

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»
Старорусский политехнический колледж (филиал)

Учебно-методическая документация

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ**

ОП.06 Процессы формообразования и инструменты

специальность

15.02.08 Технология машиностроения

Квалификация выпускника: техник

г. Старая Русса

2019г.

Рассмотрены и утверждены
методическим советом колледжа
(Протокол № 2 от 03.09.2019г.)

Разработчик:

Чегодаева Ирина Борисовна, преподаватель высшей квалификационной категории Федерального государственного образовательного учреждения среднего профессионального образования «Старорусский политехнический колледж» (филиал) НовГУ

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
1 Пояснительная записка	5
2 Тематический план и содержание учебной дисциплины	9
Раздел 2 Обработка материалов точением и строганием	24
Тема 2.4 Сопротивление резанию при токарной обработке	24
Практическое занятие 1 Определение составляющих силы резания с помощью справочных таблиц	24
Тема 2.6 Скорость резания, допускаемая режущими свойствами инструментов	27
Практическое занятие 2 Определение скорости резания с помощью справочных таблиц.	27
Тема 2.8 Расчет и конструирование резцов	33
Практическое занятие 3 Расчет резцов на прочность и жесткость	33
Практическое занятие 4 Графическое определение профиля круглого фасонного резца	37
Тема 2.9 Выбор режимов резания	42
Практическое занятие 5-7 Аналитический расчет режимов резания при токарной обработке.	42
РАЗДЕЛ 3 Обработка материалов сверлением, зенкерованием, развертыванием	49
Тема 3.2 Расчет и конструирование осевых инструментов	49
Практическое занятие 8 -9 Расчет и конструирование сверл	49
Тема 3.3 Назначение режимов резания при сверлении, зенкеровании, развертывании	56
Практическое занятие 10-11 Аналитический расчет режимов резания при сверлении, зенкеровании, развертывании	56
Раздел 4 Обработка материалов фрезерованием	63
Тема 4.2 Расчет и конструирование фрез.	63
Практическое занятие 12-13 Расчет цилиндрических фрез.	63
Тема 4.3 Расчет и табличное определение режимов резания при фрезеровании	70
Практическое занятие 14-15 Определение режимов резания при обработке плоскостей. Определение режимов резания при обработке	70

пазов

Раздел 5 Резьбонарезание	78
Тема 5.2 Расчет и конструирование резьбонарезных инструментов	78
Практическое занятие 16 Расчет и конструирование метчиков	78
Тема 5.3 Расчет и табличное определение режимов резания при резьбонарезании	85
Практическое занятие 17 -18 Расчет режимов резания при нарезании резьбы резцами, метчиками, фрезами	85
Раздел 6 Зубонарезание	93
Тема 6.3 Расчет и проектирование зуборезных инструментов	93
Практическое занятие 19 Построение рабочего профиля дисковой модульной фрезы табличным методом по координатам точек профиля	93
Практическое занятие 20 Расчет червячной модульной фрезы	98
Тема 6.4 Расчет и табличное определение режимов резания при зубонарезании	102
Практическое занятие 21 Определение режимов резания при зубофрезеровании.	102
Практическое занятие 22 Определение режимов резания при зубодолблении	110
Раздел 7. Протягивание	115
Тема 7.2 Конструирование протяжек	115
Практическое занятие 23-24 Расчет цилиндрической протяжки. Прочностной расчет протяжки.	115
Тема 7.3 Определение режимов резания при протягивании	125
Практическое занятие 25 Определение скорости резания при протягивании аналитическим способом и по таблицам нормативов	125
Раздел 8 Шлифование	131
Тема 8.4 Расчет и табличное определение режимов резания при шлифовании	134
Практическое занятие 26-27 Определение режимов резания при шлифовании	133
Информационное обеспечение обучения	147

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические рекомендации по практическим занятиям, являющиеся частью учебно-методического комплекса по дисциплине Процессы формообразования и инструменты составлены в соответствии с

- 1 Федеральным государственным образовательным стандартом (далее – ФГОС СПО) по специальности среднего профессионального образования 15.02.08 Технология машиностроения (приказ Министерства образования и науки РФ от 18 апреля 2014 года № 350);
- 2 рабочей программой дисциплины;

Методические рекомендации включают в себя 27 практических занятий, предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины в объеме 54 часа.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен уметь:

- пользоваться справочной документацией по выбору лезвийного инструмента, режимов резания в зависимости от конкретных условий обработки;
- выбирать конструкцию лезвийного инструмента в зависимости от конкретных условий обработки;
- производить расчет режимов резания при различных видах обработки.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен знать:

- основные методы формообразования заготовок;
- основные методы обработки металлов резанием;
- материалы, применяемые для изготовления лезвийного инструмента;
- виды лезвийного инструмента и область его применения;
- методику и расчет рациональных режимов резания при различных видах обработки.

Перечень формируемых компетенций

Общие компетенции (ОК):

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), за результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

Профессиональные компетенции (ПК):

ПК 1.1. Использовать конструкторскую документацию при разработке технологических процессов изготовления деталей.

ПК 1.2. Выбирать метод получения заготовок и схемы их базирования.

ПК 1.3. Составлять маршруты изготовления деталей и проектировать технологические операции.

ПК 1.4. Разрабатывать и внедрять управляющие программы обработки деталей.

ПК 1.5. Использовать системы автоматизированного проектирования технологических процессов обработки деталей.

ПК 2.1. Участвовать в планировании и организации работы структурного подразделения.

ПК 2.2. Участвовать в руководстве работой структурного подразделения.

ПК 2.3. Участвовать в анализе процесса и результатов деятельности подразделения.

ПК 3.1. Участвовать в реализации технологического процесса по изготовлению деталей.

ПК 3.2. Проводить контроль соответствия качества деталей требованиям технической документации.

Методические рекомендации по проведению практических занятий содержат методические указания, непосредственно задания, контрольные вопросы, к каждому занятию предлагается список литературы. При проведении занятий студенты должны быть обеспечены указанной литературой согласно нормативам. Предложенные задания студенты выполняют индивидуально, в парах, в группах.

В зависимости от характера практических занятий (репродуктивный, частично-поисковый, поисковый) содержание занятий будет различным.

Работы, носящие репродуктивный характер, характеризуются тем, что при их проведении студенты пользуются подробными инструкциями.

Работы, носящие частично-поисковый характер, отличаются тем, что при их проведении студенты не пользуются подробными инструкциями, им не задан порядок выполнения необходимых действий, от студентов требуется самостоятельный подход к решению задачи, выбор способов обработки, нормативной и справочной литературы.

Особенность работ, носящих поисковый характер, в том, что студенты должны решить новую для них проблему, опираясь на имеющиеся у них теоретические знания.

Работы выполняются в тетради и проверяются в ходе занятия. В некоторых работах требуется оформить чертежи или эскизы рассчитанных инструментов.

Критерии оценки

Оценка «отлично» ставится студенту, если:

- работа выполнена аккуратно, без помарок, разборчивым почерком;
- ответы конкретные, лаконичные;
- задания выполнены правильно, оформлены аккуратно.

Оценка «хорошо» ставится студенту если:

- ответы конкретные и лаконичные, но могут быть незначительные неточности;
- задания выполнены правильно, но имеются некоторые неточности.

Оценка «удовлетворительно» ставится если:

- не выполнено до конца одно из заданий,
- ответы не конкретные.

Оценка «неудовлетворительно» ставится если:

- допущены принципиальные ошибки;
- работа оформлена небрежно.

2 Тематический план и содержание учебной дисциплины

Процессы формообразования и инструменты

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные и практические работы, самостоятельная работа обучающихся	Объем часов	Уровень освоения
1	2	3	4
Введение			
Раздел 1 Формообразование заготовок методами литья и пластической деформации		8	
Тема 1.1 Литье в песчаные формы	Содержание учебного материала Схема получения отливок. Оснастка и инструменты, применяемые при литье в песчаные формы. Модельный комплект. Формовочные материалы. Конструирование литейных форм. Правила выполнения чертежей отливок.	2	2
Тема 1.2 Специальные методы литья	Содержание учебного материала Литье в кокиль. Литье по выплавляемым моделям. Центробежное литье. Литье под давлением. Литье в оболочковые формы. Выбор способа получения отливки в зависимости от формы детали, материала, программы выпуска. Отработка изделий на технологичность	2	2
Тема 1.3 Получение проката Волочение и прессование	Содержание учебного материала Основные способы прокатки. Прокатные станы. Сортамент прокатной продукции. Производство бесшовных труб. Производство сварных труб. Поперечно-винтовая прокатка. Сущность процесса волочения. Инструменты и материалы. Изготовление проволоки. Изготовление труб. Процесс прессования. Методы прессования –	2	2

	прямой и обратный. Достоинства и недостатки метода. Гидроэкструзия.		
Тема 1.4 Ковка и штамповка	Содержание учебного материала	2	
	Процесс свободной ковки. Молоты и прессы. Коэффициент укова. Ковка в подкладные штампы. Горячая и холодная объемная штамповка. Штамповка в открытые и закрытые штампы. Холодная высадка. Горячая и холодная листовая штамповка. Операции листовой штамповки.		2
Раздел 2 Обработка материалов точением и строганием		32	
Тема 2.1 Инструментальные материалы	Содержание учебного материала	2	
	Требования, предъявляемые к инструментальным материалам. Инструментальные стали: углеродистые, легированные, быстрорежущие; их марки, химический состав, механические свойства, область применения. Твердые сплавы. Безвольфрамовые твердые сплавы. Минералокерамические инструментальные материалы. Естественные и искусственные алмазы. Сверхтвердые инструментальные материалы на основе кубического нитрида бора		2
Тема 2.2 Геометрия токарного резца	Содержание учебного материала	2	
	Определение конструктивных элементов резца по ГОСТ 25751-83: рабочая часть, крепежная часть, лезвие, передняя поверхность лезвия, главная и вспомогательная задние поверхности лезвия, режущая кромка, вершина лезвия. Определение исходных плоскостей для изучения геометрии резца по ГОСТ 25762-83. Углы лезвия резца в плане. Углы лезвия резца в главной секущей		2

	<p>плоскости. Влияние углов резца на процесс резания. Влияние установки резца относительно заготовки на углы резца.</p> <p>Лабораторная работа</p> <p>Измерение геометрических параметров резцов</p>		
<p>Тема 2.3 Элементы режима резания и срезаемого слоя. Физические явления при токарной обработке</p>	<p>Самостоятельная работа обучающегося</p>	2	
	<p>Элементы резания при точении: глубина резания, величина подачи. Срез и его геометрия, площадь сечения среза. Скорость резания Основное (машинное) время обработки. Стружкообразование, типы стружек, плоскость скалывания. Явление образования нароста на передней поверхности лезвия резца. Причины образования нароста. Зависимость наростообразования от скорости резания. Влияние наростообразования на шероховатость обработанной поверхности. Применение СОЖ для борьбы с наростообразованием. Явление усадки стружки. Факторы, влияющие на усадку стружки. Явление наклепа обработанной поверхности в процессе стружкообразования. Физическая сущность наклепа. Пути борьбы с наклепом.</p>		
<p>Тема 2.4 Сопrotивление резанию при токарной обработке</p>	<p>Практическое занятие</p>	2	
	<p>Определение составляющих силы резания с помощью справочных таблиц</p>	2	
	<p>Самостоятельная работа обучающегося</p> <p>Сила резания, возникающая в процессе стружкообразования и ее источники. Разложение силы резания на составляющие. Соотношение между составляющими силы резания. Действие составляющих сил резания</p>		

	<p>на заготовку, станок, приспособление, резец. Зависимость составляющих силы резания от режимов обработки и геометрии резца.</p> <p>Формулы для определения составляющих силы резания.</p> <p>Справочные таблицы для определения коэффициентов в формулах составляющих силы резания.</p>	
<p>Тема 2.5 Тепловыделение при резании металлов. Износ и стойкость резцов</p>	<p>Самостоятельная работа обучающегося</p>	2
	<p>Источники теплоты резания. Распределение теплоты резания между стружкой, резцом, заготовкой и окружающим воздухом. Способы измерения теплоты резания: калориметрический способ, способы естественной и искусственной термопары, способ измерения теплоизлучения. Износ лезвия резца по передней и задней поверхности. Причины износа. Кривая износа по задней поверхности лезвия. Понятие о допуске и максимальном износе. Критерии износа. Понятие о работоспособном состоянии режущего инструмента, критериях отказа, критериях затупления. Период стойкости режущего инструмента. Смазочно-охлаждающие технологические средства.</p>	
<p>Тема 2.6 Скорость резания, допускаемая режущими свойствами инструментов</p>	<p>Практическое занятие</p>	2
	<p>Изучение влияния различных факторов на скорость резания. Определение скорости резания с помощью справочных таблиц.</p>	
<p>Тема 2.7</p>	<p>Содержание учебного материала</p>	2

<p>Типы токарных резцов. Строгание и долбление</p>	<p>Общая классификация токарных резцов по конструкции, технологическому назначению, направлению движения подачи. Формы передней поверхности лезвия резца. Резцы с механическим креплением многогранных неперетачиваемых твердосплавных и минералокерамических пластин. Способы крепления режущих пластин к державке. Выбор конструкции и геометрии резца в зависимости от условий обработки. Заточка резцов. Алмазные круги для заточки. Порядок заточки резца. Техника безопасности при заточке. Процессы строгания и долбления. Элементы резания при строгании и долблении Основное (машинное) время. Мощность резания. Особенности конструкции и геометрия строгальных и долбежных резцов</p>		2
<p>Тема 2.8 Расчет и конструирование резцов</p>	<p>Практическое занятие</p>	4	
	<p>Расчет резцов на прочность и жесткость Графическое определение профиля круглого фасонного резца</p>		
<p>Тема 2.9 Выбор режимов резания</p>	<p>Самостоятельная работа обучающегося</p>	2	
	<p>Выбор конструкции и геометрии резцов. Особенности конструирования отрезных резцов. Особенности конструирования твердосплавных резцов и резцов с механическим креплением режущих пластин. Конструкции фасонных резцов.</p>		
<p>Тема 2.9 Выбор режимов резания</p>	<p>Практическое занятие</p>	6	
	<p>Аналитический расчет режимов резания при токарной обработке. Порядок расчета. Проверка выбранного режима по мощности станка. Выбор режимов резания по нормативам. Расчет основного (машинного) времени. Назначение</p>		

	режимов резания при строгании и долблении		
РАЗДЕЛ 3 Обработка материалов сверлением, зенкерованием, развертыванием		16	
Тема 3.1 Обработка материалов сверлением, зенкерованием, развертыванием	Содержание учебного материала	2	2
	Процесс сверления. Типы сверл. Конструкция и геометрия спирального сверла. Элементы режима резания и срезаемого слоя при сверлении. Сверла для глубокого сверления.		
	Лабораторная работа	2	
	Изучение геометрических параметров сверла		
	Самостоятельная работа обучающегося	2	
	Назначение зенкерования и развертывания. Особенности процессов зенкерования. Элементы резания при зенкеровании. Конструкция и геометрические параметры зенкеров. Особенности процесса развертывания. Элементы резания при развертывании. Конструкция и геометрия разверток.		
Тема 3.2 Расчет и конструирование осевых инструментов	Практическое занятие	4	
	Расчет и конструирование сверл. Конструирование комбинированных осевых инструментов.		
	Самостоятельная работа обучающегося	2	
	Выбор конструкции и геометрии сверла. Общие принципы расчета сверла на прочность. Расчет профиля фрезы для формообразования стружечной канавки сверла. Расчет конуса Морзе хвостовика сверла. Выбор конструкции и геометрии		

	зенкеров и разверток. Определение исполнительного размера калибрующей части развертки		
Тема 3.3 Назначение режимов резания при сверлении, зенкеровании, развертывании	Практическое занятие	4	
	Аналитический расчет режимов резания при сверлении, зенкеровании, развертывании		
РАЗДЕЛ 4 Обработка материалов фрезерованием		14	
Тема 4.1 Обработка материалов цилиндрическими и торцовыми фрезами	Содержание учебного материала	2	2
	Цилиндрическое фрезерование. Конструкция и геометрия цилиндрических фрез. Углы фрезы в нормальном сечении. Элементы резания при цилиндрическом фрезеровании. Глубина резания, ширина фрезерования, подача на зуб. Срез, максимальная толщина среза, суммарная площадь среза. Угол контакта. Обеспечение равномерности фрезерования. Скорость резания при фрезеровании. Встречное и попутное цилиндрическое фрезерование. Основное (машинное) время при фрезеровании. Силы, действующие на фрезу. Износ фрез. Определение скорости резания при цилиндрическом фрезеровании. Мощность резания		
	Лабораторная работа	2	
	Измерение геометрических параметров фрез		
	Самостоятельная работа обучающегося	2	
	Виды торцового фрезерования: встречное, попутное, симметричное. Геометрия торцовых фрез. Элементы резания при торцовом фрезеровании. Основное (машинное) время.		

