
18ХГТ	0,17	ХВГ	0,35
30ХГТ	0,19	Р18	2,51
20ХГР	0,14	Р9	1,77
15ХГС, 30ХГС	0,15	Р9Ф5	2,21
12ХН3, 120ХН3	0,25	Р9К10	5,68
20ХНР	0,17	ШХ15С	0,18
А12,А20,А30, А40Г	0,12	ШХ15СГ	0,2

Таблица 7 – Заготовительные цены на одну тонну стружки

Материал стружки	Цена, у.е.
Стальная и чугунная стружка	14,4
Легированная сталь	29,8
Шарикоподшипниковая сталь	38,0

Стоимость заготовок из проката:

$$C_{заг} = 2,51 \cdot 0,17 - (2,51 - 1,68) \cdot \frac{29,8}{1000} = 0,4 \text{ у.е.}$$

8. Расчет стоимости отливки

Исходные данные: масса заготовки $m_{заг} = 2,09$ кг, масса детали $m_д = 1,68$ кг, материал детали 18ХГТ, годовая программа выпуска N = 400 000 штук.

Стоимость заготовок, полученных литьем, определяется по формуле:

$$C_{заг} = \left(C_i \cdot m_{заг} \cdot к_т \cdot к_с \cdot к_в \cdot к_м \cdot к_п\right) - (m_{заг} - m_д) \cdot \frac{S_{отх}}{1000}, \qquad (9)$$

где C_i – базовая стоимость одной тонны заготовок (C_i = 0,29 у.е для литья в песчанно-глинистые формы и кокиль).

$K_т$, $K_с$, $K_в$, $K_м$, $K_п$ – коэффициенты, зависящие от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и программного задания: $K_т$ = 1,06 (таблица 8 для 1-го класса точности); $K_с$ = 0,7 (таблица 9 для 1-ой группы сложности); $K_в$ = 1,0 (таблица 10); $K_м$ = 1,6 (таблица 11 для низколегированной стали); $K_п$ = 0,5 (таблица 12 для 1-ой группы серийности. Группа серийности принимается 1-ой по таблице 13 для $m_{заг} = 2,09$ кг и N = 400 000 штук);

$S_{отх}$ – цена 1 тонны отходов (таблица 7): $S_{отх}$ = 29,8 у.е. (легированная сталь).

Стоимость отливки:

$$C_{заг} = \left(0,29 \cdot 2,09 \cdot 1,06 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,6 \cdot 0,5\right) - (2,09 - 1,68) \cdot \frac{29,8}{1000} = 0,36 \text{ у.е.}$$

Таблица 8 – Значения коэффициента $K_т$ для отливок

Класс точности отливок	1-й класс	2-й класс	3-й класс
$K_т$	1,06	1,03	1,0

Таблица 9 – Значения коэффициента $K_с$ для отливок

Материал отливок	Группы сложности				
	1	2	3	4	5
Чугун, сталь	0,7	0,83	1,0	1,2	1,45

Таблица 10 – Значения коэффициента $K_в$ для отливок

Мате–риал отливки	Масса отливки, кг.						
	До 1,0	Св.1,0 до 3,0	Св.3,0 до 10	Св.10 до 20	Св.20 до 50	Св.50 до 200	Св.200 до 500
Сталь	1,07	1,0	0,93	0,87	0,82	0,78	0,74

Таблица 11 – Значение коэффициента $K_м$ для отливок

Марка материала	Углеродистая сталь	Низколегирован-ная сталь	Легированная сталь
$K_м$	1,21	1,6	2,6

Таблица 12 – Значения коэффициента $K_п$ для отливок

Материал отливки	Группа серийности				
	1	2	3	4	5
Сталь	0,5	0,77	1,0	1,2	1,48

Таблица 13 – Группы серийности отливок в зависимости от программного задания

Группы серийности в зависимо–сти от программ–ного задания	Масса отливки, кг.						
	До 1,0	Св.1,0 до 3,0	Св.3,0 до10,0	Св.10,0 до 20,0	Св.20,0 до 50,0	Св.50,0 до 200	Св.200 до 500
1	>500000	>350000	>200000	>100000	>60000	>40000	>25000
2	100000–500000	75000–350000	30000–200000	15000–100000	10000–60000	7500–40000	4500–25000
3	50000–100000	40000–75000	20000–30000	10000–15000	5000–10000	3000–7500	2000–4500

4	20000–50000	10000–40000	5000–20000	3000–10000	1500–5000	1000–3000	800–2000
5	<20000	<10000	<5000	<3000	<1500	<1000	<800

9. Расчет стоимости поковки

Исходные данные: масса заготовки $m_{заг} = 1,95$ кг, масса детали $m_д = 1,68$ кг, материал детали 18ХГТ, годовая программа выпуска N = 400 000 штук.

