

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова»
Многопрофильный колледж



УТВЕРЖДАЮ
Директор
С.А. Махновский
«23» марта 2017 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
ОП.06 ПРОЦЕССЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ И ИНСТРУМЕНТЫ
программы подготовки специалистов среднего звена
по специальности СПО
15.02.01 Монтаж и техническая эксплуатация промышленного
оборудования (по отраслям)**

Магнитогорск, 2017

ОДОБРЕНО

Предметно-цикловой комиссией
Механического и гидравлического
оборудования
Председатель: О.А. Тарасова
Протокол №7 от 14 марта 2017 г.

Методической комиссией

Протокол №4 от 23 марта 2017 г.

Разработчик

В.И. Шишняева,
преподаватель МпК ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»

Методические указания разработаны на основе рабочей программы учебной дисциплины «Процессы формообразования и инструменты».

СОДЕРЖАНИЕ

1 ВВЕДЕНИЕ	4
Практическое занятие № 1 Изучение основных элементов токарного проходного прямого резца	6
Практическое занятие № 2 Определение режимов резания для обработки цилиндрической поверхности на токарном станке	6
Практическое занятие № 3 Определение режимов резания для процесса протягивания.....	13
Практическое занятие № 4 Изучение геометрических параметров режущей части сверл, зенкеров и разверток.....	13
Практическое занятие № 5 Выбор режимов резания при сверлении, зенкеровании, развертывании и рассверливании.....	14
Практическое занятия № 6 Изучение геометрических параметров режущей части цилиндрической, торцевой и дисковой фрез.....	20
Практическое занятие № 7 Выбор режимов резания при фрезеровании по эмпирическим формулам	22
Практическое занятие № 8 Решение задач на определение режимов резания для процесса шлифования	24

1 ВВЕДЕНИЕ

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки студентов составляют практические занятия.

Состав и содержание практических работ направлены на реализацию действующего федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование профессиональных практических умений (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности).

В соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Процессы формообразования и инструменты» предусмотрено проведение практических работ.

В результате освоения дисциплины обучающийся **должен уметь:**

- У1. выбирать режущий инструмент и назначать режимы резания в зависимости от условий обработки;
- У2. рассчитывать режимы резания при различных видах обработки.

Содержание дисциплины ориентировано на подготовку студентов к освоению профессиональных модулей программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению профессиональными компетенциями:

ПК 1.1. Руководить работами, связанными с применением грузоподъемных механизмов, при монтаже и ремонте промышленного оборудования.

ПК 1.2. Проводить контроль работ по монтажу и ремонту промышленного оборудования с использованием контрольно-измерительных приборов.

ПК 1.3. Участвовать в пусконаладочных работах и испытаниях промышленного оборудования после ремонта и монтажа.

ПК 1.4. Выбирать методы восстановления деталей и участвовать в процессе их изготовления.

ПК 1.5. Составлять документацию для проведения работ по монтажу и ремонту промышленного оборудования.

ПК 2.1. Выбирать эксплуатационно-смазочные материалы при обслуживании оборудования.

ПК 2.2. Выбирать методы регулировки и наладки промышленного оборудования в зависимости от внешних факторов.

ПК 2.3. Участвовать в работах по устранению недостатков, выявленных в процессе эксплуатации промышленного оборудования.

ПК 2.4. Составлять документацию для проведения работ по эксплуатации промышленного оборудования.

ПК 3.1. Участвовать в планировании работы структурного подразделения.

ПК 3.2. Участвовать в организации работы структурного подразделения.

ПК 3.3. Участвовать в руководстве работой структурного подразделения.

ПК 3.4. Участвовать в анализе процесса и результатов работы подразделения, оценке экономической эффективности производственной деятельности.

В процессе освоения дисциплины у студентов должны формироваться общие компетенции:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для

эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.

Выполнение студентами **практических работ** по учебной дисциплине «Процессы формообразования и инструменты» направлено на

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;
- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;
- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;
- выработку при решении поставленных задач профессионально значимых качеств, таких как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Продолжительность выполнения практической работы составляет не менее двух академических часов и проводится после соответствующей темы, которая обеспечивает наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

Тема 1.2 Точение

Практическое занятие № 1

Изучение основных элементов токарного проходного прямого резца

Цель работы: формирование умений определения основных элементов токарного проходного прямого резца

Выполнив работу, Вы будете уметь: применять токарные проходные резцы

Задание:

- изучить основные элементы токарного проходного прямого резца

Порядок выполнения работы:

1. Получить от преподавателя образец токарного проходного прямого резца.
2. Изучить назначение всех элементов токарного проходного прямого резца.
3. Произвести замер углов: $\alpha, \beta, \gamma, \delta$
4. Выполнить геометрию режущей части резца
5. Ответьте на вопрос: На каких плоскостях и видах измеряют углы заточки резца?

Форма представления результата:

- Выполнить работу в письменном виде в тетради для практических работ.
- Отчет о проделанной работе выполняется в соответствии с заданием.
- Зачет выставляется после устного собеседования с преподавателем.

Тема 1.2 Точение

Практическое занятие № 2

Определение режимов резания для обработки цилиндрической поверхности на токарном станке

Цель работы: формирование умений решения задач на определение режимов резания для обработки цилиндрической поверхности на токарном станке

Выполнив работу, Вы будете уметь: решать задачи на определение режимов резания для обработки цилиндрической поверхности

Задание:

На токарно-винторезном станке мод. 16К20 обрабатывается (точение на проход) вал диаметром D до диаметра d на длине $l_1 = 0,8 \cdot l$. Длина вала l . Способ крепления заготовки на станке выбрать самостоятельно (см. Рис. 1).