	Особенности фрезерования концевыми фрезами. Шпоночные фрезы. Износ торцовых фрез. Период стойкости. Силы, действующие на торцовую фрезу. Определение скорости резания при торцовом фрезеровании. Мощность резания		
Тема 4.2 Расчет и конструирование фрез	Практическое занятие	4	
	Расчет цилиндрических фрез. Определение диаметра и числа зубьев фрезы. Расчет фрезы из условия равномерности фрезерования. Расчет диаметра отверстия цилиндрической фрезы под оправку и хвостовика концевой фрезы. Расчет торцовых фрез		
Тема 4.3 Расчет и табличное определение режимов резания при фрезеровании	Практическое занятие	4	
	Определение режимов резания при обработке плоскостей Определение режимов резания при обработке пазов		
Раздел 5 Резьбонарезание		12	
Тема 5.1 Нарезание резьбы	Содержание учебного материала	2	
	Методы нарезания резьбы. Принцип настройки токарно-винторезного станка на шаг резьбы. Конструкция и геометрия резьбового резца. Задний угол резца для нарезания резьбы большого шага. Твердосплавные резьбовые резцы. Расчленение припуска по профилю резьбы на черновые и чистовые рабочие ходы. Скорость резания при резьбонарезании. Основное (машинное) время. Нарезание резьбы гребенками		2
	Самостоятельная работа обучающегося	2	

	<p>Сущность нарезания резьбы плашками и метчиками. Классификация плашек и метчиков. Конструкции плашек. Геометрия плашки. Конструкции метчиков. Геометрия метчика. Особенности геометрических параметров плашек и метчиков в зависимости от обрабатываемого материала. Элементы резания при нарезании резьбы плашками и метчиками</p>	
<p>Тема 5.2 Расчет и конструирование резьбонарезных инструментов</p>	<p>Практическое занятие</p>	2
	<p>Расчет и конструирование метчиков. Расчет метчика на прочность. Расчет исполнительного размера калибрующей части метчика</p>	
	<p>Самостоятельная работа обучающегося</p> <p>Нарезание резьбы самораскрывающимися резьбонарезными головками. Сущность метода резьбонарезания гребенчатыми фрезами и область применения. Конструкция и геометрия гребенчатой фрезы. Нарезание резьбы дисковыми фрезами. Конструкция и геометрия дисковой фрезы. Элементы резания при зубофрезеровании. Накатывание резьбы накатными роликами, плашками и метчиками</p>	2
<p>Тема 5.3 Расчет и табличное определение режимов резания при резьбонарезании</p>	<p>Практическое занятие</p>	4
	<p>Расчет режимов резания при нарезании резьбы резцами, метчиками, фрезами</p>	
<p>Раздел 6 Зубонарезание</p>		16
<p>Тема 6.1 Нарезание зубчатых колес по методу копирования</p>	<p>Самостоятельная работа обучающегося</p>	4
	<p>Методы нарезания зубьев зубчатых колес. Дисковые и концевые фрезы для нарезания зубьев зубчатых колес,</p>	

	<p>их конструкции и особенности геометрии. Зависимость профиля зубьев фрезы от модуля и числа зубьев зубчатого колеса. Комплект фрез для нарезания зубчатых колес, выбор номера фрезы из комплекта. Порядок деления при нарезании зубчатых колес по методу копирования. Особенности нарезания косозубых и шевронных колес. Применение многолезцовых зубодолбежных головок для нарезания зубчатых колес</p>		
<p>Тема 6.2 Нарезание зубчатых колес по методу обкатки</p>	<p>Самостоятельная работа обучающегося</p> <p>Сущность метода обкатки. Конструкция и геометрия червячной фрезы. Профиль зубьев червячной фрезы, направление наклона стружечных канавок. Элементы резания при зубофрезеровании: глубина резания, подача на оборот заготовки, скорость резания, частота вращения фрезы. Машинное время зубофрезерования. Износ червячных фрез. Период стойкости червячных фрез.</p> <p>Определение скорости резания при зубофрезеровании. Мощность резания при зубофрезеровании.</p> <p>Нарезание косозубых колес. Нарезание червячных колес. Конструкция и геометрия долбяка. Элементы резания при зубодолблении: глубина резания, круговая подача, радиальная подача, скорость резания, число двойных ходов долбяка в секунду. Основное(машинное) время зубодолбления. Определение скорости при зубодолблении. Нарезание косозубых и шевронных колес методом зубодолбления. Шевингование зубчатых колес.</p>	4	

	Нарезание зубьев прямозубых конических колес парными зубострогальными резцами.		
Тема 6.3 Расчет и конструирование зуборезных инструментов	Практическое занятие	4	
	Построение рабочего профиля дисковой модульной фрезы табличным методом по координатам точек профиля Расчет червячной модульной фрезы. Определение диаметра и числа зубьев. Построение осевого профиля. Определение величины затылования и построение бокового профиля. Увязка расчетной величины ГОСТами		
Тема 6.4 Расчет и табличное определение режимов резания при зубонарезании	Практическое занятие	4	
	Определение режимов резания при зубофрезеровании. Определение режимов резания при зубодолблении		
Раздел 7 Протягивание		16	
Тема 7.1 Процесс протягивания	Самостоятельная работа обучающегося	2	
	Сущность процесса протягивания. Виды протягивания. Части, элементы и геометрия цилиндрической протяжки. Подача на зуб при протягивании. Износ протяжек. Период стойкости протяжек. Скорость резания при протягивании. Мощность протягивания. Схемы резания при протягивании: профильная, генераторная, прогрессивная. Прошивание отверстий прошивками. Протягивание шпоночных канавок. Плоское протягивание		
Тема 7.2 Конструирование протяжек	Практическое занятие	4	
	Расчет цилиндрической протяжки. Прочностной расчет протяжки.		
	Самостоятельная работа обучающегося	8	
	Расчет и конструирование протяжки		
Тема 7.3	Практическое занятие	2	

Определение режимов резания при протягивании	Определение скорости резания при протягивании аналитическим способом и по таблицам нормативов. Определение основного (машинного) времени протягивания. Определение тягового усилия. Проверка тягового усилия по паспортным данным станка.		
Раздел 8 Шлифование		10	
Тема 8.1 Абразивные инструменты	<p>Содержание учебного материала</p> <p>Сущность метода шлифования. Абразивные естественные и искусственные материалы, их маркировка и физико-механические свойства. Зернистость абразивных материалов. Виды абразивных инструментов, их формы и маркировка. Виды связок. Структура абразивного круга. Твердость круга. Точность и допускаемая окружная скорость круга.</p> <p>Характеристики брусков, сегментов и абразивных головок, шлифовальные ленты и шкурки.</p> <p>Алмазные и эльборовые шлифовальные круги, бруски, сегменты, головки, шкурки, пасты, порошки, их характеристика и маркировка</p>	2	2
Тема 8.2 Процесс шлифования	<p>Самостоятельная работа обучающегося</p> <p>Наружное круглое шлифование. Элементы резания: продольная и поперечная подача, окружная скорость детали, окружная скорость шлифовального круга. Наружное круглое шлифование методами продольной и поперечной подачи, глубинное шлифование.</p> <p>Особенности внутреннего шлифования. Плоское шлифование. Элементы резания и машинное время при плоском шлифовании торцом круга, периферией круга.</p>	2	

	<p>Наружное бесцентровое шлифование методом радиальной и продольной подачи. Элементы резания и основное (машинное) время при наружном бесцентровом шлифовании.</p> <p>Бесцентровое внутреннее шлифование.</p> <p>Износ абразивных кругов. Правка кругов. Фасонное шлифование. Скоростное шлифование. Меры безопасности при шлифовании</p>		
<p>Тема 8.3 Доводочные процессы</p>	<p>Самостоятельная работа обучающегося</p>	2	
	<p>Суперфиниширование и хонингование поверхности вращения. Станки и приспособления для суперфиниширования и хонингования. Элементы резания при суперфинишировании и хонинговании. Достигаемая шероховатость.</p> <p>Притирка ручная и механическая. Инструменты и пасты для притирки. Полирование абразивными шкурками, лентами, пастами, порошками.</p>		
<p>Тема 8.4 Расчет и табличное определение режимов резания при шлифовании</p>	<p>Практическое занятие</p>	4	
	<p>Определение режимов резания при наружном круглом шлифовании, бесцентровом шлифовании, плоском шлифовании по таблицам нормативов. Определение основного (машинного) времени шлифования</p>		
<p>Раздел 9 Обработка методами поверхностного пластического деформирования</p>		2	
<p>Тема 9.1 Чистовая и упрочняющая обработка методами ПЖД</p>	<p>Содержание учебного материала</p>	2	
	<p>Физическая сущность процесса поверхностного пластического деформирования. Основные термины и определения по ГОСТ. Конструкции роликовых и шариковых</p>		

	<p>приспособлений для обкатывания и раскатывания. Шероховатость поверхности, достигаемая при ППД. Режимы обработки. Физическая сущность процесса калибрования отверстий методами пластической деформации. Типовые схемы калибрования отверстий шариком, калибрующей оправкой (дорном). Геометрия деформирующего элемента инструмента. Режимы обработки. СОТС. Сущность процесса алмазного выглаживания.. Режимы обработки. СОТС. Шероховатость поверхности. Вибрационная обработка методом ППД. Применяемые приспособления и инструменты. Источники вибрации. Режимы обработки. СОТС. Накатывание рифлений и клейм. Накатные ролики. Режимы накатывания. СОТС</p>		
Раздел 10 Электрофизические и электрохимические методы обработки		8	
Тема 10.1 Электрофизические и электрохимические методы обработки	Содержание учебного материала	2	2
	<p>Электроконтактная обработка. Сущность метода. Область применения. Оборудование и инструмент. Электроэрозионная обработка. Сущность метода. Область применения. Оборудование и инструмент. Электроискровая и электроимпульсная обработка</p>		
	Самостоятельная работа обучающегося	2	
	<p>Анодно-механическая обработка. Сущность метода. Область применения. Оборудование и инструмент. Режимы обработки. Сущность электрохимической обработки. Область применения. Конструкция электродов. Рабочие</p>		

	жидкости. Режимы обработки.		
Тема 10.2 Обработка материалов электронным и когерентным световыми лучами	Содержание учебного материала	2	
	Физическая сущность электронно-лучевой обработки. Область применения. Физическая сущность обработки когерентным световым лучом (лазером). Область применения.		2
	Самостоятельная работа обучающегося	2	
	Принципиальная схема и конструкция лазерной установки. Режимы обработки.		
Раздел 11 Сварочное производство		4	
Тема 11.1 Процесс сварки	Содержание учебного материала	2	
	Физическая сущность процесса сварки. Виды сварки. Электрическая дуговая сварка. Ручная дуговая сварка. Автоматическая и полуавтоматическая сварка под флюсом. Аргонно-дуговая сварка. Плазменная сварка. Основные способы сварки давлением.		2
Тема 11.2 Пайка и газокислородная резка металлов.	Содержание учебного материала	2	
	Пайка металлов. Способы пайки в зависимости от источников нагрева. Припой. Флюсы. Газокислородная резка металлов		2
Всего:		136	

РАЗДЕЛ 2 ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ТОЧЕНИЕМ И СТРОГАНИЕМ

Тема 2.4 Сопротивление резанию при токарной обработке

Практическое занятие 1 Определение составляющих силы резания с помощью справочных таблиц

Цель:

- углубление, закрепление знаний о сопротивлении резанию при обработке;
- формирование умений по и расчету составляющих силы резания по известным формулам.

Студент должен:

знать:

- понятие силы резания, причины возникновения, разложение на составляющие;
- зависимость составляющих силы резания от режимов обработки и геометрии резца;
- формулы для определения составляющих силы резания.

уметь:

- пользоваться справочником для определения коэффициентов и показателей степени;
- рассчитывать составляющие силы резания по известным формулам.

Методические указания

Равнодействующую сил, действующих на режущий инструмент при обработке резанием, называют силой резания. Составляющую силы резания,

совпадающую по направлению со скоростью главного движения резания в вершине лезвия, называют главной составляющей силы резания P_z . Составляющую силы резания, параллельную оси главного вращательного движения резания, называют осевой составляющей силы резания P_x . Составляющую силы резания, направленную по радиусу главного вращательного движения резания в вершине лезвия, называют радиальной составляющей силы резания P_y .

Составляющие силы резания (Н) при точении определяют по формулам, приведенным в справочнике [4]:

$$P_z = 10C_p t^x S_0^y V_n K_p,$$

где C_p – постоянный коэффициент, зависящий от условий обработки;

t – глубина резания, мм;

S_0 – подача, мм/об;

V – скорость резания, м/мин;

x, y, n – показатели степени.

K_p – коэффициент, учитывающий факторы, не вошедшие в коэффициент C_p , определяется по формуле:

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

где K_{mp} – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

$K_{\varphi p}$ – коэффициент, зависящий от величины угла в плане резца;

$K_{\gamma p}$ – коэффициент, зависящий от величины переднего угла резца;

$K_{\lambda p}$ – коэффициент, зависящий от величины угла наклона главной режущей кромки резца;

K_{rp} – коэффициент, зависящий от радиуса при вершине резца.

Значения показателей степени и коэффициенты определяют по таблицам справочника [4].

Задание 2.1. Определить составляющие силы резания P_z, P_y, P_x при продольном точении заготовки резцом из твердого сплава с глубиной резания t , подачей S_0 и скоростью резания V . Данные для расчета приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Данные к заданию 2.1.

№ варианта	Материал заготовки	Режим резания			Геометрические элементы резца					
		t, мм	S ₀ , мм/об	V, м/мин	φ, °	α, °	γ, °	λ, °	r, мм	Форма передней поверхности
1	Сталь 20 σ _в =500 МПа	4	0,7	140	45	10	+10	+5	1	Радиусная с фаской
2	Серый чугун, 160 НВ	5	0,78	60	60	8	+5	0	1	Плоская
3	Сталь 12Х18Н9Т жаропрочная 180 НВ	1	0,21	265	90	12	+10	-5	2	Радиусная с фаской
4	Серый чугун, 220НВ	1,5	0,26	150	45	10	+5	0	2	Плоская
5	Сталь 38ХА σ _в =680 МПа	3	0,6	120	60	8	+10	+5	1	Радиусная с фаской
6	Серый чугун, 170НВ	4,5	0,7	65	90	8	+5	0	1	Плоская
7	Сталь 40ХН σ _в =700 МПа	1,5	0,3	240	60	12	+10	-5	2	Радиусная с фаской
8	Серый чугун, 210 НВ	1	0,23	180	45	10	+5	0	2	Плоская
9	Сталь Ст5 σ _в =600 МПа	3,5	0,52	130	45	8	+10	+5	1	Радиусная с фаской
10	Серый чугун, 180НВ	4	0,87	75	60	8	+5	0	1	Плоская

Порядок выполнения работы

- 1 Выполнить задания в рабочей тетради согласно варианту, предложенному преподавателем.

Контрольные вопросы

- 1 Дайте определение силы резания.

- 2 Назовите источники возникновения силы резания.
- 3 На какие составляющие принято раскладывать силу резания?
- 4 Как влияют геометрические параметры инструмента на составляющие силы резания?
- 5 Почему формулы для нахождения составляющих силы резания называются эмпирическими формулами?

Список литературы

- 1 Адаскин А.М. Современный режущий инструмент: учеб. пособие для сред. проф. образования/А.М. Адаскин, Н.В. Колесов. – 2-е изд., стер. – М.: Академия, 2012.
- 2 Гоцеридзе Р.М. Процессы формообразования и инструменты: учеб. для студ. учреждений сред. проф. образования/ Р.М. Гоцеридзе. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Академия, 2010.
- 3 Ярушин, С. Г. Технологические процессы в машиностроении [Электронный ресурс]: учебник для СПО / С. Г. Ярушин. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 564 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.
- 4 Справочник технолога-машиностроителя: В 2 Т. - Т 2 / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова – М.: Машиностроение-1, 2001. – 949с.

Тема 2.6 Скорость резания, допускаемая режущими свойствами инструментов

Практическое занятие 2 Определение скорости резания с помощью справочных таблиц

Цель:

- углубление, закрепление знаний о способах определения скорости резания по эмпирическим формулам;
- формирование умений по определению скорости резания.

Студент должен:

знать:

- понятие скорость резания, методику расчета;
- зависимость скорости от режимов обработки и геометрии резца;
- формулы для определения скорости резания.

уметь:

- пользоваться справочником для определения коэффициентов и показателей степени;
- рассчитывать скорость резания по известным формулам.

Методические указания

На скорость резания влияют следующие факторы:

- стойкость режущего инструмента;
- физико-механические свойства обрабатываемого материала;
- материал режущей части инструмента;
- величина подачи и глубины резания;
- геометрические элементы режущей части резца;
- размеры сечения державки;
- смазочно-охлаждающие жидкости;
- вид обработки.