Стоимость заготовок, полученных литьем, определяется по формуле:

$$C_{заг} = \left(C_i \cdot m_{заг} \cdot к_т \cdot к_с \cdot к_в \cdot к_м \cdot к_п\right) - (m_{заг} - m_д) \cdot \frac{S_{отх}}{1000}, \qquad (9)$$

где C_i – базовая стоимость одной тонны заготовок (C_i = 0,315 у.е для объёмной штамповки).

$K_т$, $K_с$, $K_в$, $K_м$, $K_п$ – коэффициенты, зависящие от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и программного задания: $K_т$ = 1,05 (таблица 14 для 1-го класса точности); $K_с$ = 0,78 (таблица 15 для 1-ой группы сложности); $K_в$ = 1,15 (таблица 16); $K_м$ = 1,27 (таблица 17 для стали 18ХГТ); $K_п$ = 0,8 (таблица 18 для $m_{заг} = 1,95$ кг и N = 400 000 штук);

$S_{отх}$ – цена 1 тонны отходов (таблица 7): $S_{отх}$ = 29,8 у.е. (легированная сталь).

$$C_{заг} = \left(0,315 \cdot 1,95 \cdot 1,05 \cdot 0,78 \cdot 1,15 \cdot 1,27 \cdot 0,8\right) - (1,95 - 1,68) \cdot \frac{29,8}{1000} = 0,58 \text{ у.е.}$$

Таблица 14 – Значение коэффициента $K_т$ для поковок.

Класс точности поковки	1-й класс	2-й класс	3-й класс
$K_т$	1,05	1,0	0,9

Таблица 15 – Значения коэффициента *Кс* для поковок

Материал поковки	Группа сложности			
	1	2	3	4
Углеродистая сталь	0,75	0,84	1,0	1,15
Сталь 15Х—50Х	0,77	0,87	1,0	1,15

Сталь18ХГТ—30ХГТ	0,78	0,88	1,0	1,14
Сталь ШХ15	0,77	0,89	1,0	1,13
Сталь 12ХМЗА—30ХНЗА	0,81	0,9	1,0	1,1

Таблица 16 – Значения коэффициента $K_в$ для поковок

Масса поковок, кг.	Материал поковок				
	Углеродистая сталь	Сталь 15Х—50Х	Сталь 18ХГТ—30ХГТ	Сталь ШХ15	Сталь 12ХМЗА—30ХНЗА
До 0,25	2,0	2,0	1,94	1,82	1,62
Свыше 0,25 до 0,63	1,85	1,64	1,61	1,52	1,42
Свыше 0,63 до 1,6	1,33	1,29	1,29	1,3	1,25
Свыше 1,6 до 2,5	1,14	1,14	1,15	1,14	1,11
Свыше 2,5 до 4,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Свыше 4,0 до 10,0	0,87	0,87	0,89	0,88	0,9

Таблица 17 – Значения коэффициента $K_м$ для поковок

Марка материала	Углеродистая сталь	Сталь 15Х—50Х	Сталь 18ХГТ—30ХГТ	Сталь ШХ15	Сталь 12ХМЗА—30ХНЗА
$K_м$	1,0	1,18	1,27	1,62	1,98

Таблица 18 – Значения коэффициента $K_п$ для поковок

Масса поковок, кг.	Значение коэффициента $K_п$ в зависимости от программного задания	
	$K_п$= 0,8	$K_п$= 1,0
До 0,25	>500 000	<500 000
Свыше 0,25 до 0,63	>300 000	<300 000
Свыше 0,63 до 1,6	>150 000	<150 000
Свыше 1,6 до 2,5	>120 000	<120 000

Свыше 2,5 до 4,0	>100 000	<100 000
Свыше 4,0 до 10,0	>75 000	<75 000
Свыше 10,0 до 25,0	>50 000	<50 000
Свыше 25,0 до 63	>30 000	<30 000

Вывод.

Таким образом, получено, что наименьшую стоимость имеет отливка $C_{заг} = 0,36$ у.е., за которой следуют прокат $C_{заг} = 0,4$ у.е. и поковка $C_{заг} = 0,58$ у.е.