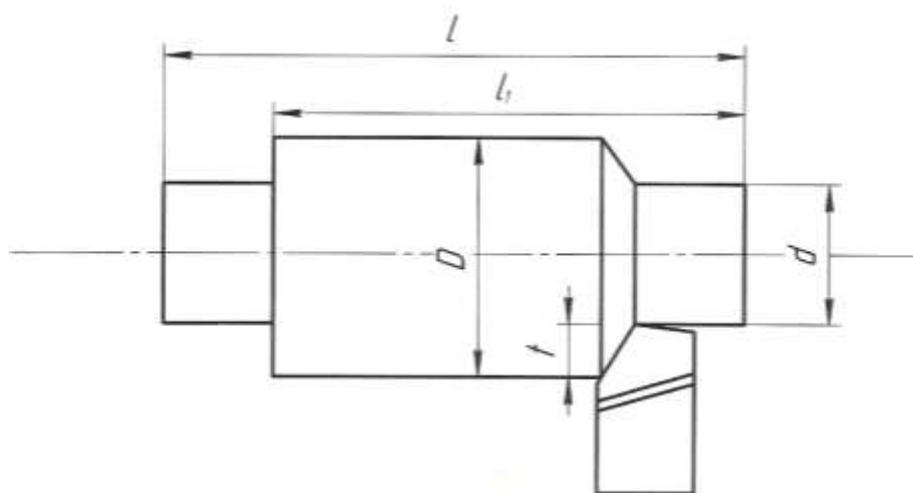


Рис. 1

Таблица 1

Исходные данные

№ варианта	Марка обрабатываемого материала	Механические свойства		Диаметр заготовки D, мм	Диаметр детали, мм	Длина детали L, мм	Шероховатость Ra, мкм	Точность мм
		σ , МПа	НВ					
1	Сталь 15ХА	735	-	85	80	300	6,3	h11
2	Сталь 18ХГ	884	-	75	70	250	6,3	h9
3	Сталь 20ХГР	980	-	75	65	200	3,2	h12
4	Сталь 40ХГТ	1470	-	95	88	350	6,3	h9
5	Сталь 33ХС	884	-	62	55	225	3,2	h11
6	Сталь 40ХС	1225	-	72	65	400	3,2	h10
7	Сталь 20Х	800	131	72	68	250	1,6	h12
8	Сталь 18ХГТ	1000	156	115	108	400	3,2	h10
9	Сталь 25 ХГМ	1200	205	112	105	500	3,2	h8
10	Сталь 12ХН3А	950	156	45	38	250	6,3	h9
11	Сталь 30Х	900	163	125	118	400	6,3	h9
12	Сталь 30ХН3А	1000	228	72	68	350	6,3	h9
13	Сталь 40ХН2МА	1100	235	42	38	250	3,2	h12
14	Сталь 20ХГСА	780	-	110	104	600	6,3	h11
15	Сталь 27ХГР	950	-	85	78	250	6,3	h10

Краткие теоретические сведения:

Выбор режимов резания при точении

От выбора режима резания (глубины резания, подачи и скорости резания) зависит производительность труда, качество и стоимость изготовления обрабатываемых деталей.

Токарь должен уметь правильно выбирать режимы резания, исходя из наилучшего использования режущих свойств резца и мощности станка при обеспечении заданных точности и чистоты обработки.

1. Глубина резания

Припуск на обработку можно снять в один или несколько проходов; выгоднее работать с возможно меньшим количеством проходов. Следует весь припуск снимать за один проход, если мощность и прочность станка, а также прочность резца и жесткость обрабатываемой детали допускают это. Если же припуск на обработку велик, а обработанная поверхность

должна быть точной и чистой, следует припуск распределить на два прохода, оставляя на чистовую обработку 0,5—1 мм на сторону или 1—2 мм по диаметру.

Глубину резания необходимо назначать возможно большей с тем, чтобы сократить число проходов и повысить производительность обработки.

При необходимости получения высокой точности и низкой шероховатости надо разделить припуск на черновой и чистовой, имея в виду, что увеличение глубины резания при чистовой обработке ведет к уменьшению в значительной степени величины подачи, а следовательно, к возможной потере производительности.

Припуск t_0 на обработку при продольном точении определяется как полуразность диаметров заготовки D и обработанной детали d , мм:

$$t_0 = (D - d) / 2 \quad (1)$$

Если обработка ведется за один проход, то глубина резания равна припуску. На окончательных операциях припуск не должен быть больше 0,5мм, на промежуточных – от 0,5 до 5мм, на черновых – может быть больше 5мм.

2. Подача

Для получения наибольшей производительности следует работать с возможно большими подачами.

Величина подачи при черновой обработке - ограничивается жесткостью детали, прочностью резца и слабых звеньев механизма подачи станка.

На выбор подачи накладывается ряд ограничений.

При черновой обработке подача ограничена:

- 1) прочностью державки резца;
- 2) прочностью пластинки твердого сплава;
- 3) прочностью механизма подачи станка;
- 4) жесткостью державки резца;
- 5) жесткостью обрабатываемой детали;

При черновой обработке ограничения связаны, прежде всего, с действующей силой резания.

При чистовой обработке ограничения связаны с качеством обработанной поверхности.

При этом подача ограничена:

- 1) точностью обработки;
- 2) шероховатостью обработанной поверхности;
- 3) жесткостью обрабатываемой детали;
- 4) жесткостью державки резца.

При работе лезвийным инструментом из быстрорежущей стали подача не должна быть менее 0,01...0,03 мм/об., а из твердого сплава – менее 0,1 мм/об.

Примерные подачи для чернового точения указаны в таблице 2.

Таблица 2 - Рекомендуемые подачи при обработке металлов по методу В. А. Колесова (по данным Уралмашзавода).

Глубина резания в мм	Проходные резцы			Подрезные резцы		
	сталь		чугун и бронза	сталь		чугун и бронза
	$\sigma = 50-80$ кг/мм ²	$\sigma = 80-120$ кг/мм ²		$\sigma = 50-80$ кг/мм ²	$\sigma = 80-120$ кг/мм ²	
Рекомендуемые подачи в мм/об						
0,5-1	2-3	1,5-2,5	2,5-4	1,8-2,4	1,5-2	2-3
1,5-2	1,8-2,4	1,2-2	2-3	1,4-2	1,2-1,8	1,8-2,5
3-4	1,2-2	0,8-1,2	1,5-2,5	1-1,5	0,8-1,2	1,5-2

Примечание.

Меньшие значения подач приведены для более прочных материалов, большие – для менее прочных.

Величина подачи при получистовой и чистовой обработке определяется требованиями чистоты обработанной поверхности и точности детали. Примерные подачи для получистового точения указаны в таблице 3

Таблица 3 - Средние подачи при получистовом точении стали

Радиус r вершины резца в мм	Класс чистоты поверхности		
	< 4	< 5	< 6
	Величина подачи в мм/об		
0,5	0,45-0,55	0,25-0,4	0,15-0,25
1	0,57--0,65	0,36-0,45	0,18-0,35
2	0,67-0,7	0,5-0,55	0,25-0,4

3. Скорость резания

Скорость резания зависит главным образом от обрабатываемого материала, материала и стойкости резца, глубины резания, подачи и охлаждения.

На основании опыта токарей-скоростников передовых заводов и лабораторных исследований разработаны специальные таблицы, по которым можно выбрать необходимую скорость резания при обработке твердосплавными резцами.

Расчет скорости резания

Расчет скорости резания выполняется отдельно для черновой и чистовой обработки по общей эмпирической формуле:

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

где $K_v = K_1 K_2 K_3 K_4 K_5$ – поправочный коэффициент, учитывающий конкретные условия обработки

K_1 – коэффициент, учитывающий влияние марки инструментального материала;

K_2 – коэффициент, учитывающий стойкость резца;

K_3 – коэффициент, учитывающий поперечное сечение стержня резца;

K_4 – коэффициент, учитывающий влияние главного угла в плане;

K_5 - коэффициент, учитывающий работу с охлаждением;

C_v, m, X_v, Y_v – эмпирические коэффициент и показатели степеней [5];

T-период стойкости инструмента, мин; выбирается по справочникам.