Скорость резания при точении определяют по формуле, приведенной в справочнике [4]:

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S_0^y} \times K_v$$

где C_v – постоянный коэффициент, зависящий от условий обработки;

t – глубина резания, мм;

S_0 –подача, мм/об;

T – стойкость инструмента, мин;

x, y, m – показатели степени.

K_p – коэффициент, учитывающий факторы, не вошедшие в коэффициент C_v , определяется по формуле:

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{uv},$$

где K_{mv} – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

K_{nv} – коэффициент, зависящий от состояния поверхности обрабатываемого материала;

K_{uv} – коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания.

Значения показателей степени и коэффициенты определяют по таблицам справочника [4].

Задание 2.2 Определить скорость главного движения резания, допускаемую режущими свойствами резца, при наружном продольном точении для заданных условий обработки. Данные для расчета приведены в таблице 2.

Порядок выполнения работы

- 1 Выполнить задания в рабочей тетради согласно варианту, предложенному преподавателем.

Контрольные вопросы

- 1 Как зависит скорость резания от глубины резания, подачи, обрабатываемого материала и других факторов?
- 2 По каким зависимостям можно рассчитать скорость резания?
- 3 Какие источники используются для определения скорости резания?

Список литературы

1. Адашкин А.М. Современный режущий инструмент: учеб. пособие для сред. проф. образования/А.М. Адашкин, Н.В. Колесов. – 2-е изд., стер. – М.: Академия, 2012.

- 1 Гоцеридзе Р.М. Процессы формообразования и инструменты: учеб. для студ. учреждений сред. проф. образования/ Р.М. Гоцеридзе. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Академия, 2010.
- 2 Ярушин, С. Г. Технологические процессы в машиностроении [Электронный ресурс]: учебник для СПО / С. Г. Ярушин. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 564 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.
- 3 Справочник технолога-машиностроителя: В 2 Т. - Т 2 / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова – М.: Машиностроение-1, 2001. – 949с.

Таблица 2 – Данные к заданию 2.2.

№	Материал заготовки	Заготовка	t, мм	S ₀ , мм/об	T, мин	Материал инструмента	Сечение державки резца, мм	φ, °	r, мм	Форма передней поверхности
1	Сталь 12Х18Н9Т жаропрочная 140 НВ	Поковка, предварительно обработанная	1,5	0,34	60	ВК8	16×25	45	2	Радиусная с фаской
2	Серый чугун, 160 НВ	Отливка с коркой	4	0,84	45	ВК8	20×30	60	1	Плоская
3	Сталь 20 σ _в =500 МПа	Прокат, предварительно обработанный	3	0,52	90	T15K6	16×25	90	1,5	Радиусная с фаской
4	Серый чугун, 180НВ	Отливка без корки	1,5	0,28	60	ВК6	12×20	45	1	Плоская
5	Бронза Бр.АЖ9-4, 120НВ	Отливка с коркой	3,5	0,61	60	P18	16×25	60	1	Радиусная с фаской
6	Сталь 40Х σ _в =700 МПа	Поковка	3	0,57	45	T5K10	25×25	90	1	Плоская
7	Серый чугун, 200 НВ	Отливка с коркой	5	0,75	90	ВК8	20×30	60	1	Радиусная с фаской
8	Сталь 45ХН σ _в =750 МПа	Штампованная, предварительно обработанная	0,75	0,17	60	T30K4	16×25	45	2	Плоская
9	Латунь ЛМцОС58-2-2-2 90НВ	Отливка без корки	1	0,25	90	P18	12×20	45	1	Радиусная с фаской
10	Серый чугун, 220НВ	Отливка без корки	1	0,23	60	ВК3	16×25	60	2	Плоская

Тема 2.8 Расчет и конструирование резцов

Практическое занятие 3. Расчет резцов на прочность и жесткость – 2 часа

Цель:

- углубление, закрепление знаний о конструкции токарных резцов;
- формирование умений по расчету токарных резцов на прочность и жесткость.

Студент должен:

знать:

- понятие об условиях прочности и жесткости резцов;
- факторы, влияющие на прочность и жесткость инструмента;

уметь:

- назначать режимы резания;
- выполнять расчет резцов на прочность и жесткость.

Методические указания

По форме, конструкции и виду обработки различают токарные резцы призматические общего назначения и фасонные. Призматические токарные резцы делят на проходные прямые (правые и левые), упорные, расточные для сквозных и глухих отверстий, подрезные, отрезные, галтельные, затыловочные, резьбовые и специальные.

Рабочая часть резцов в большинстве случаев представляет собой пластину из твердого сплава, которую крепят на резцах следующими способами: напайкой непосредственно на корпус; механически; с помощью сил резания; механическим креплением вставки с напаянной пластиной. Основные размеры токарных резцов общего назначения с напаянными пластинами из

твердого сплава приведены в стандартах: ГОСТ 18877-73*, ГОСТ 18878-73*, ГОСТ 18879-73*, ГОСТ 18880-73*, ГОСТ 18881-73*, ГОСТ 18882-73*, ГОСТ 18883-73*, ГОСТ 18884-73*, ГОСТ 18885-73*, а с пластинами из быстрорежущей стали – в стандартах: ГОСТ 18870-73*, ГОСТ 18871-73*, ГОСТ 18872-73*, ГОСТ 18873-73*, ГОСТ 18874-73*, ГОСТ 18875-73*, ГОСТ 18876-73*. Технические требования к резцам, оснащенным пластинами из твердых сплавов, приведены в ГОСТ5588-61*Е, к резцам из быстрорежущей стали – в ГОСТ10047 -62*.

Преобладает прямоугольная форма сечения державки резцов, при которой врезание пластины меньше «ослабляет» корпус. Корпус с квадратной формой сечения лучше сопротивляется сложному изгибу и применяется для расточных и автоматнo-револьверных резцов. Корпус с круглой формой сечения применяют для расточных, резьбовых, токарно - затыловочных и других резцов, так как он позволяет осуществлять поворот резца и изменять углы его заточки. Размеры сечений корпусов резцов нормализованы. Ширину b или диаметр d поперечного сечения корпуса резца можно определить по формулам:

при квадратном сечении ($h=b$)

$$b = 3 \sqrt[3]{\frac{6 \cdot P_z \cdot l}{\sigma_{и.д}}};$$

при прямоугольном сечении ($h=1,6b$)

$$b = 3 \sqrt[3]{\frac{6 \cdot P_z \cdot l}{2,56 \sigma_{и.д}}};$$

при круглом сечении

$$d = 3 \sqrt[3]{\frac{10 \cdot P_z \cdot l}{\sigma_{и.д}}};$$

где P_z - главная составляющая силы резания, Н;

l - вылет резца, м;

$\sigma_{ид}$ – допустимое напряжение при изгибе материала корпуса; для корпуса из незакаленной углеродистой стали $\sigma_{ид} = 200 \dots 300$ МПа.

Задание 2.3. Рассчитать токарный составной проходной резец с пластиной из твердого сплава для обтачивания вала. Диаметр заготовки D , припуск (на сторону) h , вылет резца l . Режимы резания для заданных условий определить по нормативам. Данные для расчета приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Данные к заданию 2.3.

№ варианта	Материал заготовки	D , мм	h , мм	Параметр шероховатости, мкм	l , мм	Условия работы
1	Сталь 40ХН $\sigma_b = 700$ МПа	200	8	$R_z = 16$	60	Система станок-заготовка-инструмент недостаточно жесткая
2	Сталь ХГ $\sigma_b = 1100$ МПа	250	8	$R_z = 16$	60	Обтачивание в упор
3	Серый чугун СЧ30, 200НВ	50	2	$R_z = 32$	60	Обтачивание в упор
4	Серый чугун СЧ15, 175НВ	100	3	$R_a = 2$	40	$\varphi = 30^\circ$
5	Бронза БрАЖН11-6-6	150	5	$R_a = 2$	40	$\varphi = 30^\circ$
6	Медь М3	36	1	$R_a = 2$	40	$\varphi = 30^\circ$
7	Сталь Ст3 $\sigma_b = 400$ МПа	30	2	$R_z = 63$	30	Длина заготовки 300 мм
8	Сталь Ст5 $\sigma_b = 600$ МПа	42	3	$R_z = 32$	30	Длина заготовки 300 мм
9	Сталь 40Г 229НВ	75	5	$R_a = 2$	40	Длина заготовки 300 мм
10	Сталь 38ХА 207НВ	100	6	$R_z = 32$	40	Длина заготовки 300 мм

Порядок выполнения работы

- 1 Выполнить задания в рабочей тетради согласно варианту, предложенному преподавателем.

Контрольные вопросы

- 1 По каким формулам производится расчет резцов на прочность и жесткость?
- 2 Где находится опасное сечение отрезного резца?
- 3 Какие особенности имеются у конструкций твердосплавных резцов и резцов с механическим креплением режущих пластин?

Список литературы

- 1 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 1 / А. Г. Схиртладзе [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 263 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.
- 2 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 2 / С. Н. Григорьев [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 246 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.

Практическое занятие 4 Графическое определение профиля круглого фасонного резца – 2 часа

Цель:

- углубление, закрепление знаний о конструкциях токарных резцов;
- формирование умений по расчету профиля токарного фасонного резца.

Студент должен:

знать:

- конструкции фасонных резцов;

уметь:

- проводить геометрический расчет профиля круглого токарного резца.

Методические указания

Фасонным называется резец, режущие кромки которого имеют форму, определяемую формой профиля детали.

Фасонные резцы подразделяются:

- по форме: круглые, призматические, стержневые;
- по установке относительно детали: с радиальной и тангенциальной подачей;
- по расположению осей: с параллельным и наклонным расположением осей;
- по форме образующих поверхностей: круглые резцы с кольцевыми образующими, круглые резцы с винтовыми образующими, призматические резцы с плоскими образующими.

Фасонные резцы делают из быстрорежущей стали, реже из твердого сплава. Геометрические параметры режущей части зависят от обрабатываемого материала. В таблице 4 приведены значения переднего угла резца.

Таблица 4 – Значения переднего угла γ в зависимости от материала

Материал заготовки	Механические свойства материала		Передний угол γ , в градусах
	σ_B , МПа	НВ	
Алюминиевый сплав, медь			20-25
Бронза, латунь			0-5
Сталь	до 500	до 150	25
	500...800	150...235	20-25
	800...1000	235...290	12-20
	1000...1200	290...350	8-12

Чугун		до150	15
		150...200	12
		200...250	8

Задний угол α для круглых резцов 10-12 градусов, для призматических – 12 – 15 градусов.

Графическое определение наружного радиуса круглого фасонного резца при $\gamma > 0$.

- 1 Строим чертеж детали.
- 2 Вокруг точки O проводим две окружности, равные наибольшему и наименьшему радиусу детали.
- 3 Обозначим точки A, B , линию OO_1 .
- 4 Через точку A под углом γ проводим линию, отображающую след плоскости заточки передней поверхности.
- 5 Через точку A проводим линию под углом α .
- 6 На расстоянии k (3-12 мм) от точки B проводим перпендикуляр к линии OO_1 – для схода стружки.
- 7 Точка C – точка пересечения линии под углом γ и перпендикуляра к OO_1 .
- 8 Из точки C проводим биссектрису угла ω .
- 9 Точка O_2 -точка пересечения биссектрисы и линии под углом α . O_2 – центр круглого резца.

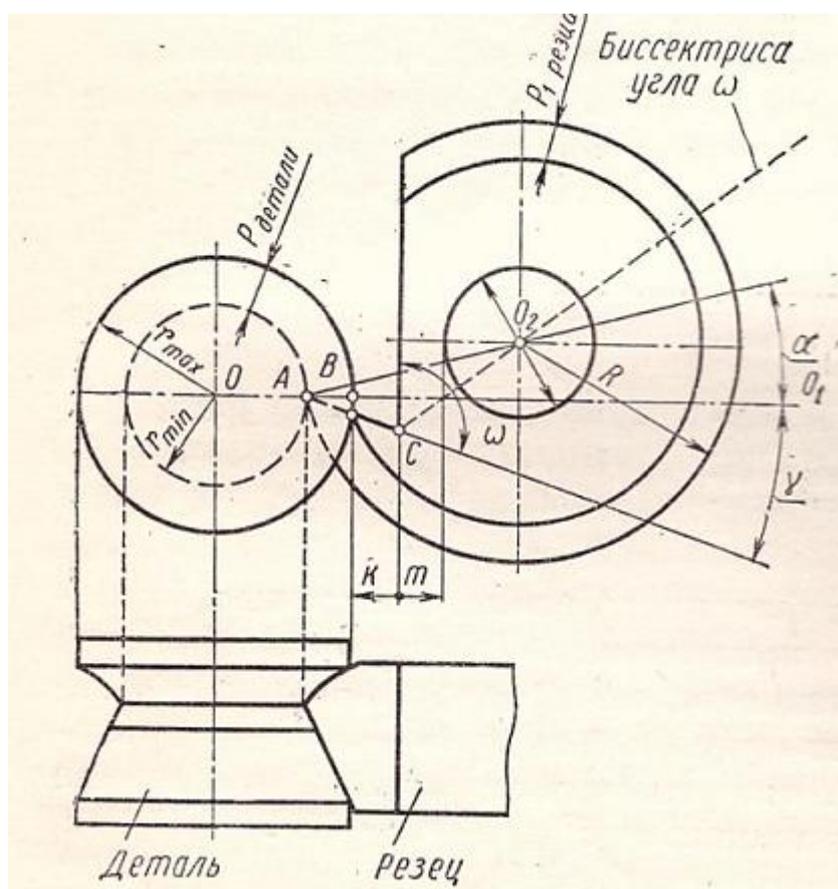


Рис. 1 - Графическое определение наружного радиуса круглого фасонного резца при $\gamma > 0$

Графическое определение профиля круглого фасонного резца

- 1 Строим чертеж детали, отмечаем точки перехода.
- 2 Проводим ось I-I перпендикулярно оси детали и проектируем на нее точки профиля.
- 3 Из точки O_1 проводим окружности радиусом r_1, r_2, r_3 .
- 4 Определяем величину $H_n = R \sin \alpha$.
- 5 Проводим линию II-II параллельно линии I-I и отстоящую от нее на величину H_n .
- 6 Из точки (1) проводим окружность радиуса R_1 (наибольший радиус резца, полученный в предыдущей задаче) до пересечения с линией II-II. Определяем точку O_2 – центр резца.
- 7 Из точки (1) проводим линию под углом γ к линии I-I.
- 8 Обозначим точки 1, 2'', 3''.

- 9 Из точки O_2 проводим соответствующие радиусы токарного резца.
- 10 Строим профиль резца в радиальном сечении. проводим радиальную линию А-А.
- 11 На перпендикуляре к линии А-А откладываем размеры l_1 и l_2 .
- 12 $P_2 = R_1 - R_2$. $P_3 = R_1 - R_3$.
- 13 Из точки (1) отложим размеры P_2, P_3 .

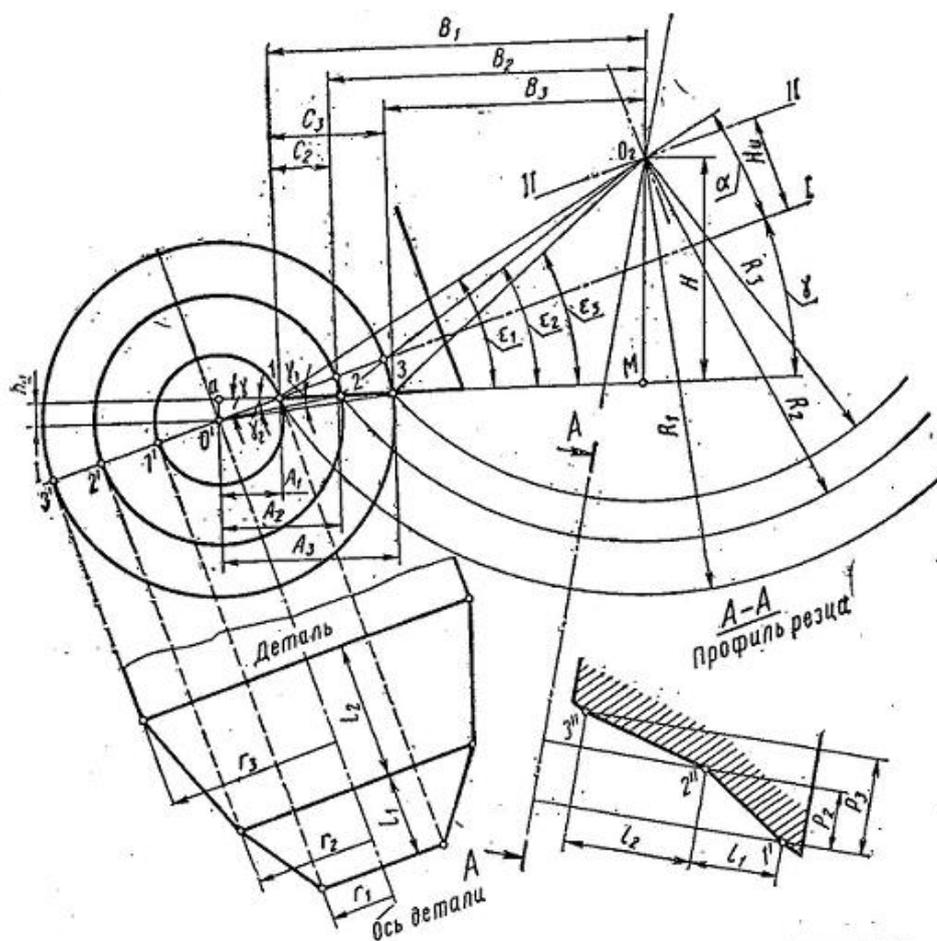


Рис.2 - Графическое определение профиля круглого фасонного резца

Порядок выполнения работы

- 1 Выполнить задания на миллиметровой бумаге формата А4 согласно варианту, предложенному преподавателем.