Годовой экономический эффект по стоимости при получении отливки составит:

- по сравнению с прокатом: Э = $(0,4 - 0,36) \cdot 400000 = 16000$ у.е.;

- по сравнению с поковкой: Э = $(0,58 - 0,36) \cdot 400000 = 88000$ у.е.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Агафонова Л.С. Процессы формообразования и инструменты: Лабораторно- практические работы М.: Издательский центр «Академия», 2012.

2. Гоцеридзе Р.М. Процессы формообразования и инструменты: учебник для студентов учреждений СПО - М.: Издательский центр «Академия», 2007

3. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту-М.: Машиностроение, 1990

4. Справочник инструментальщика / Ординарцев И.А. - Л., Машиностроение, 1987

5. Справочник технолога-машиностроителя /А.М. Дальский, А.Г. Косилова, т.2 - М.: Машиностроение, 2002

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ЗАДАНИЕ 1

1-10 варианты

На токарно-винторезном станке 16К20 растачивают отверстие заготовки диаметром d до диаметра D. Длина отверстия l, длина заготовки l_1. Заготовку крепят в патроне. Материал заготовки, вид обработки, вид заготовки выбрать по таблице А.1. Выбрать режущий инструмент, изобразить эскиз обработки, определить режимы резания, рассчитать основное время.

Таблица А.1 - Задание 1 варианты 1-10

Вариант	Размеры заготовки, мм				Материал заготовки	Вид обработки	Вид заготовки
	d	D	l	l_1			
1	40	42H11	50	50	серый чугун, НВ230	растачивание сквозного отверстия, получистовое	отливка
2	100	110H14	30	100	сталь 20, $\sigma_в$=500 МПа	растачивание глухого отверстия, черновое	штамповка с коркой
3	80	83H11	100	100	сталь Ст5, $\sigma_в$=600 МПа	растачивание сквозного отверстия, получистовое	прокат с предварительно просверленным отверстием
4	20	22H10	50	100	латунь ЛМцЖ52-4-1, НВ100	растачивание глухого отверстия, чистовое	отливка
5	32	40H14	80	80	серый чугун, НВ 190	растачивание сквозного отверстия, черновое	отливка
6	60	66H9	50	50	сталь 45, $\sigma_в$=670 МПа	растачивание сквозного отверстия, чистовое	прокат с предварительно просверленным отверстием
7	72	75H9	25	80	сталь 45ХН, $\sigma_в$=580 МПа	растачивание глухого отверстия, получистовое	поковка с коркой
8	35	36H8	40	40	серый чугун, НВ160	растачивание сквозного отверстия, чистовое	отливка предварительно обработанная
9	60	70H14	50	120	бронза БрМц5, НВ90	растачивание глухого отверстия, черновое	поковка с коркой
10	68	70H11	40	40	сталь 45, $\sigma_в$=670 МПа	растачивание сквозного отверстия, получистовое	прокат с предварительно просверленным отверстием

11-20 варианты

На токарно-винторезном станке 16К20 подрезают торец заготовки диаметром D до диаметра d, обработка предварительная. Длина детали l=100 мм. Припуск на обработку h. Заготовку крепят в патроне. Материал заготовки, вид обработки, вид заготовки выбрать по таблице А.2. Выбрать режущий инструмент, изобразить эскиз обработки, определить режимы резания, рассчитать основное время.

Таблица А.2 - Задание 1 варианты 11-20

Вариант	Размеры заготовки, мм			Материал заготовки	Вид обработки	Вид заготовки
	d	D	h			
11	0	40	1,5	серый чугун, НВ200	подрезка сплошного торца	отливка с коркой
12	50	100	2,0	латунь ЛМцЖ52-4-1, НВ70	подрезка торца с отверстием	отливка с коркой
13	0	80	1,5	сталь Ст5, $\sigma_в$=600 МПа	подрезка сплошного торца	прокат
14	0	25	1,0	сталь 20Л, $\sigma_в$=560 МПа	подрезка сплошного торца	отливка с коркой
15	60	120	2,5	сталь 40Х, $\sigma_в$=670 МПа	подрезка торца с отверстием	штамповка
16	25	75	1,5	серый чугун, НВ 190	подрезка торца с отверстием	отливка с коркой
17	0	180	3,0	серый чугун, НВ 220	подрезка сплошного торца	отливка с коркой
18	30	80	2,3	бронза БрМц5, НВ90	подрезка торца с отверстием	поковка
19	80	200	3,5	сталь 45, $\sigma_в$=780 МПа	подрезка торца с отверстием	штамповка
20	0	32	1,3	сталь 12Х18Н10Т, $\sigma_в$=600 МПа	подрезка сплошного торца	прокат

21-30 варианты

На токарно-винторезном станке 16К20 прорезают канавку на заготовке/отрезают заготовку диаметром D до диаметра d, обработка окончательная. Ширина канавки b. Длина детали l=100 мм. Заготовку крепят в патроне. Материал заготовки, вид заготовки выбрать по таблице А.3. Выбрать режущий инструмент, изобразить эскиз обработки, определить режимы резания, рассчитать основное время.