Поправочные коэффициенты к скорости резания при работе быстрорежущими резцами:

K_1

K_1		
Материал заготовки	Механические характеристики, $\sigma_{в.р}$, МПа	K_1
Сталь углеродистая	400-500	2,63
	500-700	1,7
	700-900	1
Сталь хромистая	500-700	2,2
	700-900	1,4
	900-1100	1,0
Сталь хромоникелевая	500-700	2,2
	700-900	1,45
	900-1100	1,0

Поправочный коэффициент к скорости резания в зависимости от периода стойкости резца: K_2

K_2						
Период стойкости Т резца, мин	30	40	90	120	180	240
Сталь углеродистая	1,09	1,05	0,95	0,92	0,87	0,84

Поправочный коэффициент к скорости резания в зависимости от поперечного сечения стержня резца: K_3

Поперечное сечение стержня резца ВхН, мм ²	K_3
	Материал заготовки – Сталь
12х12; 10х16	0,85
16х16; 12х20	0,9
20х20; 16х25	0,95
30х30; 25х40	1,06
40х40; 30х33	1,12
40х60	1,18

Поправочный коэффициент к скорости резания в зависимости от главного угла в плане: K_4

Главный угол в плане φ	K_4
	Материал заготовки – Сталь
30	1,3
60	0,83
75	0,72
90	0,64

Поправочный коэффициент к скорости резания при работе с охлаждением: K_5

K_5		
Материал заготовки	Механические характеристики, $\sigma_{в.р}$, МПа	K_5
Сталь углеродистая	300-600	1,25
	600-800	1,2
	800-900	1,15
Сталь хромистая и хромоникелевая	500-600	1,25
	600-800	1,2
	800-1100	1,15

Т-период стойкости инструмента, мин; выбирается по справочникам.

Инструмент	Период стойкости инструмента Т, мин
Токарный проходной прямой резец из быстрорежущей стали	60
Токарный проходной прямой резец с пластинками из твердого сплава	100
Токарный проходной упорный резец из быстрорежущей стали	80
Токарный проходной упорный резец с пластинками из твердого сплава	120

После получения расчетных скоростей вычисляются частоты вращения n шпинделя:

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

где D – наибольший диаметр, мм (при черновом точении – диаметр заготовки, при чистовом – диаметр предварительно обработанной поверхности).

Расчетные значения n корректируются по паспорту станка.

Если ближайшее большее значение частоты вращения шпинделя превышает расчетное не более чем на 5%, то для дальнейших расчетов принимается оно. В противном случае принимается ближайшее меньшее значение n .

Проверяется выполнение условия: $M_p = P_z D / 2 \leq M_{доп}$

Далее необходимо рассчитать действительные скорости резания с учетом откорректированных частот вращения:

$$V = \pi D n / 1000, \text{ м/мин.}$$

В качестве примера в табл. 6 приводятся рекомендуемые скорости резания для различных глубин резания и подач при продольном точении конструкционных углеродистых и легированных сталей с пределом прочности при растяжении $\sigma_b = 75 \text{ кг/мм}^2$ твердосплавными резцами Т15К6.

Скорости резания, указанные в табл. 6, рассчитаны на определенные условия резания. Они предусматривают обработку точением сталей $\sigma_b = 75 \text{ кг/мм}^2$ твердосплавными резцами Т15К6 с главным углом в плане $\phi = 45^\circ$ при стойкости резца $T = 90$ мин.

При условиях, отличающихся от указанных в табл. 6, следует табличные данные по скорости резания помножить на соответствующие коэффициенты, приводимые ниже.

Таблица 6- Режимы резания при точении конструкционных и легированных сталей с пределом прочности при разрыве $\sigma_b = 75 \text{ кг/мм}^2$ резцами с пластинками Т15К6

Глубина резания t , в мм	Режим резания	Подача, мм/об								
		0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
1	V , м/мин	270	247	234	223	216	-	-	-	-
	P_z , кг	34	46	58	67	78	-	-	-	-
	$N_{э}$, кВт	1,5	1,9	2,2	2,4	2,8	-	-	-	-
1,5	V , м/мин	248	231	216	206	200	180	-	-	-
	P_z , кг	51	68	85	100	117	143	-	-	-
	$N_{э}$, кВт	2,1	2,6	3,1	3,4	3,9	4,3	-	-	-
2	V , м/мин	-	220	207	198	191	171	158	149	-
	P_z , кг	-	95	114	133	157	191	228	259	-
	$N_{э}$, кВт	-	3,3	3,9	4,4	4,0	5,4	6,0	6,4	-
3	V , м/мин	-	-	192	183	177	159	146,	138	132
	P_z , кг	-	-	172	200	235	286	340	388	438
	$N_{э}$, кВт	-	-	5,5	6,0	6,9	7,5	8,2	8,9	9,6
4	V , м/мин	-	-	-	176	169	152	141,	132	125
	P_z , кг	-	-	-	266	313	382	455	518	585
	$N_{э}$, кВт	-	-	-	7,7	8,8	9,6	10,6	11,3	12,1

1.4. Расчет мощности привода

Таким образом, рассчитаны все элементы режима резания: V , S , и t . Теперь необходимо проверить достаточность мощности предварительно выбранного станка. Проверку обычно производят только для черновой обработки.

Эффективную мощность, затрачиваемую на резание, рассчитывают по формуле:

$$N_{\text{э}} = P_z V / (60 \cdot 1020), \text{ кВт}$$

Подставив вместо P_z и V их выражение из соответствующих формул, получим:

$$N_{\text{э}} = 10 C_p t^{X_p} S^{Y_p} K_p V / (60 \cdot 1020), \text{ кВт}$$

Мощность привода станка рассчитывается с учетом его КПД:

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{э}} / \eta$$

где η – коэффициент полезного действия станка.

Полученный результат сравнивают с паспортной мощностью и при необходимости корректируют параметры режима резания или выбирают другой станок.

1.5. Расчет основного времени

Основное время рассчитывается по формуле

$$T_{\text{маш}} = L_{\text{рх}} / (n S), \text{ мин,}$$

где $L_{\text{рх}} = L + l_1 + l_2$ – длина рабочего хода инструмента с учетом врезания и перебега, мм;

L – длина обрабатываемой поверхности, мм;

l_1 – длина врезания, мм ($l_1 = t / \tan \phi$);

l_2 – перебег, мм ($l_2 = 0,672 t$).