Задание 2.4

Сконструировать круглый фасонный резец для обработки заготовки из прутка диаметром D , подготовив канавку под последующее отрезание (рис.3).

Профиль резца определить графическим способом. Варианты заданий приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Данные к заданию 2.4.

№ варианта	Материал заготовки	D, мм	d ₁	d ₂	d ₃	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄
1	Бронза БрАЖН10-4-4	40	12	30	38	20	35	40	45
2	Сталь 40ХН $\sigma_b = 800$ МПа	25	16	20	24	5	20	25	35
3		30	18	20	28	15	23	31	46
4		30	20	24	29	10	16	20	30
5		40	16	20	39	12	28	38	40
6	Бронза БрАЖН10-4-4	50	30	38	48	22	28	45	50
7		50	26	36	48	40	45	50	60
8	Сталь 40 $\sigma_b = 600$ МПа	20	10	16	18	10	20	25	30
9		20	12	16	19	15	20	27	30
10		25	15	20	23	15	25	35	40

Контрольные вопросы

- 1 По каким формулам производится расчет резцов на прочность и жесткость?
- 2 Какие виды фасонных резцов знаете?
- 3 Почему необходимо пересчитывать размеры резца с учетом величины переднего угла?

Список литературы

- 3 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 1 / А. Г. Схиртладзе [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 263 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.
- 4 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]:

учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 2 / С. Н. Григорьев [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 246 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.

Тема 2.9 Выбор режимов резания

Практическое занятие 5 -7 Аналитический расчет режимов резания при токарной обработке – 6часов.

Цель:

- углубление, закрепление знаний об аналитическом расчете режимов резания при токарной обработке;
- формирование умений по расчету режимов резания.

Студент должен:

знать:

- методику и расчет рациональных режимов резания при точении;

уметь:

- пользоваться справочной документацией по выбору резцов, режимов резания в зависимости от конкретных условий обработки;
- выбирать конструкцию резцов в зависимости от конкретных условий обработки;
- производить расчет режимов резания при токарной обработке.

Методические указания

Режимы резания – это совокупность числовых значений глубины резания, подачи, скорости резания, геометрических параметров и стойкости режущей части инструмента, а также силы резания, мощности и других параметров рабочего процесса резания, от которых зависят его технико-экономические показатели.

Порядок назначения режимов обработки.

1 Выбор глубины резания.

Черновая обработка – $t=5\dots7$ мм

Получистовая обработка – $t=0,5\dots5$ мм

Чистовая обработка – $t \geq 0,5$ мм.

Если за один проход срезается весь припуск на обработку, то

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

2 Выбор подачи S.

Черновая обработка $S=0,4\dots0,7$ мм/об

Получистовая обработка $S=0,1\dots0,4$ мм/об

Чистовая обработка $S \leq 0,1$ мм/об.

Рекомендуемые значения подач приведены в таблицах справочника [4].

3 Выбор резца по плану:

- 1) тип резца (ГОСТы, справочник [4]);
- 2) материал режущей части ([4], стр.116);
- 3) выбор геометрических параметров резца;
- 4) выбор размеров сечения державки.

4 Скорость резания при точении определяют по формуле, приведенной в справочнике [4]:

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S_0^y} \times K_v$$

где C_v – постоянный коэффициент, зависящий от условий обработки;

t – глубина резания, мм;

S_0 –подача, мм/об;

T – стойкость инструмента, мин;

x, y, m – показатели степени.

K_p – коэффициент, учитывающий факторы, не вошедшие в коэффициент C_v , определяется по формуле:

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{uv},$$

где K_{mv} – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

K_{nv} – коэффициент, зависящий от состояния поверхности

обрабатываемого материала;

K_{uv} – коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания.

Значения показателей степени и коэффициенты определяют по таблицам справочника [4].

Принимаем значение T 30...45 минут.

- 5 Вычисление числа оборотов шпинделя станка n по формуле:

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

где D – диаметр заготовки;

По паспортным данным станка принимаем ближайшее меньшее значение

n .

- 6 Расчет действительной скорости резания по формуле:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_n}{1000}$$

- 7 Определение силы резания по формуле:

$$P_z = 10 C_{pt}^x S_0^y V_n K_p,$$

- 8 Расчет эффективной мощности по формуле:

$$N_э = \frac{P_z \cdot V_d}{1020 \cdot 60}$$

- 9 Определение необходимой мощности электродвигателя по формуле:

$$N_э = \frac{N_э}{\eta},$$

где η – КПД привода станка.

- 10 Расчет основного технологического времени по формуле:

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n},$$

где L – путь резца в направлении подачи.

Порядок выполнения работы

- 1 Выполнить задания в рабочей тетради согласно варианту.

Задание 2.5

На токарно-винторезном станке 16К20 обтачивают заготовку диаметром D до диаметра d . Длина обрабатываемой поверхности l , длина заготовки l_1 . Необходимо: выбрать режущий инструмент, назначить режим резания, определить основное время.

Задание 2.6

На токарно-винторезном станке 16К20 подрезается торец заготовки диаметром D до диаметра d . Припуск на обработку h . Длина заготовки l_1 . Способ крепления заготовки – в патроне. Необходимо: выбрать режущий инструмент, назначить режим резания, определить основное время.

Контрольные вопросы

- 1 Перечислите порядок расчета режимов резания при токарной обработке.
- 2 Как осуществляется проверка выбранного режима по мощности станка?
- 3 По какой формуле рассчитывается основное (машинное) время?
- 4 Какие особенности при расчетах режима резания при строгании и долблении?

Таблица 6 – Данные к заданию 2.5

№ варианта	Материал заготовки	Заготовка	Способ крепления заготовки	Обработка и параметр шероховатости, мм	Система станок-инструмент-заготовка	D	d	l	l ₁
						мм			
1	Сталь Ст5 $\sigma_b = 600$ МПа	Поковка	В центрах	Обтачивание напроход черновое Rz=80	Средняя	90	83	290	450
2	Серый чугун, 160 HB	Отливка с коркой	В патроне	Обтачивание напроход черновое Rz=80	Жесткая	100	92	40	65
3	Сталь 45, $\sigma_b = 680$ МПа	Прокат	В центрах	Обтачивание в упор, получистовое Ra=2,0	Нежесткая	52,5	50	550	740
4	Серый чугун, 200HB	Отливка с коркой	В патроне с поджатием центром задней бабки	Обтачивание до кулачков, черновое Rz=80	Средняя	90	82	340	400
5	Сталь 45X, $\sigma_b = 750$ МПа	Штамповка	В патроне	Обтачивание в упор, получистовое Rz=20	Средняя	122,5	120	95	250
6	Бронза Бр.АЖ-9-4. 120 HB	Отливка с коркой	В патроне с поджатием центром задней бабки	Обтачивание до кулачков, черновое Rz=80	Средняя	110	102	440	500
7	Серый чугун, 220 HB	Отливка без корки	В патроне	Обтачивание напроход получистовое, Ra=2,0	Жесткая	152	150	50	80
8	Сталь 40ХН $\sigma_b = 750$ МПа	Поковка	В центрах	Обтачивание напроход черновое Rz=80	Нежесткая	64	57	400	820
9	Силумин АЛ2,50HB	Отливка без корки	В центрах	Обтачивание в упор, получистовое Rz=20	Жесткая	160	152	75	105
10	Сталь 20 $\sigma_b = 500$ МПа	Штамповка	В центрах	Обтачивание напроход черновое Rz=80	Средняя	72	67	225	390

Таблица 7 – Данные к заданию 2.6

№ варианта	Материал заготовки	Заготовка	Обработка и параметр шероховатости, мм	Система станок-инструмент-заготовка	D	d	h	l ₁
					мм			
1	Сталь 12X18H9T 141 HB	Прокат	Подрезка сплошного торца получистовая, Rz=40	Жесткая	120	0	2	45
2	Серый чугун, 180 HB	Отливка с коркой	Подрезка торца втулки черновая, Rz=80	Средняя	150	115	3,5	250
3	Сталь 20ХН, $\sigma_b = 600$ МПа	Штампованная	Подрезка уступа черновая, Rz=80	Жесткая	180	100	2,5	70
4	Силумин АЛ3,65HB	Отливка без корки	Подрезка торца втулки получистовая, Rz=20	Средняя	100	85	1,5	200
5	Сталь 40Х, $\sigma_b = 700$ МПа	Прокат	Подрезка сплошного торца получистовая, Ra=2,0	Жесткая	80	0	1	100
6	Серый чугун, 210 HB	Отливка без корки	Подрезка уступа получистовая, Rz=40	Жесткая	110	60	1,5	40
7	Латунь ЛКС80- 3-3-3, 90 HB	Отливка с коркой	Подрезка торца втулки черновая, Rz=80	Средняя	90	75	3	160
8	Серый чугун, 170 HB	Отливка с коркой	Подрезка уступа черновая, Rz=80	Жесткая	160	100	3	60
9	Сталь 45ХН $\sigma_b = 750$ МПа	Поковка	Подрезка сплошного торца получистовая, Ra=2,0	Жесткая	200	0	1	65
10	Серый чугун, 215 HB	Отливка с коркой	Подрезка торца втулки черновая, Rz=80	Средняя	85	70	3,5	150

Список литературы

- 5 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 1 / А. Г. Схиртладзе [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 263 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.
- 6 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 2 / С. Н. Григорьев [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 246 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.

РАЗДЕЛ 3 ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ СВЕРЛЕНИЕМ, ЗЕНКЕРОВАНИЕМ, РАЗВЕРТЫВАНИЕМ

Тема 3.2 Расчет и конструирование осевых инструментов

Практическое занятие 8-9 Расчет и конструирование сверл - 4 часа

Цель:

- углубление, закрепление знаний о конструкции сверл;
- формирование умений по расчету конуса Морзе сверла.

Студент должен:

знать:

- понятие об основных геометрических параметрах сверла;
- факторы, влияющие на прочность и жесткость инструмента;

уметь:

- назначать режимы резания;
- выполнять расчет сверла.

Методические указания

По форме и конструкции различают сверла спиральные, с прямыми канавками, перовые, для глубокого сверления, кольцевые, центровочные, с канавками для подвода смазочно-охлаждающей жидкости, с многогранными пластинами. Сверла выполняют с цилиндрическим, коническим и четырехгранным хвостовиками. Основные размеры и углы лезвия сверл стандартизованы. Геометрические элементы рабочей части сверл (ω , γ , и 2ϕ ,) в зависимости от материалов заготовки и сверла можно выбрать по справочной литературе. Угол наклона поперечной режущей кромки ψ для сверл диаметром до 12 мм принимают 50° , для сверл диаметром свыше 12 мм — 55° . Задний

угол α различен в различных точках режущей кромки. У стандартных спиральных сверл в наиболее удаленной от оси сверла точке (вершина лезвия) $\alpha = 8 \dots 15^\circ$, в ближайшей к оси точке $\alpha = 20 \dots 26^\circ$. У сверл, оснащенных пластинами из твердого сплава, задний угол α соответственно равен $4\text{—}6^\circ$ и $16\text{—}20^\circ$. Меньшие из приведенных значений углов относятся к большим диаметрам сверл, большие значения — к малым диаметрам сверл. Формы и размеры заточки режущих кромок, перемычек и ленточек сверл приведены в нормативах. Технические требования к изготовлению спиральных сверл приведены в ГОСТ 2034—80* Е.

Хвостовики сверл с коническим хвостовиком имеют конус Морзе, выполняемый по ГОСТ 25557—82.

Пример 1. Рассчитать и сконструировать спиральное сверло из быстрорежущей стали с коническим хвостовиком для обработки сквозного отверстия под метрическую резьбу $M27$ глубиной $l = 50$ мм в заготовке из конструкционной углеродистой стали с пределом прочности $\sigma_B = 450$ МПа.

1 Определяем диаметр сверла.

По ГОСТ 19257—73 находим необходимый диаметр сверла для нарезания резьбы 27 мм. Диаметр сверла D должен быть 23,9 мм; по ГОСТ 885—77* указанный диаметр имеется.

2 Определяем режимы резания по нормативам:

а) подачу на оборот принимаем $S_0 = 0,4$ мм/об;

б) скорость главного движения резания; $V = 32$ м/мин.

3 Определяем осевую составляющую силы резания.

$$P_x = 9,81 C_p D^{*p} S_0^{y_p} K_{M_p}.$$

$$K_{M_p} = \left(\frac{\sigma_B}{75}\right)^{0,75} = \left(\frac{45}{75}\right)^{0,75} = 0,6^{0,75} = 0,682;$$

$$P_x = 9,81 \cdot 68 \cdot 23,9 \cdot 0,4^{0,7} \cdot 0,682 = 5850 \text{ Н } (\approx 585 \text{ кгс}).$$

4 Определяем момент сил сопротивления резанию.

$$C_M = 0,0345; z_M = 2,0; y_M = 0,8;$$

$$M_{c.p} = 9,81 C_M D^2 S_{\theta}^{y_M} K_{M_M}.$$

$$K_{M_M} = \left(\frac{\sigma_B}{75}\right)^{0,75} = \left(\frac{45}{75}\right)^{0,75} = 0,682;$$

$$M_{c.p} = 9,81 \cdot 0,0345 \cdot 23,9^2 \cdot 0,4^{0,8} \cdot 0,682 = \\ = 64,2 \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (\approx 6400 \text{ кгс}\cdot\text{мм} = 6,4 \text{ кгс}\cdot\text{м}).$$

5 Определяем номер конуса Морзе хвостовика (рис. 3).

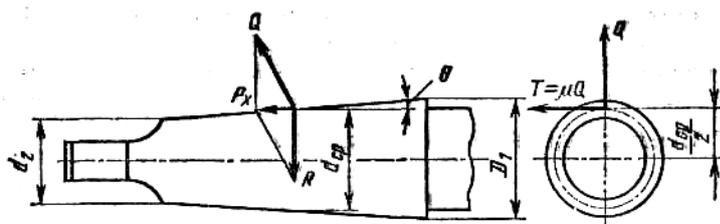


Рис. 3. - Схема сил, действующих на конический хвостовик сверл

Осевую составляющую силы резания P_x можно разложить на две силы:

$$Q - \text{действующую нормально к образующей конуса: } Q = \frac{P_x}{\sin \theta},$$

где θ - угол конусности хвостовика,

и силу R — действующую в радиальном направлении и уравновешивающую реакцию на противоположной точке поверхности конуса.

Сила Q создает касательную составляющую T силы резания; с учетом коэффициента трения поверхности конуса о стенки втулки μ .

$$T = \mu Q = \frac{\mu P_x}{\sin \theta}.$$

Приравниваем момент трения к максимальному моменту сил сопротивления резанию, т. е. к моменту, создающемуся при работе затупившимся сверлом, который увеличивается до 3 раз по сравнению с моментом, принятым для нормальной работы сверла.

Следовательно,

$$3M_{с.р} = M_{т.р} = \frac{\mu P_x (D_1 + d_2)}{4 \sin \theta} (1 - 0,04\Delta\theta),$$

$$d_{ср} = \frac{6M_{ср} \sin \theta}{\mu P_x (1 - 0,04\Delta\theta)},$$

Средний диаметр конуса хвостовика

или

$$d_{ср} = \frac{D_1 + d_2}{2},$$

где $M_{ср} = 64,2 \text{ Н*м}$ — момент сопротивления сил резанию;

$P_x = 5850 \text{ Н}$ — осевая составляющая силы резания;

$\mu = 0,096$ - коэффициент трения стали по стали; угол θ для большинства конусов Морзе равен приблизительно $1^\circ 30'$; $\sin 1^\circ 30' = 0,02618$;

$\Delta\theta = 5'$ — отклонение угла конуса;

$$d_{ср} = \frac{6 \cdot 6420 \sin 1^\circ 30'}{0,096 \cdot 5850 (1 - 0,2)} = 21,7 \text{ мм};$$

в единицах СИ

$$d_{ср} = \frac{6 \cdot 64,2 \sin 1^\circ 30'}{0,096 \cdot 5850 (1 - 0,2)} = 0,0217 \text{ м} = 21,7 \text{ мм}.$$

По ГОСТ 25557 — 82 выбираем ближайший больший конус, т. е. конус Морзе № 3 с лапкой, со следующими основными конструктивными размерами: $D_1 = 24,1 \text{ мм}$; $d_2 = 19,1 \text{ мм}$; $l_4 = 19,1 \text{ мм}$; $l = 99 \text{ мм}$; конусность $1 : 19,922 = 0,05020$ или угол $\theta - 1^\circ 26' 16''$.