Таблица А.3 - Задание 1 варианты 21-30

Вариант	Размеры заготовки, мм			Материал заготовки	Вид заготовки
	d	D	b		
21	38	40	1,6	серый чугун, НВ200	отливка
22	96	100	3,0	сталь 40Г, σ_B=760 МПа	отливка
23	78	80	2,0	сталь Ст5, σ_B=600 МПа	прокат
24	24	25	1,0	сталь 40ХН, σ_B=560 МПа	поковка
25	110	120	4,0	сталь 40Х, σ_B=670 МПа	штамповка
26	70	75	3,0	сталь 38ХН3МА, σ_B=560 МПа	прокат
27	0	20	2,0	бронза БрМц5, НВ90	прокат
28	0	35	3,0	сталь 45, σ_B=780 МПа	прокат
29	0	18	2,0	сталь 12Х18Н10Т, σ_B=600 МПа	прокат
30	0	25	3,0	сталь 18ХГТ, σ_B=800 МПа	прокат

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ЗАДАНИЕ 2

На вертикально-сверлильном станке 2Н135 обрабатывают отверстие диаметром d до диаметра D на глубину *l*, длина заготовки l_1. Параметр шероховатости Ra. Материал заготовки, вид обработки, вид заготовки выбрать по таблице Б.1. Выбрать режущий инструмент, изобразить эскиз обработки, определить режимы резания, рассчитать основное время.

Таблица Б.1. – Задание 2

Вариант	Размеры заготовки, мм				Материал заготовки	Вид обработки	Вид заготовки
	d	D	l	l_1			
1	15	18Н10	30	30	сталь 09Г2С, $\sigma_в$ =480 МПа	зенкерование сквозного отверстия, Ra3,2	прокат с предварительно просверленным отверстием
2	43	44,7Н11	25	25	латунь ЛК80-3, НВ110	зенкерование сквозного отверстия, Ra3,2	отливка с коркой
3	22,7	23Н9	40	60	латунь ЛК80-3, НВ110	развертывание глухого отверстия, Ra2,5	штамповка с просверленным отверстием
4	16	17Н11	30	75	сталь 35, $\sigma_в$ =420 МПа	зенкерование глухого отверстия, Ra6,3	штамповка с просверленным отверстием
5	24,7	25Н9	40	40	силумин, НВ70	развертывание сквозного отверстия, Ra2,5	штамповка с просверленным отверстием
6	34,5	36Н11	35	80	силумин, НВ100	зенкерование глухого отверстия, Ra6,3	штамповка с просверленным отверстием
7	22,5	23,8Н10	20	70	сталь 50, $\sigma_в$ =620 МПа	зенкерование глухого отверстия, Ra6,3	прокат с предварительно просверленным отверстием
8	24	24,8Н9	30	30	серый чугун, НВ180	развертывание сквозного отверстия,	отливка с предварительно обработанным отверстием

Вариант	Размеры заготовки, мм				Материал заготовки	Вид обработки	Вид заготовки
	d	D	l	l_1			
						Ra2,5	
9	32	32,4H9	45	45	сталь 20Л, $\sigma_в$ =720 МПа	развертывание сквозного отверстия, Ra2,5	отливка с предварительно обработанным отверстием
10	49,7	50H9	25	100	латунь ММцОС58-2-2-2, НВ90	развертывание глухого отверстия, Ra2,0	штамповка с предварительно обработанным отверстием
11	34	36H11	80	80	серый чугун, НВ180	зенкерование сквозного отверстия, Ra6,3	отливка с предварительно обработанным отверстием
12	29,6	30H8	20	40	сталь Ст3, $\sigma_В$=420 МПа	развертывание глухого отверстия, Ra2,0	штамповка, отверстие после зенкерования
13	40	42H11	50	50	серый чугун, НВ230	зенкерование сквозного отверстия, Ra3,2	отливка с коркой
14	10	10,5H9	30	100	сталь 20, $\sigma_В$=500 МПа	развертывание глухого отверстия, Ra2,5	прокат с предварительно просверленным отверстием
15	50	54H10	100	100	сталь Ст5, $\sigma_В$=600 МПа	зенкерование сквозного отверстия, Ra3,2	прокат с предварительно просверленным отверстием
16	20,5	21H6	50	100	латунь ЛМцЖ52-4-1, НВ100	развертывание глухого отверстия, Ra1,6	отливка, отверстие после зенкерования
17	37	40H11	80	80	серый чугун, твердость НВ 190	зенкерование сквозного отверстия, Ra6,3	отливка с просверленным отверстием
18	65	66H9	50	50	сталь 45, $\sigma_В$=670 МПа	развертывание сквозного отверстия, Ra2,5	прокат с предварительно обработанным отверстием
19	30	50H12	40	80	сталь 40Х, $\sigma_В$=600 МПа	рассверливание глухого отверстия Ra6,3	прокат с просверленным отверстием