Порядок выполнения работы:

1. Изучить методические указания по выполнению работы.
2. Получить у преподавателя исходные данные для выполнения работы в соответствии с вариантом.
3. Выбрать режущий инструмент.
4. По индивидуальным данным составить эскиз обработки.
5. Выполнить расчет режима резания:
 - а) глубина резания;
 - б) скорость резания;
 - в) подача,
 - г) мощность привода
4. Определить машинное время
5. Заполнить таблицу 1 «Операционная технологическая карта»

Таблица 1

Операционная технологическая карта

№ п/п	Наименование операции	Оборудование, оснастка	Режущий инструмент	Содержание переходов	Режим резания	Норма времени
1						

Форма представления результата:

- Выполнить работу в письменном виде в тетради для практических работ.
- Отчет о проделанной работе выполняется в соответствии с заданием.
- Зачет выставляется после устного собеседования с преподавателем.

Тема 1.4 Протягивание

Практическое занятие № 3

Определение режимов резания для процесса протягивания

Цель работы: формирование умений определять режимы резания для процесса протягивания

Выполнив работу, Вы будете уметь: применять протягивание для обработки внутренних и наружных поверхностей

Задание:

1. Определить диаметр отверстия после протягивания, если число рабочих зубьев круглой протяжки равно 28, подача на зуб составляет 0,06 мм/зуб, а диаметр исходного отверстия заготовки равен D .

Исходные данные

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
D	62	65	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92

Порядок выполнения работы:

1. Изучить конструкцию круглых внутренних протяжек
2. Выполнить схему обработки заготовки на протяжных станках
3. Выполнить расчет режимов резания:
 - а) глубина резания;
 - б) скорость резания;
 - в) сила резания
 - г) мощность
2. Определить машинное время
3. Ответить на вопрос

Сколько рабочих зубьев должна иметь плоская протяжка, если на вертикально-протяжном станке с заготовки срезают припуск величиной 1,6 мм, а подача составляет 0,12 мм/зуб?

Форма представления результата:

- Выполнить работу в письменном виде в тетради для практических работ.
- Отчет о проделанной работе выполняется в соответствии с заданием.
- Зачет выставляется после устного собеседования с преподавателем.

Тема 1.5 Сверление, зенкерование, развертывание и растачивание

Практическое занятие № 4

Изучение геометрических параметров режущей части сверл, зенкеров и разверток

Цель работы: формирование умений определения геометрических параметров режущей части сверл, зенкеров и разверток

Выполнив работу, Вы будете уметь: применять обработку на сверлильных станках

Задание:

Изучить основные элементы инструментов для обработки отверстий

Порядок выполнения работы:

1. Получить от преподавателя образцы сверл, зенкеров и разверток
2. Изучить элементы режущей части сверла, зенкера и развертки
3. Выполнить схемы резания сверления, зенкерования и развертывания
4. Произвести замер составных частей и угла заточки 2φ
5. Выполнить эскиз спирального сверла, с проставлением размеров

Форма представления результата:

- Выполнить работу в письменном виде в тетради для практических работ.
- Отчет о проделанной работе выполняется в соответствии с заданием.
- Зачет выставляется после устного собеседования с преподавателем.

Тема 1.5 Сверление, зенкерование, развертывание и растачивание

Практическое занятие № 5

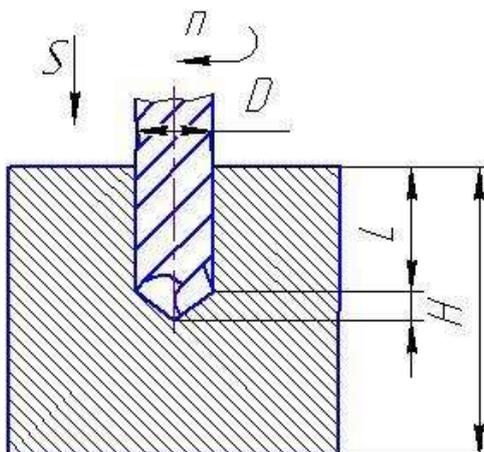
Выбор режимов резания при сверлении, зенкерании, развертывании и рассверливании

Цель работы: формирование умений выбора режимов резания при обработке отверстий, научиться пользоваться справочной литературой.

Выполнив работу, Вы будете уметь: решать задачи на определение режимов резания при сверлении зенкерании, развертывании и рассверливании.

Задание:

Выбрать режимы резания при сверлении отверстия диаметром D и глубиной L в заготовке толщиной H . Станок вертикально-сверлильный мод. 2Н135.



Исходные параметры к заданию приведены в таблице 1

Таблица 1 – Исходные данные

№ вар.	$D, мм$	$L, мм$	$H, мм$	№ вар.	$D, мм$	$L, мм$	$H, мм$
1	15	40	60	26	23,1	35	50
2	16	25	40	27	22,8	40	60
3	17	15	20	28	21,2	35	50
4	18	50	50	29	20,7	40	40
5	19	40	40	30	19,2	30	55

<i>№ вар.</i>	<i>D,мм</i>	<i>L,мм</i>	<i>H, мм</i>	<i>№ вар.</i>	<i>D,мм</i>	<i>L,мм</i>	<i>H, мм</i>
5	20	30	40	31	18,8	25	25
7	21	80	80	32	11,5	35	60
8	22	20	30	33	10	45	60
9	23	60	80	34	10,5	45	70
10	24	45	60	35	14	45	60
11	25	35	50	36	11	20	20
12	26	40	40	37	12	30	30
13	27	60	80	38	13	25	25
14	28	90	90	39	14,5	25	50
15	29	35	50	40	15,5	35	50
16	30	60	80	41	16,5	50	70
17	28	40	70	42	17,5	35	35
18	29	20	20	43	18,5	45	45
19	30	35	50	44	19,5	50	70
20	29,5	35	50	45	20,5	35	35
21	28,5	25	25	46	21,5	38	55
22	27,5	40	40	47	22,5	45	70
23	26,5	30	30	48	23,5	30	45
24	25,4	30	50	49	24,5	45	60
25	24,6	45	70	50	25,5	40	40

Краткие теоретические сведения:

Сверление применяют для обработки глухих и сквозных отверстий цилиндрических, конических и многогранных внутренних поверхностей.

Сверление обеспечивает точность обработки отверстий по 10-11-му квалитетам и качество поверхности Rz 80...20мкм (при обработке отверстий малого диаметра в цветных металлах и сплавах до Ra 2,5мкм).

Главное движение при сверлении – вращательное Dг, а движение подачи – поступательное Dс.

При расчете режимов резания можно, пренебрегая жесткостью системы обработки, представить, что это одновременное растачивание несколькими резцами, поэтому принцип расчета будет аналогичен токарной обработке. Однако при малых диаметрах сверла, менее 10 мм, режимы резания рассчитываются исходя из целостности сверла после обработки. Другими словами, режимы считаются таким образом, чтобы сверло не изломалось, поэтому расчет производится исходя из характеристик прочности инструмента.