Остальные размеры хвостовика указывают на чертеже инструмента.

6 Определяем длину сверла. Общая длина сверла L длины рабочей части l_0 хвостовика и шейки l_2 могут быть приняты по ГОСТ 10908—75* или ГОСТ 4010—77*: $L = 280 \text{ мм}$; $l_0 = 170 \text{ мм}$; $l_2 = 113 \text{ мм}$; $d_1 = D_1 - 1,0 = 24,1 - 1 \sim 23 \text{ мм}$. При наличии у обрабатываемой заготовки выступающих частей, высокой кондукторной втулки или исходя из других конструктивных соображений длина рабочей части или шейки может быть другой. Центровое отверстие выполняется по форме В ГОСТ 14034—74.

7 Определяем геометрические и конструктивные параметры рабочей части сверла. По нормативам ([5], карта 43, с. 200, 201) находим форму

заточки ДП (двойная с подточкой перемычки). Угол наклона винтовой канавки $\omega = 30^\circ$. Углы между режущими кромками: $2\varphi = 118^\circ$; $2\varphi_0$ яв 70° . Задний угол $\alpha = 12$. Угол наклона поперечной кромки $\psi = 55^\circ$. Размеры подточенной части перемычки: $A = 2,5$ мм; $l = 5$ мм. Шаг винтовой канавки

$$H = \frac{\pi D}{\operatorname{tg} \omega} = \frac{3,14 \cdot 23,9}{\operatorname{tg} 30^\circ} = 130,5 \text{ мм.}$$

8 Толщину d_c сердцевины сверла выбирают в зависимости от диаметра сверла:

D , мм	0,25—1,25	1,5—12,0	13,0—80,0
d_c , мм	$(0,28—0,20) D$	$(0,19—0,15) D$	$(0,14—0,25) D$

Принимаем толщину сердцевины у переднего конца сверла равной $0,14D$. Тогда $d_c = 0,14D = 0,14 \cdot 23,9 = 3,35$ мм. Утолщение сердцевины по направлению к хвостовику $1,4—1,8$ мм на 100 мм длины рабочей части сверла. Принимаем это утолщение равным $1,5$ мм.

9 Обратная конусность сверла (уменьшение диаметра по направлению к хвостовику) на 100 м длины рабочей части должна составлять:

D , мм	До 6	Св. 6	Св. 18
Обратная конусность, мм	$0,03—0,08$	$0,04—0,10$	$0,05—0,12$

Принимаем обратную конусность $0,08$ мм.

10 Ширину ленточки (вспомогательной задней поверхности лезвия) f_0 и высоту затылка по спинке K выбираем по табл. 4. В соответствии с диаметром D сверла $f_0 = 1,6$ мм; $K = 0,7$ мм.

11 Ширина пера $B = 0,58D = 0,58 \cdot 23,9 = 13,9$ мм.

12 Геометрические элементы профиля фрезы для фрезерования канавки сверла определяют графическим или аналитическим способом. Воспользуемся упрощенным аналитическим методом.

13 Большой радиус профиля:

$$R_0 = C_R C_r C_\phi D,$$

где

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

$$C_r = \left(\frac{0,14D}{d_c}\right)^{0,044};$$

при отношении толщины сердцевины d_c к диаметру сверла D ,
равном 0,14, $C_r = 1$;

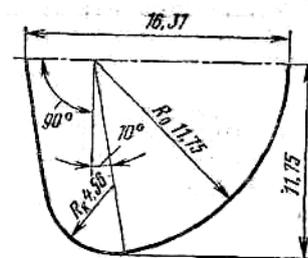
$$C_\Phi = \left(\frac{13 \sqrt{D}}{D_\Phi}\right)^{0,9},$$

где D_Φ — диаметр фрезы.

При $\xi_\Phi = 13 \sqrt{D}$ $C_\Phi = 1$. Следовательно, $R_o = 0,493 \cdot 23,9 = 11,75$ мм.

Меньший радиус профиля $R_K = C_K D$, где $C_K = 0,015 \omega^{0,75} = 0,015 \cdot 30^{0,75} = 0,191$.

Следовательно, $R_K = 0,191 \cdot 23,9 = 4,56$ мм. Ширина профиля $B = R_o + R_K = 11,75 + 4,56 = 16,31$ мм.



14. По найденным размерам строим профиль канавочной фрезы (рис.4). Устанавливаем основные технические требования и допуски на размеры сверла (по ГОСТ 885—77*). Предельные отклонения диаметров сверла $D=23,9h9$ мм.

Допуск на общую длину и длину рабочей части сверла равен удвоенному допуску по 14-му квалитету с симметричным расположением предельных отклонений $(\pm \frac{IT14}{2})$ по ГОСТ 25347-82.

Предельные отклонения размеров конуса хвостовика устанавливают по ГОСТ 2848—75* (степень точности $IT8$). Радиальное биение рабочей части сверла относительно оси хвостовика не должно превышать 0,15 мм. Углы $2\varphi = 118^\circ \pm 2^\circ$; $2\varphi_o = 70^{+5}_0$. Угол наклона винтовой канавки $\omega = 30-2$.

Предельные отклонения размеров подточки перемычки режущей части сверла $+0,5$ мм. Твердость рабочей части сверла 63—66 HRC, у лапки хвостовика сверла 32-46,5 HRC.

15. Выполняем рабочий чертеж. Рабочий чертеж должен иметь три проекции (винтовые линии при черчении заменяют прямыми линиями). Форму заточки сверла с геометрическими параметрами режущей кромки, центровое

отверстие, а также профиль канавочной фрезы вычерчивают отдельно в большом масштабе. На чертеже также указывают основные технические требования к сверлу.

Задание 3.1 Рассчитать и сконструировать спиральное сверло из быстрорежущей стали для сверления под последующую технологическую операцию.

Таблица 8 – Данные к заданию 3.1

№ варианта	Материал заготовки	Назначение сверления	Глубина сверления, мм
1	Сталь 40ХН $\sigma_b = 800$ МПа	Под резьбу $1\frac{1}{2}''$	40
2		Под зенкер $d=16$ мм	60
3		Под развертку $d=35$ мм	70
4		Напроход под болт с резьбой М24	30
5		Под зенкер $d=16$ мм	100
6	Сталь 40 $\sigma_b = 600$ МПа	Под резьбу М16	25
7		Под зенкер $d=16$ мм	30
8		Под развертку $d=14$ мм	20
9		Напроход под заклепку с $d=24$	10
10		Под резьбу М30х1,5	25

Порядок выполнения работы

- 1 Выполнить задания в рабочей тетради согласно варианту, предложенному преподавателем.

Контрольные вопросы

- 1 По каким формулам производится расчет сверл на прочность?
- 2 Как выбрать номер конуса Морзе сверла?
- 3 Какие особенности имеются у конструкций зенкеров и разверток ?
- 4 Какие существуют конструкции комбинированных осевых инструментов?

Список литературы:

- 1 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 1 / А. Г. Схиртладзе [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 263 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.
- 2 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 2 / С. Н. Григорьев [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 246 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.

Тема 3.3 Назначение режимов резания при сверлении, зенкеровании, развертывании

Практическое занятие 10-11 Аналитический расчет режимов резания при сверлении, зенкеровании, развертывании - 4 часа

Цель:

- углубление, закрепление знаний об аналитическом расчете режимов резания при сверлении, зенкеровании, развертывании;
- формирование умений по расчету режимов резания.

Студент должен:

знать:

- методику и расчет рациональных режимов резания при сверлении, зенкеровании, развертывании;

уметь:

- пользоваться справочной документацией по выбору осевых инструментов, режимов резания в зависимости от конкретных условий обработки;

- выбирать конструкцию осевых инструментов в зависимости от конкретных условий обработки;
- производить расчет режимов резания при осевой обработке.

Методические указания

Режимы резания – это совокупность числовых значений глубины резания, подачи, скорости резания, геометрических параметров и стойкости режущей части инструмента, а также силы резания, мощности и других параметров рабочего процесса резания, от которых зависят его технико-экономические показатели.

Порядок назначения режимов обработки.

1 Выбор глубины резания.

Сверление : $t = \frac{D}{2}$;

Рассверливание, зенкерование, развертывание: $t = \frac{D-d}{2}$

11 Выбор подачи S.

Рекомендуемые значения подач приведены в таблицах справочника [4].

12 Выбор сверла по плану:

- 5) тип сверла (ГОСТы, справочник [4]);
- 6) материал режущей части ([4]);
- 7) выбор геометрических параметров сверла;

13 Скорость резания при сверлении определяют по формуле, приведенной в справочнике [4]:

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

где C_V – постоянный коэффициент, зависящий от условий обработки;

t – глубина резания, мм;

S_0 –подача, мм/об;

T – стойкость инструмента, мин;

q, y, m – показатели степени.

K_v – коэффициент, учитывающий факторы, не вошедшие в коэффициент C_v , определяется по формуле:

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{uv} K_{lv},$$

где K_{mv} – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

K_{nv} – коэффициент, зависящий от состояния поверхности обрабатываемого материала;

K_{uv} – коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания.

K_{lv} – коэффициент, учитывающий глубину сверления.

Значения показателей степени и коэффициенты определяют по таблицам справочника [4].

Значение стойкости T принимается по таблицам справочника [4].

14 Вычисление числа оборотов шпинделя станка n по формуле:

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

где D – диаметр сверла;

По паспортным данным станка принимаем ближайшее меньшее значение n .

15 Расчет действительной скорости резания по формуле:

$$V_D = \frac{\pi \cdot D \cdot n_s}{1000}$$

16 Определение крутящего момента по формуле:

$$M_{кр} = 10 C_m D^q S^y K_p$$

17 Расчет эффективной мощности по формуле:

$$N_s = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}$$

18 Определение необходимой мощности электродвигателя по формуле:

$$N_{э} = \frac{N_s}{\eta},$$

где η – КПД привода станка.

19 Расчет основного технологического времени по формуле:

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n},$$

где L- путь сверла в направлении подачи.

Задание 3.2

На вертикально-сверлильном станке 2Н135 рассверливают отверстие диаметром d до диаметра D на глубину l. Необходимо: выбрать режущий инструмент, назначить режим резания, определить основное время.

Варианты заданий приведены в таблице.

Таблица 9 – Данные к заданию 3.2.

№ варианта	Материал заготовки	D, мм	d, мм	l, мм	Отверстие	Обработка
1	Сталь 40ХН $\sigma_b = 700$ МПа	25Н12	10	60	Сквозное	С охлаждением
2	Сталь ХГ $\sigma_b = 1100$ МПа	25Н12	15	25	Глухое	Без охлаждения
3	Серый чугун СЧ30, 200НВ	30Н12	15	40	Сквозное	С охлаждением
4	Серый чугун СЧ15, 175НВ	30Н12	20	45	Глухое	Без охлаждения
5	Бронза БрАЖН11-6-6	40Н12	15	70	Сквозное	С охлаждением
6	Алюмин. сплав АЛ7, 60НВ	40Н12	20	55	Глухое	Без охлаждения
7	Сталь Ст3 $\sigma_b = 400$ МПа	50Н12	20	65	Сквозное	С охлаждением
8	Сталь Ст5 $\sigma_b = 600$ МПа	50Н12	30	30	Глухое	Без охлаждения
9	Сталь 40Г 229НВ	60Н12	30	35	Сквозное	С охлаждением
10	Сталь 38ХА	60Н12	40	50	Глухое	Без охлаждения

	207HB					
--	-------	--	--	--	--	--

Задание 3.3 На вертикально-сверлильном станке 2Н135 зенкеруют предварительно обработанное отверстие диаметром d до диаметра D на глубину l . Необходимо: выбрать режущий инструмент, назначить режим резания, определить основное время. Варианты заданий приведены в таблице.

Таблица 10 – Данные к заданию 3.3.

№ варианта	Материал заготовки	D, мм	d, мм	l, мм	Отверстие	Обработка
1	Сталь 38 ХМЮА $\sigma_b = 750$ МПа	20Н11	18	60	Глухое	С охлаждением
2	Серый чугун, 160HB	25Н11	22,6	25	Сквозное	Без охлаждения
3	Сталь 65Г $\sigma_b = 850$ МПа	30Н11	27,6	40	Глухое	С охлаждением
4	Серый чугун СЧ15, 180HB	45Н11	42	45	Сквозное	Без охлаждения
5	Бронза БрАЖН11-6-6	19,8 Н11	18	70	Глухое	С охлаждением
6	Алюмин. сплав АЛ4, 50HB	24,8Н11	23	55	Сквозное	Без охлаждения
7	Сталь 35 $\sigma_b = 580$ МПа	29,8Н11	28	65	Глухое	С охлаждением
8	Сталь 40Г 229HB	30Н11	28	30	Сквозное	Без охлаждения
9	Сталь Ст5 $\sigma_b = 600$ МПа	34,7Н11	33	35	Глухое	С охлаждением
10	Латунь ЛК80-3 110HB	44,7Н11	43	50	Сквозное	Без охлаждения

Порядок выполнения работы

- 1 Выполнить задания в рабочей тетради согласно варианту, предложенному преподавателем.

Контрольные вопросы

- 1 Перечислите порядок расчета режимов резания при сверлении.
- 2 Как осуществляется проверка выбранного режима по мощности станка?
- 3 По какой формуле рассчитывается основное (машинное) время?
- 4 Какие особенности при расчетах режима резания при зенкеровании и развертывании?

Список литературы:

- 1 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 1 / А. Г. Схиртладзе [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 263 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.
- 2 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 2 / С. Н. Григорьев [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 246 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.

РАЗДЕЛ 4 ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ФРЕЗЕРОВАНИЕМ

Тема 4.2 Расчет и конструирование фрез

Практическое занятие 12-13. Расчет цилиндрических фрез - 4 часа

Цель:

- углубление, закрепление знаний о конструкциях фрез;
- формирование умений по расчету цилиндрической фрезы.

Студент должен:

знать:

- конструкции фрез;

уметь:

- проводить расчет цилиндрической фрезы.

Методические указания

По конструкции различают фрезы цельные, составные и сборные с пластинами из твердых сплавов или из быстрорежущей стали. Различают фрезы цилиндрические (преимущественно с зубьями, расположенными по винтовой линии), торцовые, дисковые, трехсторонние (например, пазовые), прорезные (например, шлицевые), отрезные, концевые (пальцевые), одно- и двухугловые, зуборезные фасонные, наборные (наборы из нескольких отдельных фрез). Основные размеры фрез, геометрические параметры и технические требования к ним приведены в стандартах или справочной литературе.

Форму и размеры пластин и коронок из твердого сплава выбирают по ГОСТ 2209-82. Марку твердого сплава выбирают по ГОСТ 3882-74*. В качестве материала припоя рекомендуется латунь Л68. Наружный диаметр фрезы D зависит от диаметра оправки, размеров обрабатываемой поверхности, припуска на обработку и других факторов.

Обычно при конструировании фрез для определения диаметров оправки и цилиндрической фрезы пользуются следующим соотношением: $D = (2,5 \dots 3) d$.

Окончательно наружный диаметр фрезы выбирают по ГОСТ, элементы крепления насадных фрез с цилиндрическим отверстием - по ГОСТ 9472-83, диаметры цилиндрических хвостовиков - по ГОСТ, конических хвостовиков Морзе и метрических - по ГОСТ 25557-82. Оправки с хвостовиком конусностью 7 : 24 для насадных торцовых фрез выбирают по ГОСТ 13785-68*, ГОСТ 13786-68*, ГОСТ 13787-68*, ГОСТ 13788-68*, ГОСТ 13789-68*, ГОСТ 13790-68*, ГОСТ 13791-68*. Присоединительные размеры фрез, закрепляемых на фрезерных оправках, а также на концах шпинделей, выбирают по ГОСТ 27066-86.

Когда на оправку устанавливают несколько фрез (набор), рекомендуется максимально увеличить диаметр оправки. Диаметр оправки (отверстия фрезы) можно рассчитать исходя из сил, действующих на фрезу. Диаметр отверстия под оправку:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{сум}}}{0,1\sigma_{\text{и.д}}}}$$

Здесь $M_{\text{сум}}$ - суммарный момент при изгибе и скручивании оправки, Н*м.

$$M_{\text{сум}} = \sqrt{\left(\frac{3}{16}Pl\right)^2 + \left(\frac{P_z D}{2}\right)^2},$$

где P - равнодействующая сил P_z и P_y ;

$$P = 1,411P_z;$$

l - расстояние между опорами фрезерной оправки (длина посадочного участка оправки), мм;

$\sigma_{\text{и.д}}$ - допустимое напряжение на изгиб оправки для конструкционных сталей; $\sigma_{\text{и.д}} = (180 \dots 250) \cdot 10^6$ МПа.