Вариант	Размеры заготовки, мм				Материал заготовки	Вид обработки	Вид заготовки
	d	D	l	l_1			
20	50	60Н12	50	50	серый чугун, НВ 190	рассверливание сквозного отверстия Ra12,5	отливка с коркой
21	25	45Н14	35	35	латунь ЛМцЖ52-4-1, НВ100	рассверливание сквозного отверстия Ra12,5	отливка с коркой
22	70	75Н13	100	100	сталь 20, σ_B=720 МПа	рассверливание сквозного отверстия Ra12,5	поковка с отверстием
23	25	36	22	100	сталь 38ХНМА, σ_B=800 МПа	рассверливание глухого отверстия Ra6,3	прокат
24	25	30Н12	22	100	бронза Бр05Ц6С5, НВ110	рассверливание глухого отверстия Ra10,0	отливка с коркой
25	80	85Н12	70	70	серый чугун, НВ 220	рассверливание сквозного отверстия Ra12,5	отливка с коркой
26	25	36Н12	52	100	бронза БрМц5, НВ90	рассверливание глухого отверстия Ra10,0	прокат
27	15	18	36	36	серый чугун, НВ 190	рассверливание сквозного отверстия Ra12,5	отливка с коркой
28	28	36Н13	40	40	сталь 38ХНМА, σ_B=800 МПа	рассверливание сквозного отверстия, Ra6,3	прокат
29	16,6	17Н8	25	80	серый чугун, НВ230	развертывание глухого отверстия, Ra2,0	отливка с коркой
30	30	32Н11	50	50	сталь 10, σ_B=520 МПа	зенкерование сквозного отверстия, Ra3,2	штамповка, отверстие после зенкерования

ПРИЛОЖЕНИЕ В

ЗАДАНИЕ 3

Вариант 1-10. На вертикально-фрезерном станке 6Т13 концевой фрезой фрезеруют сквозной паз шириной b, глубиной h и длиной l. Поверхность заготовки предварительно обработана. Материал заготовки указан в таблице В.1. Выбрать режущий инструмент, изобразить эскиз обработки, определить режимы резания, рассчитать основное время.

Таблица В.1 - Задание 3 варианты 1-6

Вариант	Размеры заготовки, мм			Материал заготовки
	b	h	l	
1	16	4,0	30	серый чугун, НВ200
2	10	2,0	20	сталь 40Г,σ_B=760 МПа
3	20	3,5	80	сталь Ст5, σ_B=600 МПа
4	6	3,0	25	сталь 40ХН, σ_B=560 МПа
5	25	5,0	50	сталь 40Х, σ_B=670 МПа
6	12	2,5	70	сталь 38ХН3МА, σ_B=560 МПа
7	22	3,0	50	серый чугун, НВ240
8	28	3,5	45	сталь Ст5, σ_B=600 МПа
9	14	2,0	20	сталь 40ХН, σ_B=560 МПа
10	16	2,8	32	сталь 40Х, σ_B=670 МПа

Вариант 11-20. На горизонтально-фрезерном станке 6Т82Г производится фрезерование паза шириной В и длиной *l* дисковой фрезой, припуск на обработку h. Материал заготовки указан в таблице В.2. Выбрать режущий инструмент, изобразить эскиз обработки, определить режимы резания, рассчитать основное время