Режимы резания при сверлении

При сверлильных работах рекомендуется задавать режимы исходя из мощности используемого оборудования. Наиболее удобный материал режущего инструмента – быстрорежущая сталь (P18, P6M5). Поддачи при сверлильных работах вычислять по формуле:

$$S = CD^{0,6} \cdot K_{is}$$

S – подача, мм/об

D – диаметр сверла, мм

C – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала и иных технологических факторов (чистота поверхности, наличие дальнейшей обработки и т.д) (таблица 1)

K_{is} – коэффициент на подачу, зависящий от условия выхода стружки (таблица 2)

Таблица 1

Обрабатываемый материал	НВ	Группа подач, определяемая технологическими факторами		
		I	II	III
Сталь	≤160	0,085	0,063	0,042
	160-240	0,063	0,047	0,031
	240-300	0,046	0,038	0,023
	>300	0,038	0,028	0,019
Чугун	≤170	0,130	0,097	0,065
	>170	0,078	0,058	0,039
Цветные металлы	Мягкие	0,170	0,130	0,085
	Твердые	0,130	0,097	0,065

I группа подач- сверление глухих отверстий или рассверливание без допуска по 5-му классу точности или под последующее рассверливание

II группа подач – сверление глухих и сквозных отверстий в деталях нежесткой конструкции, сверление под резьбу и рассверливание под последующую обработку зенкером или развертками

III группа подач – сверление глухих и сквозных отверстий и рассверливание под дальнейшую обработку

Таблица 2

Длина отверстия в диаметрах до	3	4	5	6	8	10
Коэффициент K_{is}	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.70

Затрачиваемая мощность при сверлении зависит от крутящего момента. Крутящий момент вычисляется по формуле:

$$M_{кр} = 10C_M D^q S^y K_p$$

$M_{кр}$ - крутящий момент, воспринимаемый сверлом при резании, Н*м

C_M, q, y – коэффициенты на крутящий момент при сверлении, зависящий от условий резания (таблица 3)

D – диаметр сверла, мм

S – подача, мм/об

$$K_p = K_{MP}$$

K_{MP} – коэффициент на крутящий момент, зависящий от механических свойств материала (таблица 4)

Таблица 3

Обрабатываемый материал	C_M	q	y
Сталь конструкционная углеродистая, $\sigma_{вр} = 750 МПа$	0,0345	2,0	0,8
Серый чугун 190 НВ	0,021	2,0	0,8
Медные сплавы	0,012	2,0	0,8
Алюминиевые сплавы	0,005	2,0	0,8

Таблица 4

Обрабатываемый материал	K_{MP}	Показатель n		
Сталь	$K_{MP} = \left(\frac{750}{\sigma_{\text{ср}}}\right)^n$	$\leq 0.6\%$	$\sigma_{\text{ср}} < 450 \text{ МПа}$	-1,0
			$\sigma_{\text{ср}} = 450 \dots 550 \text{ МПа}$	1,75
			$\sigma_{\text{ср}} > 550 \text{ МПа}$	1,75
		Хромистая сталь		1,75
		$C > 0.6\%$		1,75
Чугун серый	$K_{MP} = \left(\frac{190}{HB}\right)^n$	1,7		
Медные сплавы	1	---		
Алюминиевые сплавы	1	---		

У нормальных сверл диаметром выше 10 мм не возникает опасности излома от чрезмерно большого крутящего момента, так как для этих диаметров наибольшие напряжения, возникающие в сверле, обычно лимитируются скоростью затупления при возрастании скорости резания и подачи. Для сверл диаметра меньше 10 мм, крутящий момент рекомендуется рассчитывать по ф-ле $M_{\text{кр}} = 0,00867 \cdot D^2$, для обеспечения целостности инструмента. Приравняв $M_{\text{кр}} = 0,00867 \cdot D^2$ и $M_{\text{кр}} = 10 C_M D^1 S^y K_f$ можно вычислить максимально возможные подачи для сверл малого диаметра при сверлении заданного материала (таблица 5).

Таблица 5

Обрабатываемый материал	Сталь	Чугун	Медные сплавы	Алюминиевые сплавы
Максимально возможная подача, мм/об	0,01	0,019	0,037	0,11

Для обеспечения жесткости СПИД при сверлении, необходимо устанавливать сверло в патроне с минимальным по возможности вылетом (больше на 3-5 мм чем глубина обрабатываемого отверстия).

Скорость резания при сверлении вычисляется по формуле:

$$v = \frac{9,7 \cdot N_{\text{см}} \cdot \eta_{\text{см}} \cdot \delta_{\text{см}} \cdot \pi \cdot D}{M_{\text{кр}} \cdot T^{0,2}}$$

Частота вращения инструмента n (об/мин) вычисляется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}$$

Режимы резания при зенкерования и рассверливании

Подача при зенкерования и рассверливании рассчитывается аналогично по формуле:

$$S = CD^{0,6} \cdot K_s$$

Крутящий момент рассчитывается по формуле:

$$M_{кр} = 10C_M D^4 (0.5(D-d))^x S^y K_p$$

Значения коэффициентов C_M , x , y , q выбирать по таблице 6

Таблица 6

Обрабатываемый материал	C_M	q	x	y
Сталь конструкционная углеродистая, $\delta_{вр} = 750 \text{ МПа}$	0,09	1,0	0,8	0,8
Серый чугун 190 НВ	0,085	1,0	0,8	0,8
Медные сплавы	0,031	0,85	0,8	0,8
Алюминиевые сплавы	0,02	0,85	0,8	0,8

D – диаметр сверла

d – диаметр ранее рассверленного отверстия

Скорость резания рассчитывается по формуле:

$$v = \frac{9,7 \cdot N_{cm} \cdot \eta_{cm} \cdot \delta_{cm} \cdot \pi \cdot D}{M_{кр} \cdot T^{0,2}}$$

Частота вращения вычисляется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}$$

Режимы резания при развертывании

Для определения крутящего момента при развертывании, каждый зуб инструмента можно рассматривать как расточной резец.

$$M_{кр} = \frac{C_P \cdot (0.5(D-d))^x \cdot s_Z^y \cdot D \cdot Z}{200}$$

s_Z - подача на один зуб инструмента (равна s/Z)

S - подача, мм/об

Z - число зубьев развертки

Коэффициенты C_P , x , y в таблице 7

Таблица 7

Материал обрабатываемый	C_P	x	y
Сталь $\delta_{вр} = 750 \text{ МПа}$	300	1	0,75
Чугун серый 190 НВ	92	1	0,75
Алюминиевые сплавы	40	1	0,75
Медные сплавы	55	1	0,66

Скорость резания рассчитывается по формуле:

$$v = \frac{9,7 \cdot N_{cm} \cdot \eta_{cm} \cdot \delta_{cm} \cdot \pi \cdot D}{M_{кр} \cdot T^{0,2}}$$