Число зубьев фрезы $z = m\sqrt{D}$, где m - коэффициент, зависящий от типа фрезы.

Цилиндрические фрезы

Цельные:

крупнозубые с $\omega \leq 30$ 1,05мелкозубые с $\omega = 15 \dots 20^\circ$ 2Сборные с $\omega,^\circ$:

20 0,9

45 0,8

Торцовые цельные:

Крупнозубые 1,2

мелкозубые 2

Угловые 2,5-2,8

Фасонные 1,5-2,0

Дисковые 2

Конструкции сборных фрез и способы крепления ножей для большинства типов фрез стандартизованы; описание различных конструкций крепления ножей приводится также в справочной литературе. Основные размеры на рифления, углы уклона ножей и пазов режущего инструмента приведены в ГОСТ 2568-82*. Число зубьев торцовых фрез с механическим креплением ножей зависит от принятого способа крепления ножей и выбирается преимущественно по нормалям.

Пример 1. Рассчитать и сконструировать сборную цилиндрическую фрезу с механическим креплением пластин из быстрорежущей стали P18 для чернового фрезерования плоской поверхности шириной $B = 100$ мм у заготовки из стали 30ХМ с пределом прочности $\sigma_s = 1000$ МПа. Припуск на обработку $h = 6$ мм. Обработка производится на горизонтально-фрезерном станке 6М82Г с мощностью электродвигателя $N = 7$ кВт; заготовка крепится в приспособлении повышенной жесткости.

Решение:

1 Предварительно задаемся длиной L фрезы (для заданной ширины фрезерования B) и соответственно ее диаметром D , числом зубьев z' и углом ω :

$$L = 125 \text{ мм}; D' = 110 \text{ мм}; z' = 10; \omega = 20^\circ.$$

2 Скорость движения подачи назначаем по нормативам режимов резания. Для чернового фрезерования заготовки из стали цилиндрической фрезой с механическим креплением ножей при заданных условиях работы подача на зуб $S_z = 0,12 \dots 0,2 \text{ мм/зуб}$; принимаем $S_z = 0,15 \text{ мм/зуб}$.

3 Диаметр отверстия под оправку

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{сум}}}{0,1\sigma_{\text{н.д}}}}$$

Главная составляющая силы резания при $t = h = 6 \text{ мм}$ определяется по формуле:

$$P_z = \frac{9,81 C_p t^{x_p} S_z^{y_p} B z}{D^{q_p}} = \frac{9,81 \cdot 68,2 \cdot 6^{0,85} \cdot 0,15^{0,74} \cdot 100 \cdot 10}{110^{0,86}} =$$

$$= \frac{9,81 \cdot 68,2 \cdot 4,67 \cdot 0,246 \cdot 100 \cdot 10}{56,96} = 14\,250 \text{ Н} \quad (\approx 1425 \text{ кгс}).$$

Равнодействующая сила $P = 1,411 P_z = 1,411 \cdot 14250 \text{ Н} = 20\,106 \text{ Н}$

Расстояние между опорами фрезерной оправки принимают в зависимости от длины посадочного участка центральной фрезерной оправки $l = 400 \text{ мм}$.

Суммарный момент, действующий на фрезерную оправку:

$$M_{\text{сум}} = \sqrt{\left(\frac{3}{16} P l\right)^2 + \left(\frac{P_z D'}{2}\right)^2} =$$

$$= \sqrt{\left(\frac{3}{16} 20106 \cdot 400\right)^2 + \left(\frac{14250 \cdot 110}{2}\right)^2} = 177\,200 \text{ кгс} \cdot \text{мм};$$

в единицах СИ

$$M_{\text{сум}} = \sqrt{\left(\frac{3}{16} 20\,106 \cdot 400 \cdot 10^{-3}\right)^2 + \left(\frac{14\,250 \cdot 110 \cdot 10^{-3}}{2}\right)^2} =$$

$$= 1770 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Допустимое напряжение на изгиб материала оправки принимаем

$\sigma_{\text{н.д}} = 250 \text{ МПа}$; подставив в приведенную выше формулу найденные значения $M_{\text{сум}}$ и $\sigma_{\text{н.д}}$ получим диаметр отверстия фрезы под оправку:

$$d = \sqrt[3]{\frac{177\,200}{0,1 \cdot 25}} = 41,4 \text{ мм};$$

в единицах СИ

$$d = \sqrt[3]{\frac{1770}{0,1 \cdot 250 \cdot 10^6}} = 0,0414 \text{ м},$$

принимаем ближайший диаметр отверстия фрезы по ГОСТ 9472-83: $d = 40$ мм.

4 Устанавливаем окончательно наружный диаметр фрезы: $D = 2,5d = 2,5 \cdot 40 = 100$ мм; принимаем ближайший диаметр фрезы по СТ СЭВ 201-75: $D = 100$ мм, длину фрезы $L = 125$ мм. С учетом запаса вылета ножей на переточки принимаем максимальный наружный диаметр новой фрезы

$$D_{\max} = 112j_s 16 \begin{pmatrix} +0,17 \\ +0,08 \end{pmatrix}.$$

5 Окончательное число зубьев фрезы $z = m \sqrt{D} = 0,9 \cdot 10,58 = 9,53$; принимаем четное значение $z = 10$.

6. Определяем шаг зубьев фрезы:

$$S_{\text{окр}} = \frac{\pi D}{z} = \frac{3,14 \cdot 112}{10} = 37,6 \text{ мм};$$

окружной торцовый шаг

осевой шаг при $\omega = 20^\circ$, $\text{ctg } 20^\circ \sim 2,75$

7 Проверяем полученные величины z и $S_{\text{ос}}$ на условие равномерного

$$S_{\text{ос}} = \frac{\pi D}{z} \text{ctg } \omega = 37,6 \cdot 2,75 = 104 \text{ мм}.$$

фрезерования: $C = \frac{B}{S_{\text{ос}}}$ должно быть целым числом или величиной, близкой к

нему. В рассматриваемом примере $C = \frac{B}{S_{\text{ос}}} = \frac{100}{104} = 0,97$,

т. е. условие равномерного фрезерования обеспечено.

8 Отверстие фрезы и шпоночный паз выполняют по ГОСТ 9472—83.

9 Определяем геометрические параметры рабочей части фрезы; главный задний угол $\alpha = 12^\circ$; передний угол $\gamma = 10^\circ$.

10. Выбираем материал фрезы: корпуса - сталь 40Х; ножей - быстрорежущая сталь Р18; клиньев - сталь У8А. Назначаем твердость деталей

фрезы после термической обработки: корпуса 32-41,5 HRC₃; режущей части ножей 63-66 HRC₃, клиньев 41,5-51,5 HRC₃.

11. Допуски на основные элементы фрезы и другие технические требования принимаем по ГОСТ 8721-82* (фрезы с пластинами из твердого сплава) или по ГОСТ 1671-77* (фрезы с ножами из быстрорежущей стали), предельные отклонения размеров рифлений - по ГОСТ 2568-82*.

12. Выполняем рабочий чертеж фрезы (сборка, корпус, нож и клин) с указанием основных технических требований.

Задание 4.1

Рассчитать и сконструировать сборную цилиндрическую фрезу с винтовыми пластинами из твердого сплава для чернового фрезерования плоской поверхности заготовки шириной B и припуском на обработку h . Обработка производится на горизонтально-фрезерном станке 6Н83Г; заготовка крепится в приспособлении средней жесткости.

Конструкцию фрезы выбрать по ГОСТ 8721—86*

Таблица 11 – Данные к заданию 4.1

№ варианта	Материал заготовки	B , мм	h , мм
1	Сталь 40Х, $\sigma_b = 750$ МПа	130	12
2	Чугун СЧ20, 170 НВ	140	8
3	Медь М4, 80НВ	60	12
4	Бронза БрА7, 90НВ	100	8
5	Сталь 40Х, $\sigma_b = 750$ МПа	80	12
6	Сталь 40Х, $\sigma_b = 750$ МПа	100	4
7	Сталь 40Х, $\sigma_b = 750$ МПа	120	5
8	Сталь 40Х, $\sigma_b = 750$ МПа	50	4
9	Сталь 40Х, $\sigma_b = 750$ МПа	60	5
10	Чугун СЧ30, 220 НВ	70	8

Порядок выполнения работы

- 1 Выполнить задания в рабочей тетради согласно варианту, предложенному преподавателем.

Контрольные вопросы

- 1 Как классифицируются фрезы?
- 2 В зависимости от чего определяется материал, режущий части фрезы?
- 3 Как выбираются геометрические параметры режущей части фрезы?
- 4 Из какого материала изготавливают нерабочую часть фрез?
- 5 В зависимости от чего назначают наружный диаметр, число зубьев фрезы?

Список литературы

- 1 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 1 / А. Г. Схиртладзе [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 263 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.
- 2 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 2 / С. Н. Григорьев [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 246 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.

Тема 4.3 Расчет и табличное определение режимов резания при фрезеровании

**Практическое занятие 14-15. Определение режимов резания при обработке плоскостей. Определение режимов резания при обработке пазов
- 4 часа**

Цель:

- углубление, закрепление знаний об аналитическом расчете режимов резания при фрезерной обработке;
- формирование умений по расчету режимов резания.

Студент должен:

знать:

- методику и расчет рациональных режимов резания при фрезеровании;

уметь:

- пользоваться справочной документацией по выбору фрез, режимов резания в зависимости от конкретных условий обработки;
- выбирать конструкцию фрез в зависимости от конкретных условий обработки;
- производить расчет режимов резания при фрезерной обработке.

Методические указания

Независимо от типа фрезы процесс фрезерования может выполняться по схеме цилиндрического или торцевого фрезерования. К элементам режима резания относятся: глубина резания - t , подача - S_0 , скорость резания - V , ширина фрезерования – B . Диаметр торцевой фрезы выбирают по формуле: $D = 1,6B$ мм.

Глубина резания равна при цилиндрическом и торцевом фрезеровании снимаемому припуску, при фрезеровании дисковой фрезой глубине паза, при фрезеровании концевой фрезой равна ширине паза. Величину подачи выбирают из справочной литературы.

Скорость главного движения при аналитическом способе решения задачи определяют по эмпирической формуле:

$$v_n = \frac{C_v D^{q_v}}{T^{m_t} X_v S_z^{u_v} B^{u_{vz}} P_v} K_v,$$

при статистическом – по таблицам общемашиностроительных нормативов.

Частота вращения шпинделя определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 v_u}{\pi D}.$$

Мощность необходимая на резание определяют по формуле:

$$N_{ppe} = \frac{P_z \cdot v}{60 \cdot 102}$$

или по таблице нормативов.

Основное технологическое время определяют по формуле:

$$T_0 = \frac{L}{v_s};$$

Пример 1. На вертикально-фрезерном станке 6Т13 производится торцовое фрезерование плоской поверхности шириной $B = 70$ мм и длиной $l = 600$ мм; припуск на обработку $h = 3,7$ мм. Обрабатываемый материал - сталь 45 с $\sigma_B = 670$ МПа; заготовка-поковка. Обработка предварительная; параметр шероховатости поверхности $Rz = 80$ мкм. Эскиз обработки приведен на рис. 1.

Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания с использованием таблиц нормативов; определить основное время.

Решение.

I. Выбираем фрезу и устанавливаем ее геометрические элементы.

1. Принимаем торцовую фрезу со вставными призматическими зубьями, оснащенными пластинами из твердого сплава Т15К6.

Диаметр D торцовой фрезы выбирают в зависимости от ширины фрезеруемой поверхности B ; ориентировочно $D = 1,6B$ мм.

Следовательно, $D = 1,6 * 70 = 112$ мм. Принимаем стандартную фрезу диаметром $D = 110$ мм с числом зубьев $z = 4$.

2. Определяем геометрические элементы фрезы. $\varphi = 45 \dots 90^\circ$; принимаем $\varphi = 60^\circ$.

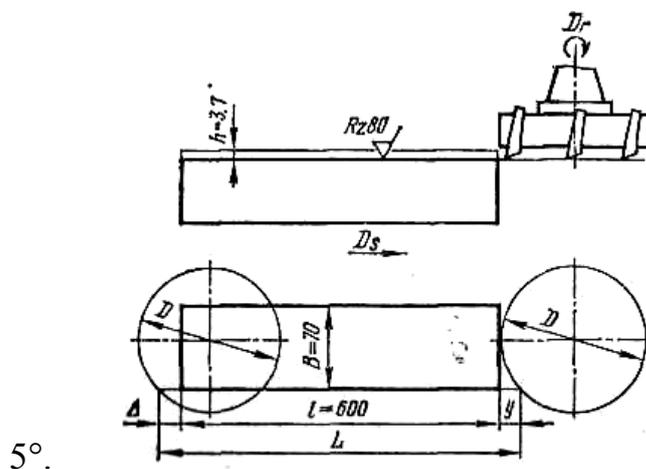


Рис. 5. Эскиз обработки к примеру 1

II. Назначаем режим резания.

1. Устанавливаем глубину резания. Припуск снимаем за один рабочий ход; следовательно, $t = h = 3,7$ мм.

2. Назначаем подачу на зуб фрезы. Для стали, твердого сплава T15K6, мощности станка $N_d = 10$ кВт при фрезеровании по схеме II («смещенное» фрезерование) $S_z = 0,18 \dots 0,22$ мм/зуб. Принимаем $S_z = 0,2$ мм/зуб. При «смещенном» фрезеровании создаются наиболее благоприятные условия врезания зубьев фрезы в обрабатываемую заготовку, что позволяет увеличить S , по сравнению с S_z при симметричном фрезеровании примерно в 2 раза. В эскизе обработки показана смещенная (несимметричная) установка фрезы.

Поправочный коэффициент на подачу (с. 211, п. 4[5]) $K_{\varphi Sz} = 1$, так как угол $\varphi = 60^\circ$. Таким образом, принятое значение $S_z = 0,2$ мм/зуб не изменяется.

3. Назначаем период стойкости фрезы (табл. 2, с. 203, 204[5]). Для торцевой фрезы из твердого сплава диаметром $D = 110$ мм рекомендуется период стойкости $T = 180$ мин. Допустимый износ зубьев фрезы по задней поверхности $h_z = 1,2$ мм (прил. 3, с. 372[5]).

4. Определяем скорость главного движения резания, допускаемую

режущими свойствами фрезы (карта 109, с. 210, 211[5]): находим табличное значение скорости для $D = 110$ мм, $z = 4$, t до 5 мм и S_z до 0,24 мм/зуб: $v_{\text{табл}} = 194$ м/мин.

Учитываем поправочные коэффициенты на скорость ([5]). Для стали с $\sigma_B = 67$ кгс/мм² $K_{Mv} = 1,12$. Для случая черновой обработки поковки $K_{пв} = 0,9$. Из прочих поправочных коэффициентов для заданных условий обработки каждый равен единице. С учетом коэффициентов $v_{\text{и}} = v_{\text{табл}} K_{Mv} K_{пв} = 194 * 1,12 * 0,9 = 195,5$ м/мин ($\sim 3,26$ м/с).

5. Частота вращения шпинделя, соответствующая найденной скорости главного движения резания:

$$n = \frac{1000v_{\text{и}}}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 195,6}{3,14 \cdot 110} = 566 \text{ мин}^{-1}.$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по данным станка и устанавливаем действительную частоту вращения: $n_d = 500 \text{ мин}^{-1}$.

6. Действительная скорость главного движения резания

$$v_{\text{д}} = \frac{\pi D n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 110 \cdot 500}{1000} = 172,7 \text{ м/мин} (\approx 2,88 \text{ м/с}).$$

7. Определяем скорость движения подачи (старый термин - минутная подача S_M) $v_s = S_M = S_z z n_d = 0,2 * 4 * 500 = 400$ мм/мин. Корректируем эту величину по данным станка и устанавливаем действительную скорость подачи $v_s = 400$ мм/мин.

8. Определяем мощность, затрачиваемую на резание (карта 111, с. 214, 215[5]): $N_{\text{табл}} = 6,3$ кВт. Эта мощность определена интерполированием $N_{\text{табл}} = 6,6$ кВт (для $v_s = S_M = 420$ мм/мин) и $N_{\text{табл}} = 5,5$ кВт (для $v_s = S_M = 320$ мм/мин), так как значение $N_{\text{табл}}$ для установленной по станку скорости движения подачи $v_s = S_M = 400$ мм/мин в указанной карте отсутствует. Учитываем поправочные коэффициенты на мощность: $K_{\phi N} = 1$, так как у фрезы принят угол $\phi = 60^\circ$; $K_{\gamma N} = 0,95$, так как у фрезы принят угол $\gamma = -5^\circ$ (этот коэффициент определен интерполированием); $N_{\text{рез}} = N_{\text{табл}} K_{\gamma N} = 6,3 * 0,95 = 6,0$ кВт.