Вариант	Размеры заготовки, мм			Материал заготовки
	В	h	l	
11	10	4,0	300	серый чугун, НВ160
12	16	8,0	280	сталь 35ХН, σ_B=700 МПа
13	25	5,0	180	сталь Ст5, σ_B=450 МПа
14	18	6,0	250	сталь 40Х, σ_B=670 МПа
15	28	20,0	320	сталь 12Х18Н10Т, σ_B=550 МПа
16	14	10,0	170	сталь 38ХН3МА, σ_B=560 МПа
17	12	3,0	100	серый чугун, НВ240

18	16	4,0	25	сталь Ст5, σ_B=600 МПа
19	18	4,5	40	сталь 40ХН, σ_B=560 МПа
20	25	5,0	75	сталь 40Х, σ_B=670 МПа

Вариант 21-30. На вертикально-фрезерном станке 6Т13 производится торцовое фрезерование плоской поверхности шириной В и длиной *l*, припуск на обработку h. Материал заготовки, вид обработки, вид заготовки выбрать по таблице В.3. Выбрать режущий инструмент, изобразить эскиз обработки, определить режимы резания, рассчитать основное время

Вариант	Размеры заготовки, мм			Материал заготовки	Вид обработки	Вид заготовки
	B	h	*l*			
21	80	4,0	360	серый чугун, НВ190	фрезерование черновое	отливка с коркой
22	100	8,0	200	сталь 40ХН, σ_B=700 МПа	фрезерование черновое	прокат
23	65	1,5	180	латунь Л63, НВ100	фрезерование чистовое, Ra1,6	отливка
24	130	6,0	500	сталь 40Х, σ_B=670 МПа	фрезерование получистовое	поковка
25	200	2,5	320	сталь 12Х18Н10Т, σ_B=550 МПа	фрезерование чистовое	прокат
26	180	10,0	800	сталь 38ХН3МА, σ_B=560 МПа	фрезерование черновое	отливка с коркой
27	60	5,0	100	серый чугун, НВ240	фрезерование черновое	отливка с коркой
28	90	10,0	150	сталь Ст5, σ_B=600 МПа	фрезерование черновое	штампов ка
29	125	1,5	180	сталь 40ХН, σ_B=560 МПа	фрезерование чистовое	прокат
30	180	8,0	220	сталь 40Х, σ_B=670 МПа	фрезерование черновое	поковка

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Токарно-винторезный станок 16К20

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм: над станиной — 400; над суппортом — 220. Наибольшая длина обрабатываемого изделия 2000 мм. Высота резца, устанавливаемого в резцедержателе, 25 мм. Мощность двигателя - 10 кВт; КПД станка - 0,75.

Частота вращения-шпинделя, мин^{1}: 12,5; 16: 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80, 100; 125; 160; 200; 250; ,315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600.

Продольная подача, мм/об: 0,05; 0,06; 0,075; 0,09; 0,1;0,125; 0,13; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0.6; 0,7; 0,8; 1; 1,2; 1,4; 1,6; 2; 2,4; 2,8.

Поперечная подача, 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; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1; 1,2; 1,4.

Максимальная осевая составляющая силы резания, допускаемая механизмом подачи - 6000 Н.

Вертикально-сверлильный станок 2Н135

Наибольший диаметр обрабатываемого отверстия в заготовке из стали 35 мм. Мощность двигателя - 4,5 кВт; КПД станка - 0,8.

Частота вращения шпинделя, мин$^{-1}$: 31,5; 45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400.

Подача, 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

- 15 000 Н.

Вертикально-фрезерный станок 6Т13

Площадь рабочей поверхности стола 400х1600 мм. Мощность двигателя - 11 кВт; КПД станка - 0,8.

Частота вращения шпинделя, мин$^{-1}$: 16;. 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500;' 630; 800; 1000; 1250; 1600.

Скорости продольного и поперечного движения подачи стола, мм/мин: 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63;.80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250. Скорость вертикального движения подачи стола, мм/мин: 4,1; 5,3; 6,6; 8; 10,5; 13,3; 16,6; 21; 26,6; 33,3; 41,6; 53,5; 66,6; 83,3; 105; 133,3; 166,6; 210; 266,6; 333,3; 400. Максимальная сила резания, допускаемая механизмом движения подачи, Н: продольного — 20 000, поперечного — 12 000, вертикального — 8000.

Горизонтально-фрезерный станок 6Т82Г

Площадь поверхности стола 320х1260 мм. Мощность двигателя - 7,5 кВт; КПД станка - 0,8.

Частота вращения, скорость продольного, поперечного и вертикального движения подачи стола такие же, как у станка 6Т13

Максимальная сила резания, допускаемая механизмом подачи, Н: продольной - 15 000; поперечной — 12 000; вертикальной — 5000.