Частота вращения вычисляется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}$$

Пример выполнения задания

Вариант №

1. Дано:

Заготовка

Сталь 40

HB= 660 МПа

D= 18 мм

l= 70 мм

Операция: сверление глухого отверстия

Инструмент: спиральное сверло диаметр 18, материал - P18 с СОЖ

Станок 2Н125

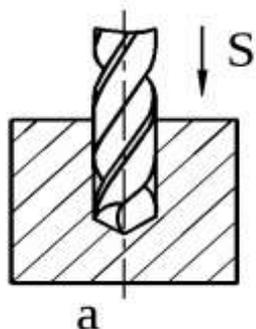


Рисунок 1.- Сверление глухого отверстия

2. Определяем жесткость технологической системы:

$$70/18 = 3,8 - \text{жесткая система} \quad K_v=1,0$$

3. Определяем группу обрабатываемого материала /1/, с.11

Ст 40 – V группа

4. Определяем глубину сверления :

$$t = l = 70 \text{ мм}$$

5. Определяем табличное значение подачи: /1/, с.267

6. Корректируем поправочными коэффициентами: /1/, с.267

$$S_o = 0,34 * 1,0 * 1,0 * 1,0 * 0,5 * 1,0 = 0,17 \text{ мм/об}$$

7. Корректируем по паспортным данным станка: /2/, с.

$$S_o = 0,2 \text{ мм/об}$$

8. Определяем скорость резания: /1/, с.

$$V_m = 32 \text{ м/мин}$$

9. Корректируем поправочными коэффициентами: /1/, с.

$$V = 1,0 * 32 * 1,0 * 1,0 * 1,0 = 32 \text{ м/мин}$$

10. Определяем число оборотов n (об/мин) по формуле 6:

$$n = 1000 * 32 / (3,14 * 18) = 3200 / 57 = 56 \text{ об/мин}$$

11. Корректируем число оборотов по паспортным данным станка: /2/, с.

$$n = 63 \text{ об/мин}$$

12. Определяем машинное время T_M (мин) по формуле 7:

$$T_M = V * D + 3 / S_o * n$$

$$T_M = 70 + 0,4 * 18 + 3 / 63 * 0,2 = 80,2 / 12,6 = 6,3 \text{ мин}$$

13. Определяем мощность резания N_e (кВт) по формуле 9:

$$N_e = F_p * V_p / 60 * 102$$

$$N_g = 300 \cdot 32 / 60 \cdot 102 = 1,6 \text{ кВт}$$

14. Определяем мощность электродвигателя $N_{дв}$ (кВт) по формуле 10:

$$N_{дв} = 1,6 / 0,8 = 0,2 \text{ кВт}$$

Вывод: Мощность станка 2,8 кВт достаточно для операции “Сверление глухого отверстия” с необходимой мощностью 0,2 кВт.

Порядок выполнения работы:

1. Выбрать режущий инструмент;
2. По индивидуальным данным составить эскиз обработки;
3. Определить режимы резания:
 - а) глубина сверления;
 - б) подача
 - в) скорость резания;
 - г) число оборотов шпинделя
4. Определить машинное время
5. Определить мощность резания;
6. Определить мощность электродвигателя

Форма представления результата:

- Выполнить работу в письменном виде в тетради для практических работ.
- Отчет о проделанной работе выполняется в соответствии с заданием.
- Зачет выставляется после устного собеседования с преподавателем.

Тема 1.6 Фрезерование

Практическое занятия № 6

Изучение геометрических параметров режущей части цилиндрической, торцевой и дисковой фрез

Цель работы: формирование умений определения геометрических параметров режущей части цилиндрической, торцевой и дисковой фрез

Выполнив работу, Вы будете уметь: подбирать режущий инструмент для обработки на фрезерных станках

Задание:

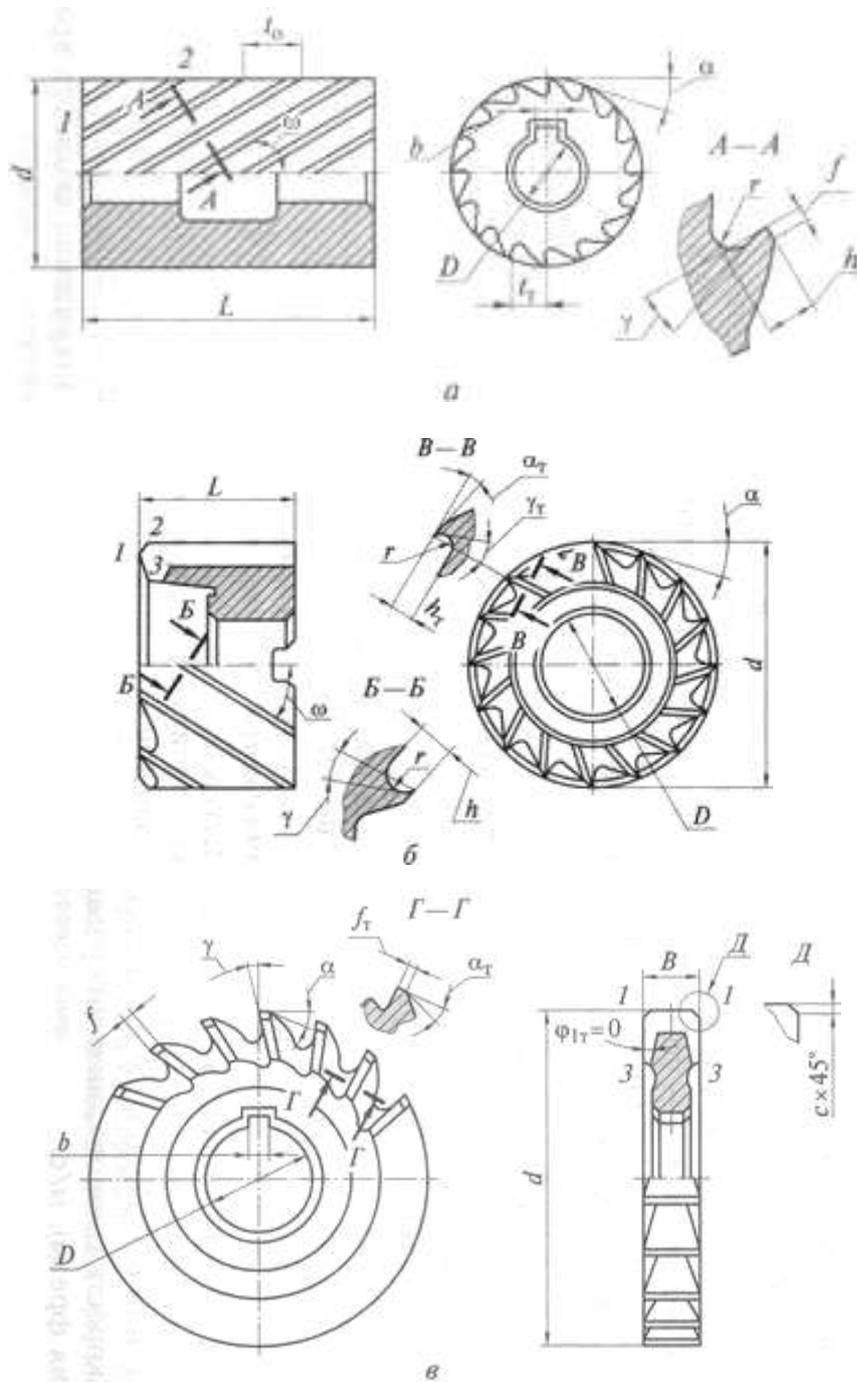
Изучить геометрические параметры режущей части цилиндрической, торцевой и дисковой фрез (рисунок 1).