9. Проверяем, достаточна ли мощность привода станка. Необходимо выполнить условие $N_{рез} < N_{шп.}$. Мощность на шпинделе станка $N_{шп.} = N_d \eta$. У станка 6Т13 $N_d = 10$ кВт, а $\eta = 0,8$; $N_{шп.} = 10 * 0,8 = 8,0$ кВт. Следовательно, обработка возможна ($6,0 < 8,0$).

III. Основное время

$$T_o = \frac{L}{v_s}$$

При «смещенном» фрезеровании врезание фрезы $u = 0,3D$ мм; $u = 0,3 * 110 = 33$ мм. Перебег $\Delta = 1 \dots 5$ мм; принимаем $\Delta = 3$ мм.

Тогда:

$$L = 600 + 33 + 3 = 636 \text{ мм}; T_o = \frac{636}{400} = 1,59 \text{ мин.}$$

Задание 4.2

На вертикально-фрезерном станке 6Т13 производят торцовое фрезерование плоской поверхности шириной B и длиной l ; припуск на обработку h . Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания; определить основное время.

Таблица 12 – Данные к заданию 4.2

№ варианта	Материал заготовки	B , мм	l , мм	h , мм	Заготовка	Обработка, параметр шероховатости
1	Сталь Ст5 $\sigma_B = 600$ МПа	65	100	3	Поковка	Черновая с охлаждением

2	Серый чугун СЧ15, 175НВ	40	120	1,5	Отливка	Получистовая, без охлаждения Ra=2,0
3	Сталь 35 $\sigma_b = 600$ МПа	80	150	4	Прокат	Черновая с охлаждением
4	Алюмин. сплав АЛ7, 60НВ	50	200	1,5	Отливка	Получистовая, без охлаждения Rz=20
5	Бронза БрАЖ9- 4, 120НВ	75	320	4	Отливка	Черновая по корке без охлаждения
6	Сталь 45Х $\sigma_b = 750$ МПа	90	250	1,5	Поковка	Получистовая (окончательная), с охлаждением Ra=2,0
7	Серый чугун СЧ30, 200НВ	60	300	4	Отливка	Черновая по корке без охлаждения
8	Сталь 40ХНМА $\sigma_b = 850$ МПа	85	400	1,5	Поковка	Получистовая (окончательная), с охлаждением Ra=2,0
9	Латунь ЛК80-3, 110НВ	45	130	1	Отливка	Получистовая (окончательная), с охлаждением Ra=2,0
10	Серый чугун, 220НВ	70	350	5	Отливка	Черновая по корке без охлаждения

Задание 4.3

На вертикально-фрезерном станке 6Т12 концевой фрезой фрезеруют сквозной паз шириной b , глубиной h и длиной l . Обработка получистовая, параметр шероховатости поверхности $Ra = 3,2$ мкм (Приложение И.4). Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания; определить основное время.

Таблица 13 – Данные к заданию 4.3

№	Материал	b , мм	l , мм	h мм	Заготовка	Обработка,
---	----------	----------	----------	--------	-----------	------------

варианта	заготовки					параметр шероховатости
1	Сталь 40ХН $\sigma_b = 700$ МПа	30	300	5	Поковка	С охлаждением
2	Сталь ХГ $\sigma_b = 1100$ МПа	16	200	10	Прокат	С охлаждением
3	Серый чугун СЧ30, 200НВ	18	80	10	Отливка	Без охлаждения
4	Серый чугун СЧ15, 175НВ	20	160	12	Отливка	Без охлаждения
5	Бронза БрАЖН11-6-6	28	385	4	Отливка	Без охлаждения
6	Алюмин. сплав АЛ7, 60НВ	25	180	10	Отливка	Без охлаждения
7	Сталь Ст3 $\sigma_b = 400$ МПа	35	200	16	Поковка	С охлаждением
8	Сталь Ст5 $\sigma_b = 600$ МПа	22	300	12	Поковка	С охлаждением
9	Сталь 38ХА 207НВ	14	50	5	Прокат	С охлаждением
10	Сталь 40Г 229НВ	25	200	15	Прокат	С охлаждением

Порядок выполнения работы

- 1 Выполнить задания в рабочей тетради согласно варианту, предложенному преподавателем.

Контрольные вопросы

- 1 Что является элементами резания при фрезеровании?
- 2 Дать определение ширины фрезерования.
- 3 Какой вид подачи является исходным для назначения режима резания при фрезеровании?
- 4 Как определяется основное технологическое время?

Список литературы

- 1 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 1 / А. Г. Схиртладзе [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 263 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.
- 2 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 2 / С. Н. Григорьев [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 246 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.

РАЗДЕЛ 5 РЕЗЬБОНАРЕЗАНИЕ

Тема 5.2 Расчет и конструирование резьбонарезных инструментов

Практическое занятие 16. Расчет и конструирование метчиков -2 часа.

Цель:

- приобретение практических навыков по расчету метчиков.

Студент должен:

знать:

- методы нарезания резьбы и применение инструмента;
- конструктивные элементы и геометрические параметры резьбонарезного инструмента.

уметь:

- выбирать конструкцию и геометрию резьбонарезного инструмента для конкретного вида обработки.

Методические указания

Метчики по назначению делят на машинные, машинно-ручные, гаечные, плашечные, маточные, калибровочные, для конической резьбы и специальные. Все основные типы метчиков стандартизованы. Конструктивные элементы метчиков выбирают по приведенным ниже данным.

1. Диаметр d_3 заборной части (главной режущей кромки) на переднем торце метчика делается меньше внутреннего диаметра резьбы: при диаметре до 18 мм - на 0,1-0,15 мм; при диаметре 20-39 мм - на 0,2-0,25 мм; при диаметре 42-52 мм - на 0,3-0,35 мм.

2. Длина заборной части метчика:

$$l_1 = \frac{H}{\operatorname{tg} \varphi}; \quad l_1 = \frac{H}{\sigma_2};$$

где H - высота профиля резьбы; φ - угол заборной части метчика; z - число стружечных канавок метчика; σ - коэффициент, равный отношению толщины стружки a_z к шагу P нарезаемой резьбы; $\sigma = a_z / P$ Принимают $\sigma = 0,003 \dots 0,05$. Элементы заборной части метчика показаны на рис. 3.

3. Угол заборной части:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{d_0 - d_3}{2l_1},$$

где d_0 - наружный диаметр резьбы метчика; d_3 - диаметр отверстия заготовки под резьбу.

4. Основные размеры, число стружечных канавок метчика, профиль и размеры канавок определяют по ГОСТ 3266-81.

5. Передний угол γ на заборной и калибрующих частях и задний угол α на заборной части метчика (рис. 4) выбирают по следующим данным: Материал заготовки

Сталь:

$\sigma_B < 600$ МПа	15
$\sigma_B = 600 \dots 900$ МПа	10
$\sigma_B > 900$ МПа	5
Чугун	5
Бронза	0
Латунь	10
Алюминий и его сплавы	20-30

Метчики	$\alpha, ^\circ$
Машинные	8-10
Ручные	6-8
Гаечные и машинные со шлифованным профилем	8-12
Калибровочные	3-4
Для легких сплавов	4-8

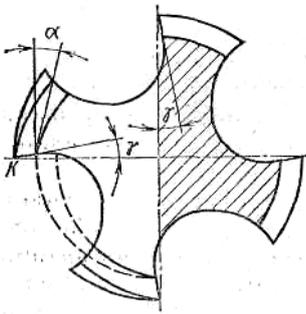
6. Затылование на длине заборной части:

$$K = \frac{\pi d_0}{z} \operatorname{tg} \alpha.$$

7. Обратная конусность на калибрующей части составляет 0,05-0,10 мм на 100 мм длины (в зависимости от метода образования резьбы на метчике).

8. Размеры профиля резьбы чистовых метчиков определяют по стандартам на определенный тип резьбы.

Диаметры резьбы черновых метчиков в комплекте из 2 шт. определяют по следующим формулам (для метрической резьбы):



наружный диаметр:

$$\text{наибольший } d_q = d - 0,25P;$$

$$\text{наименьший } d_q = d_q - \text{допуск } h11$$

средний диаметр:

$$\text{наибольши } d_{2ч} = d_{2ч} - 0,07 \sqrt{P};$$

$$\text{наименьший } d_{2ч} = d_{2ч} - h9$$

Рис.5

внутренний диаметр:

$$\text{наибольший } d_{1ч} = d_{1ч} - 0,1 \sqrt{P};$$

наименьший — не нормируется.

У метчиков в комплекте из 3 шт. диаметры резьбы определяют по следующим формулам:

для чернового метчика:

наружный диаметр:

$$\text{наибольший } d_q = d - 0,55P;$$

$$\text{наименьший } d_q = d_q - \text{допуск } h11$$

средний диаметр:

$$\text{наибольший } d_{2ч} = d_2 - 0,16P$$

$$\text{наименьший } d_{2ч} = d_{2ч} - \text{допуск } h9$$

внутренний диаметр:

наибольший $d_{1ч} = d_1 - (0,03 \dots 0,12 \sqrt{P})$;

наименьший - не нормируется;

для среднего метчика:

наружный диаметр:

наибольший $d_c = d - 0,17P$

наименьший $d_c = d_c$ - допуск $h11$;

средний диаметр:

наибольший $d_{2c} = d_{2c} - 0,067 \sqrt{P}$);

наименьший $d_{2c} = d_{2c}$ — допуск $h9$;

внутренний диаметр:

наибольший $d_{1c} = d_1 - 0,09 \sqrt{P}$;

Допустимое отклонение для половины угла профиля $\alpha/2$ и шага резьбы P на определенном отрезке длины определяют по ГОСТ 16925-86.

В ГОСТ 16925-86 на допуски на резьбу метчиков предусмотрено изготовление метчиков трех степеней точности (Н1, Н2 и Н3) для метрической резьбы с посадками скольжения и двух степеней точности (G1 и G2) для резьбы с посадками с зазорами.

Метчики предназначены для нарезания резьбы следующих степеней точности:

Степень точности	<i>H1</i>	<i>H2</i>	<i>H3</i>	<i>G1</i>	<i>G2</i>
------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

метчика

Степень точности	<i>4H5H, 5H6H</i>	<i>5H6H, 6H</i>	<i>6H, 7H</i>	<i>G6</i>	<i>G7</i>
------------------	--------------------------	------------------------	----------------------	------------------	------------------

нарезаемой

резьбы

Для трубной резьбы метчики изготавливают трех степеней точности (A_1 , A_2 и B_1).

9. Размеры и допуски диаметров и квадратов хвостовиков метчиков должны соответствовать ГОСТ 9523-84.

10. Метчики машинные, гаечные и специального, назначения со шлифованным профилем изготавливают из быстрорежущих сталей P6M5, P9, P18. Метчики диаметром 10 мм и выше изготавливают из быстрорежущей стали только сварными. Ручные метчики изготавливают из сталей У10А, У12А, 9ХС, ХВГ и др. Твердость режущей части метчиков 62-66 HRC,; твердость квадратов хвостовиков 32-51,5 HRC₃ (в зависимости от стали и диаметра метчика).

Пример 1. Рассчитать и сконструировать комплект ручных метчиков для нарезания метрической резьбы *M27-7H* по ГОСТ 9150-81 и ГОСТ 24705-81 в заготовке из стали 45 с $\sigma_B = 800$ МПа.

Решение:

1. Основные конструктивные и габаритные размеры ручных метчиков выбираем по ГОСТ 3266-81. Число метчиков в комплекте для резьбы с шагом 3 мм - 2 шт. Длина метчика $L = 135$ мм; длина режущей части $l = 45$ мм; длина заборной части $l_1 = 18$ мм для чернового и $l_1 = 6$ мм для чистового метчиков; диаметр хвостовика $d_1 = 20h9$ мм; размеры квадрата хвостовика: $a = 16h12$ мм; $l = 20$ мм (ГОСТ 9523—84).

2. Исполнительные размеры резьбы и допуски чистового метчика определяют по формулам:

наружный диаметр:

$$\text{наибольший } d'' = 27,0 + 0,284 = 27,284 \text{ мм};$$

$$\text{наименьший } d' = 27,0 + 0,200 = 27,200 \text{ мм};$$

средний диаметр:

$$\text{наибольший } d''_2 = 25,051 + 0,082 = 25,133 \text{ мм};$$

$$\text{наименьший } d'_2 = 25,051 - 0,030 = 25,081 \text{ мм};$$

$$\text{внутренний диаметр наибольший } d''_1 = 23,752 - 0,160 = 23,592 \text{ мм}.$$

Исполнительные размеры резьбы для чернового метчика:

наружный диаметр:

$$\text{наибольший } d''_ч = d' - 1,25P = 27,200 - 0,25 \cdot 3 = 26,450 \text{ мм};$$

средний диаметр:

$$\text{наименьший } d'_ч = d''_ч - h_{11} = 26,450 - 0,130 = 26,320 \text{ мм};$$

$$\text{наибольший } d''_{2ч} = d'_2 - 0,07 \sqrt{P} = 25,081 - 0,07 \sqrt{3} = 24,960 \text{ мм};$$

$$\text{наименьший } d''_2 = d''_2 - h_9 = 24,960 - 0,052 = 24,908 \text{ мм};$$

внутренний диаметр наибольший

$$d''_{1ч} = d'_1 - 0,1 \sqrt{P} = 25,081 - 0,01 \sqrt{3} = 23,419 \text{ мм}.$$

3. Допустимое отклонение для половины угла профиля резьбы черного и чистового метчиков $\pm 20'$ (по ГОСТ 16925—86*).

4. Допустимое отклонение шага на длине до 10 мм $P = \pm 0,030$ мм; на длине до 25 мм $P = \pm 0,050$ мм.

5. Геометрические параметры режущей части метчиков выбираем по ГОСТ 3266—81: число канавок $z = 4$; передний угол $\gamma = 10^\circ$; задний угол $\alpha = 6^\circ$.

Затылование:

$$K = \frac{\pi d}{z} \operatorname{tg} \alpha = \frac{3,14 \cdot 27,0}{4} \operatorname{tg} 6^\circ = 2,12 \text{ мм}.$$

6. Профиль и размеры канавок метчиков выбираем по прил. 1 к ГОСТ 3266-81. По найденным размерам строим профиль канавочной фрезы.

7. Размеры центровых отверстий принимаем по ГОСТ 14034-82*. форма А.

8. Технические требования даны в ГОСТ 3449-84Е. Марка стали, твердость, предельные отклонения, параметры шероховатости поверхностей и т. д. указываются на рабочем чертеже. Выполняем рабочий чертеж (Приложение К.2) с указанием основных технических требований. На рабочем чертеже должны быть изображены профиль резьбы черного и чистового метчиков, профиль канавок и профиль канавочной фрезы, выполненные в большом масштабе.

Задание 5.1

Рассчитать и сконструировать комплект ручных метчиков по ГОСТ 3266—81 для нарезания метрической резьбы по ГОСТ 24705—81 в заготовке из стали 45.

Таблица 14- Данные к заданию 5.1

№ варианта	Резьбы
1	M20-6G
2	M6-6H
3	M10x1-6G
4	M30x2-6H
5	M20-7H
6	M24-6H
7	M24x2-6H
8	M12x0,5-7H
9	M20x2-7G
10	M16-7G

Порядок выполнения работы

- 1 Выполнить задания в рабочей тетради согласно варианту, предложенному преподавателем.

Контрольные вопросы

- 1 Как классифицируются метчики?
- 2 Чем отличается конструкция ручных и машинных метчиков?
- 3 Почему ручные метчики в основном работают комплектами?

Список литературы

- 1 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 1 / А. Г. Схиртладзе [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 263 с. — Режим

доступа: <https://www.biblio-online.ru>.

- 2 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 2 / С. Н. Григорьев [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 246 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.

Тема 5.3 Расчет и табличное определение режимов резания при резьбонарезании

Практическое занятие 17 - 18. Расчет режимов резания при нарезании резьбы резцами, метчиками, фрезами – 4 часа

Цель:

- углубление, закрепление знаний об аналитическом расчете режимов резания при нарезании резьбы;
- формирование умений по расчету режимов резания.

Студент должен:

знать:

- методику и расчет рациональных режимов резания при нарезании резьбы;
- уметь:
- пользоваться справочной документацией по выбору резцов, метчиков, плашек, режимов резания в зависимости от конкретных условий обработки;
 - выбирать конструкцию инструментов в зависимости от конкретных условий обработки;
 - производить расчет режимов резания при нарезании резьбы.