Передний угол γ изменяется в плоскости схода стружки, условно принимаемой в направлении, нормальном к главной режущей кромке 1—2 и передней поверхности зуба.

Главный угол в плане β влияет на толщину срезаемого слоя при одной и той же подаче, на соотношение составляющих сил, действующих на фрезу, на стойкость фрезы и качество обработанной поверхности. Чем меньше угол β , тем меньше толщина срезаемого слоя, тем выше стойкость фрезы и чище обработанная поверхность, но тем больше осевая составляющая силы резания.

Главный задний угол α измеряют в плоскости траектории движения точки кромки, т.е. в плоскости, перпендикулярной оси фрезы. Задний угол α — угол между касательной к задней поверхности зуба фрезы и линией, касательной к траектории движения точки режущей кромки, принимаемой за окружность.

Угол наклона зубьев в винтовой режущей кромки служит для обеспечения более спокойных условий резания и создания направления сходящей стружки. При работе фрезами с винтовыми зубьями нужно обращать внимание на соответствие направлений вращения шпинделя и винтовых канавок фрезы.



1-1, 1-2 — главная режущая кромка; 1-3 — вспомогательная режущая кромка; t_0 , t_r — осевой и торцовый шаги зубьев фрезы; a , g — соответственно главный задний и передний угол на цилиндрической части фрезы; h , f — высота зубьев и ширина ленточки на цилиндрической части; a_r , g_r , j_{1r} — главный задний, передний и вспомогательный угол в плане на торце фрезы; h_r , f_r — высота зубьев и ширина ленточки на торце; d — диаметр фрезы; D — диаметр посадочного отверстия; L — длина торцовой фрезы; b — ширина шпоночного паза; B — ширина дисковой фрезы; r — радиус скругления

Рисунок 1 - Геометрические параметры режущей части цилиндрической (а), торцовой (б) и дисковой (в) фрез:

Порядок выполнения работы:

1. Получить от преподавателя образцы цилиндрической, торцевой и дисковой фрез
2. Изучить геометрические параметры режущей части цилиндрической, торцевой и дисковой фрез
3. Выполнить схемы фрезерования против движения подачи и по движению подачи
4. Заполнить таблицу «Основные типы фрез»

№ п/п	Тип фрезы	Основные особенности	Назначение	Форма зуба
1				
n				

5. Ответьте на вопрос:

1. Почему при черновой обработке применяется встречное фрезерование, а при чистовой – попутное?
2. С какой целью и в каких случаях изготавливаются напайные и сборные фрезы?

Форма представления результата:

1. Выполнить работу в письменном виде в тетради для практических работ.
2. Отчет о проделанной работе выполняется в соответствии с заданием.
3. Зачет выставляется после устного собеседования с преподавателем.

Тема 1.6 Фрезерование

Практическое занятие № 7

Выбор режимов резания при фрезеровании по эмпирическим формулам

Цель работы: формирование умений выбора режимов резания при фрезеровании по эмпирическим формулам

Выполните работу, Вы будете уметь: выбирать режимы резания при фрезеровании

Задание: выбрать режимы резания фрезерования плоскости $V \times L$ (Рисунок 1, таблица 1).

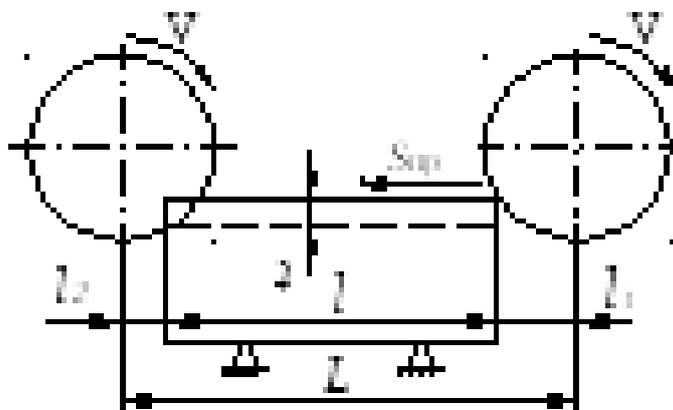


Рис. 1. Схема обработки цилиндрической фрезой

Исходные данные для расчета режимов резания при фрезеровании

№ п/п	Параметры обработки			Обработка: Сталь- св, МПа	Параметры фрезы					Мощность станка, кВт	Жесткость системы
	Ширина В, мм	Длина L, мм	Глубина t, мм		Тип Т-торц Ц-цилин	Марка Инстр. матер.	Диаметр D, мм	Число зуб z	Велзубьев: К- круп; М- мел		
1	60	200	2	HB=190	Ц	P6M5	80	12	К	до 5	пониж
2	45	240	3	HB=190	Т	BK6	63	16	К	5 – 10	пониж
3	65	280	4	HB=150	Ц	P6M5	83	14	К	св. 10	пониж
4	55	320	5	HB=150	Т	BK6	80	18	К	5 - 10	пониж
5	60	240	6	HB=150	Ц	P6M5	80	12	М	5 - 10	пониж
6	65	360	3	HB=150	Т	P6M5	100	20	М	5 - 10	пониж
7	70	400	4	HB=150	Ц	P6M5	80	12	М	до 5	по-ниж
8	75	240	5	HB=150	Т	BK6	125	22	М	5 - 10	пов
9	80	260	2	HB=190	Ц	P6M5	100	16	К	св. 10	пов
10	85	320	3	HB=100	Т	P6M5	125	22	К	5 - 10	пов
11	65	360	3	HB=150	Т	P6M5	100	20	М	5 - 10	пониж
12	65	280	4	HB=150	Ц	P6M5	83	14	К	св. 10	пониж
13	80	260	2	HB=190	Ц	P6M5	100	16	К	св. 10	пов
14	75	240	5	HB=150	Т	BK6	125	22	М	5 - 10	пов
15	60	200	2	HB=190	Ц	P6M5	80	12	К	до 5	пониж

Порядок выполнения работы:

1. Изучить методические указания по выполнению работы.
2. Получить у преподавателя исходные данные для выполнения работы в соответствии с вариантом.
3. Выбрать режущий инструмент.
4. По индивидуальным данным составить эскиз обработки.
5. Выполнить расчет режима резания:

Форма представления результата:

1. Выполнить работу в письменном виде в тетради для практических работ.
2. Отчет о проделанной работе выполняется в соответствии с заданием.
3. Зачет выставляется после устного собеседования с преподавателем

Тема 1.8 Шлифование и отделочные виды обработки

Практическое занятие № 8

Решение задач на определение режимов резания для процесса шлифования

Цель работы: формирование умений решения задач на определение режимов резания для процесса шлифования

Выполнив работу, Вы будете уметь: решать задачи на определение режимов резания для процесса шлифования

Задание:

Выбрать шлифовальный круг, определить его характеристики, назначить режим резания, определить основное время обработки.

На кругло-шлифовальном станке модели 3М131 методом продольной подачи на проход шлифуется участок вала диаметром $d = \dots h6(-0,016)$ и длиной $L = \dots$ мм. Параметр шероховатости обработанной поверхности $Ra = 0,8$ мкм. Припуск на сторону $h = 0,2$ мм. Способ крепления заготовки – в центрах. Материал заготовки – сталь 40Х, закалённая, твёрдость – 53 HRCЭ.

Эскиз обработки представлен на рисунке 1, исходные данные в таблице 1.

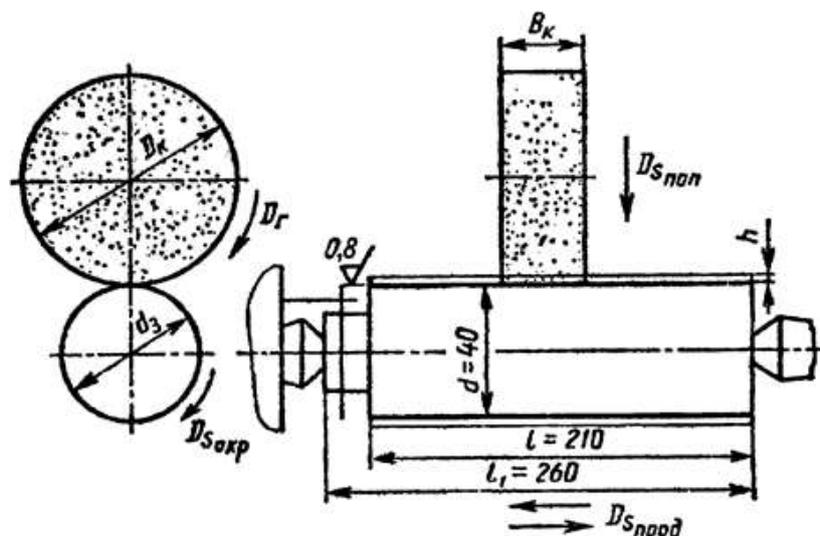


Рис. 1. Эскиз обработки заготовки

Таблица 1 - Исходные данные

№	1	2	3	4	5	6	7	8
D	22	25	28	30	32	34	36	38
L	102	108	110	120	122	126	128	130
№	9	10	11	12	13	14	15	16
D	40	42	44	46	38	50	36	52
L	135	140	145	150	155	160	165	148

Пример выполнения задания

На круглошлифовальном станке 3М131 шлифуется шейка вала диаметром $D=80h6$ мм длиной $l=300$ мм, длина вала $l_1=550$ мм. Параметр шероховатости обработанной поверхности $Ra=0,4$ мкм. Припуск на сторону $0,2$ мм. Материал заготовки – сталь 45 закаленная, твердостью HRC 45.

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

Решение.

1. Выбор шлифовального круга.

Для круглого наружного шлифования с продольной подачей (шлифовать с радиальной подачей нельзя из-за большой длины шлифуемой поверхности), параметра шероховатости $Ra=0,4$ мкм, конструкционной закаленной стали до HRC45 принимаем шлифовальный круг формы ПП, [2],

характеристика – 24 А401К, [6],

индекс зернистости – Н, [2],

структура – 5, [6],

класс – А, [2],

Полная маркировка круга ПП24 А40НС15КА 35 м/с.

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

2. Определяем режимы резания

2.1 Скорость шлифовального круга $V_k = 35$ м/с

Частота вращения шпинделя шлифовальной бабки

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

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

Корректируя по паспортным данным станка, принимаем

$n_{ш} = 1112$ об/мин.

(корректируется только в меньшую сторону).

2.2 Окружная скорость заготовки $V_z=15,55$ м/мин; принимаем $V_z=30$ м/мин.

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

$$n_z = \frac{1000 \cdot V_z}{\pi \cdot D_z}, \text{ об/мин}$$

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

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

2.3 Глубина шлифования

$t = 0,005 - 0,015$ мм.

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

$t = 0,005$ мм.

2.4 Продольная подача

$S=(0,2,0,4) \times V_k$, мм/об.

Принимаем $S=0,25 \times V_k=0,25 \times 63=15,75$ мм/об.

2.5 Скорость продольного хода стола

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

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

$V_c=1,9$ м/мин.

3. Проверка достаточности мощности станка

3.1 Мощность затрачиваемая на резание

$$N_p = CN \times V_{z3} \times t_x \times S_y \times d_q, \text{ кВт [2], [3],}$$

где CN – коэффициент, учитывающий условия шлифования;

x, y, z, q – показатели степени;

V, t, S – элементы режима резания;

d – диаметр шлифования, мм.

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

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

тогда $N_p=2,65 \times 300,5 \times 0,0050,5 \times 15,750,55 \times 1=2,65 \times 5,48 \times 0,07 \times 4,55=4,63$ кВт.

3.2 Мощность на шпинделе станка

$$N_{шп} = N_d \times h, \text{ кВт}$$

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

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

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

4. Основное время

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

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

где m – доля перебега круга, принимаем $m=0,5$ (т.е. половина круга);

$K=1$ – число сторон перебега круга (см. эскиз обработки),

тогда

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

$K=1,4$ – коэффициент выхаживания

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

Порядок выполнения работы:

1. Изучить методические указания по выполнению работы.

2. Выбрать шлифовальный круг.

3. Назначить характеристику круга.

Для круглого наружного шлифования с продольной подачей, параметра шероховатости $Ra=0,8$ мкм, конструкционной закаленной стали с $HRCЭ > 50$, рекомендуется характеристика: Э,ЭБ40,СМ2К.

4. Определить режимы резания и основное время обработки.

Форма представления результата:

- Выполнить работу в письменном виде в тетради для практических работ.
- Отчет о проделанной работе выполняется в соответствии с заданием.
- Зачет выставляется после устного собеседования с преподавателем.