Методические указания

Инструментом для нарезания наружных резьб служат резьбонарезные резцы, плашки, резьбонарезные фрезы. Для нарезания внутренних резьб –

резцы и метчики. Задачи решаются аналитическим или статистическим способом. При решении аналитическим способом используются эмпирические формулы, статистическим – таблицы нормативов. В данной работе студентам предлагается назначить режимы только статистическим способом.

Пример 1.

На токарно-винторезном станке 16К20 производится предварительное нарезание резцом напроход наружной метрической треугольной резьбы, М60х4-8g; длина резьбы $l = 80$ мм. Материал заготовки - сталь 45 X с $\sigma_s = 750$ МПа (~ 75 кгс/мм²). Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания по таблицам нормативов; определить основное время.

Решение: (по нормативам [5]).

I. Выбираем резец и устанавливаем его геометрические элементы. Принимаем резьбовой резец для метрической резьбы. Материал пластинки - твердый сплав Т15К6 (карта 22, с. 67[5]); материал корпуса - сталь 45; сечение корпуса 16х25 мм; длина резца 150 мм. Определяем геометрические элементы (прил. 2, с. 356[5]): угол профиля резца 60° (показан на эскизе, приведенном в карте); $\alpha = 6^\circ$; $\gamma = 0$; $r = 0,8$ мм (для шага резьбы $P = 4$ мм).

II. Назначаем режим резания.

1. Устанавливаем число черновых рабочих ходов (карта 22, с. 67[5]). Для наружной резьбы с шагом $P = 4$ мм $i = 6$.

2. Определяем скорость главного движения резания, допускаемую режущими свойствами резца (карта 22, с. 67[5]).

Для стали с $\sigma_s = 71 \dots 79$ кгс/мм², наружной резьбы точности 8g и шага $P = 4$ мм $v_{\text{табл}} = 109$ м/мин.

Поправочные коэффициенты на скорость главного движения резания при заданных условиях обработки не учитываем (каждый из них равен единице). Тогда $v_n = v_{\text{табл}} = 109$ м/мин ($\sim 1,82$ м/с).

Частота вращения шпинделя станка, соответствующая найденной

$$n = \frac{1000v_n}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 109}{3,14 \cdot 60} = 578 \text{ мин}^{-1}.$$

скорости главного движения резания:

Корректируем частоту вращения по данным станка и устанавливаем действительную частоту вращения шпинделя: $n_d = 500 \text{ мин}^{-1}$.

Действительная скорость главного движения резания

$$v_d = \frac{\pi D n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 500}{1000} = 94,2 \text{ м/мин } (\approx 1,57 \text{ м/с}).$$

3. Определяем мощность, затрачиваемую на резание (карта 22, с. 67[5]); Для стали с $\sigma_s = 71 \dots 79 \text{ кгс/мм}^2$, наружной резьбы заданной точности 8g (старое обозначение - 3-й класс) и шага $P = 4 \text{ мм}$ $N_{\text{табл}} = 6,9 \text{ кВт}$.

Поправочные коэффициенты на мощность при заданных условиях обработки равны единице. Следовательно, $N_{\text{рез}} = N_{\text{табл}} = 6,9 \text{ кВт}$.

Проверяем, достаточна ли мощность привода станка. У станка 16К20 $N_d = 10 \text{ кВт}$; КПД $\eta = 0,75$; $N_{\text{шп}} = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \text{ кВт}$; $N_{\text{рез}} < N_{\text{шп}}$ ($6,9 < 7,5$), т.е. обработка возможна.

III. Основное время (мин)

$$T_0 = \frac{l + l_1}{n_d P}.$$

Врезание и перебег резца l_1 (мм) устанавливаем по прил. 6, с. 375: $l_1 = (5 \dots 8) P$; принимаем $l_1 = 6P = 6 \cdot 4 = 24 \text{ мм}$. При нарезании резьбы резцом подачу принимают численно равной шагу резьбы P :

$$T_0 = \frac{80 + 24}{500 \cdot 4} \cdot 6 = 0,31 \text{ мин.}$$

Пример 2 На вертикально-сверлильном станке 2Н125 нарезают метчиком резьбу М20—6Н в сквозном отверстии. Шаг резьбы $P = 2,5 \text{ мм}$. Длина резьбы $l = 60 \text{ мм}$. Материал заготовки - серый чугун, 170 НВ. Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания по таблицам нормативов; определить основное время.

Решение: (по нормативам [6]).

I. Выбираем метчик и устанавливаем его геометрические элементы. Принимаем машинный метчик М20х2,5 из быстрорежущей стали Р18 (или Р6М5). Геометрические элементы (прил. 2, с. 365[8]): $\gamma = 8^\circ$; $\alpha = 8^\circ$; $\varphi = 20^\circ$; $\lambda = 0^\circ$.

II. Назначаем режим резания.

1. Определяем скорость главного движения резания, допускаемую режущими свойствами метчика (карта 84, с. 149[6]).

Для серого чугуна и диаметра резьбы 20 мм $v_{\text{табл}} = 8,5$ м/мин. Поправочные коэффициенты на скорость главного движения резания для заданных условий обработки равны единице (там же), так как твердость чугуна 156-229 НВ, точность резьбы 6Н (старое обозначение 2-й класс) и материал режущей части метчика - Р18. Тогда $v_{\text{н}} = v_{\text{табл}} = 8,5$ м/мин ($\sim 0,14$ м/с).

Частота вращения шпинделя станка, соответствующая найденной скорости главного движения резания:

$$n = \frac{1000v_{\text{н}}}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 8,5}{3,14 \cdot 20} = 135 \text{ мин}^{-1}.$$

Корректируем частоту вращения по данным станка и устанавливаем действительную частоту вращения шпинделя: $n_{\text{д}} = 125 \text{ мин}^{-1}$.

Действительная скорость главного движения резания

$$v_{\text{д}} = \frac{\pi D n_{\text{д}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 125}{1000} = 7,8 \text{ м/мин} (\approx 0,13 \text{ м/с}).$$

2. Мощность, затрачиваемая на резание (карта 84, с. 149[8]), для серого чугуна и диаметра резьбы 20 мм $N_{\text{табл}} = 0,89$ кВт. Поправочные коэффициенты на мощность для заданных условий равны единице. Тогда $N_{\text{рез}} = N_{\text{табл}} = 0,89$ кВт.

Проверяем, достаточна ли мощность станка. У станка 2Н125 $N_{\text{шп}} = N_{\text{дл}} = 2,8 \cdot 0,8 \sim 2,2$ кВт; $N_{\text{рез}} < N_{\text{шп}}$ ($0,89 < 2,2$), т. е. обработка возможна.

III. Основное время

$$T_0 = \frac{l + l_1}{P n_{\text{д}}} + \frac{l + l_1}{P n_1}$$

(второе слагаемое учитывает время на вывертывание метчика из нарезанного отверстия).

Врезание и перебеги метчика l_1 устанавливаем по нормативам (прил. 4, с. 375). Они складываются из длины заборной части метчика (три—шесть витков) и калибрующей части (один-два витка). Принимаем $l_1=4P+2P = 6P = 6 \cdot 2,5 = 15$ мм; частота вращения метчика при обратном ходе $n_1 = 1,25n_d$. Тогда $n_1 = 1,25 \cdot 125 = 156$ мин. По данным станка $n_1 = 180$ мин⁻¹

$$T_0 = \frac{60 + 15}{2,5 \cdot 125} + \frac{60 + 15}{1,5 \cdot 180} = 0,24 + 0,17 = 0,41 \text{ мин.}$$

Задание 5.2

На токарно-винторезном станке 16К20 нарезают резцом метрическую резьбу. Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания по таблицам нормативов; определить основное время.

Таблица 15 – Данные к заданию 5.2

№ варианта	Материал заготовки	Резьба, способ крепления	Обработка	Размеры резьбы, мм	
				DxP	l
1	Сталь Ст3 $\sigma_b = 600$ МПа	Наружная, напроход	Черновая	M42x3-8g	65
2	Сталь ХГ $\sigma_b = 1100$ МПа	Внутренняя, напроход	Чистовая	M120x3-6H	40
3	Серый чугун СЧ30, 200НВ	Наружная, в упор	Черновая	M64x3-8g	100
4	Серый чугун СЧ15, 175НВ	Внутренняя, в упор	Чистовая	M80x2-5H	45
5	Бронза БрАЖН11-6-6	Наружная, напроход	Черновая	M130x2-8g	70
6	Алюмин. сплав АЛ7, 60НВ	Внутренняя, напроход	Чистовая	M60x3-6H	55
7	Сталь Ст3 $\sigma_b = 400$ МПа	Наружная, в упор	Черновая	M48x1,5-8 g	65
8	Сталь Ст5 $\sigma_b = 600$ МПа	Внутренняя, в упор	Чистовая	M12x0,5-7H	50

9	Сталь 40Г 229НВ	Наружная, напроход	Черновая	M90x4-6g	120
10	Сталь 38ХА 207НВ	Внутренняя, напроход	Чистовая	M100x2-8H	50

Задание 5.3

На вертикально-сверлильном станке 2Н125 машинным метчиком нарезают в отверстиях метрическую резьбу. Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания по таблицам нормативов; определить основное время.

Таблица 16 – Данные к заданию 5.3

№ варианта	Материал заготовки	Отверстие	Резьба	Размеры резьбы, мм	
				Шаг, P	Длина, l
1	Сталь 35 $\sigma_b = 600$ МПа	Сквозное	M14-7H	2	30
2	Серый чугун СЧ30, 200НВ	Сквозное	M16-6H	2	40
3	Сталь 45 $\sigma_b = 600$ МПа	Глухое	M12-6H	1,75	30
4	Серый чугун СЧ15, 175НВ	Глухое	M10-7H	1,5	25
5	Бронза БрАЖН11-6-6	Сквозное	M20-6H	2,5	50
6	Алюмин. сплав АЛ7, 60НВ	Сквозное	M14-6H	2	35
7	Сталь Ст3 $\sigma_b = 400$ МПа	Глухое	M8-7H	1,25	18
8	Сталь Ст5 $\sigma_b = 600$ МПа	Глухое	M12-6H	1,75	25
9	Сталь 40Г	Глухое	M16-6H	2	40

	229HB				
10	Серый чугун СЧ15, 175HB	Сквозное	M8-7H	1,25	20

Контрольные вопросы

- 1 Как определяется глубина резания при нарезании резьбы метчиком?
- 2 Что является подачей при резьбонарезании?
- 3 Как определяется величина врезания и перебега при расчете основного времени?

Список литературы

- 1 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 1 / А. Г. Схиртладзе [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 263 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.
- 2 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 2 / С. Н. Григорьев [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 246 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.

РАЗДЕЛ 6 ЗУБОНАРЕЗАНИЕ

Тема 6.3 Расчет и проектирование зуборезных инструментов

Практическое занятие 19. Построение рабочего профиля дисковой модульной фрезы табличным методом по координатам точек профиля -2 часа

Цель:

- углубление, закрепление знаний о способах нарезания зубьев;
- формирование умений по профилированию зуборезного инструмента.

Студент должен:

знать:

- методы нарезания зубьев и применяемые инструменты;
- достоинства, недостатки и область применения каждого метода;
- особенности конструкции зуборезного инструмента;

уметь:

- определять конструктивные параметры и геометрию зуборезного инструмента.

Методические указания

Зуборезный инструмент можно разделить; на две основные группы:

1) инструмент, работающий по методу копирования (деления) [модульные фрезы (дисковые и пальцевые), зубодолбежные головки (к станкам 510) и инструмент для протягивания зубчатых колес];

2) инструмент, работающий по методу обкатки (огибания); червячные фрезы для обработки цилиндрических и червячных колес, колес с зацеплением Новикова, зуборезные долбяки и гребенки, зубострогальные резцы для нарезания прямозубых конических колес, резцовые головки для нарезания конических колес с круглыми зубьями, шеверы (дисковые, реечные и червячные).

Значения нормальных модулей зубчатых колес, а следовательно, и всех видов зуборезного инструмента устанавливает ГОСТ 9563-86*.

Общие термины, определения и обозначения погрешностей и допусков для зубчатых колес передач устанавливает ГОСТ 1643-81, а исходный контур зубчатых эвольвентных передач - ГОСТ 13755-81. Этим стандартом установлен размер угла главного профиля $\alpha = 20^\circ$, а для зуборезного инструмента угол профиля в нормальном сечении $\alpha_n = 20^\circ$.

Дисковые зуборезные (модульные) фрезы выполняют для каждого модуля наборами из 8, 15 или 26 фрез *. Для построения очертания профиля зуба модульных фрез ВНИИ Инструмент предложил специальные таблицы [18] (табл. 120, 121) значений координат x и y для любой точки профиля фрезы, отсчитываемых от дна впадины зуба, координат x_c центров закруглений по впадине зуба, радиусов закруглений R , а затем точек координат B, C, D, E профилей зуба. Координаты точек H_5 и S_5 являются последними точками профиля шаблона для затыловочного резца. Профиль типа Г (рис. 1) предназначен для фрез № 1-5. Этот профиль состоит из дуги окружности AB , отрезка прямой BC и эвольвенты CDE .

Профиль типа II предназначен для фрез № 6-8. Этот профиль состоит из отрезка прямой линии OA , дуги окружности AB и эвольвенты BDE . Приведенные в таблице значения координат x и y даны для модуля $m = 100$ мм. Для других значений модуля табличные значения надо разделить на 100 и умножить на модуль нарезаемого колеса. По рассчитанным координатам выполняют шаблон и контршаблон для проверки профиля изготавливаемой фрезы.

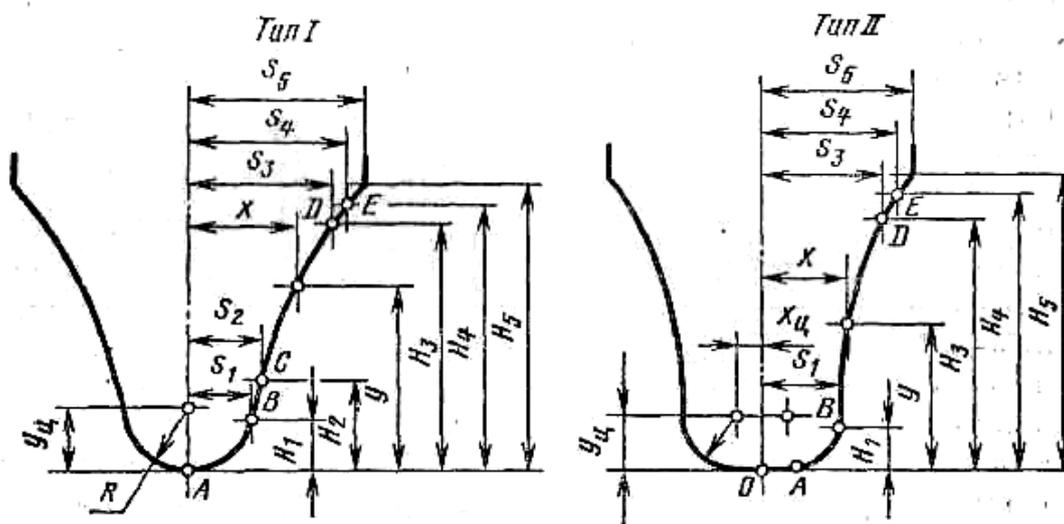


Рис. 6 - Построение профиля дисковых модульных фрез.

Таблица 17 - Координаты, мм, точек x и y звольвентной части профиля дисковых модульных фрез для $m = 100$ мм

Фреза 1		Фреза 2		Фреза 3		Фреза 4		Фреза 5		Фреза 6		Фреза 7		Фреза 8	
y	x														
90	63,73	80	64,88	70	62,95	60	59,39	50	56,84	50	55,55	40	51,60	30	46,62
100	71,38	90	67,70	80	64,64	70	61,72	60	58,88	60	58,17	50	55,47	40	50,25
110	75,86	100	71,37	90	67,66	80	64,41	70	61,41	70	61,06	60	57,18	50	53,59
120	81,08	110	75,69	100	71,34	90	64,59	80	64,20	80	63,73	70	60,77	60	57,08
130	86,97	120	80,61	110	75,51	100	71,27	90	67,64	90	67,64	80	64,14	70	60,51
140	93,52	130	86,11	120	80,17	110	75,31	100	71,31	100	71,25	90	67,64	80	64,04
150	100,77	140	92,17	130	85,29	120	79,76	110	75,27	110	75,15	100	71,29	90	67,60
160	108,60	150	98,76	140	90,84	130	84,56	120	79,52	120	79,25	110	75,05	100	71,29
170	117,11	160	105,91	150	96,85	140	89,59	130	84,08	130	83,53	120	78,98	110	74,99
180	126,35	170	113,57	160	103,25	150	95,28	140	88,91	140	88,04	130	83,01	120	78,71
190	136,31	180	121,81	170	110,10	160	101,03	150	94,08	150	92,73	140	87,20	130	82,71
200	147,04	190	130,59	180	117,10	170	107,29	160	99,41	160	97,64	150	91,49	140	86,39
210	158,61	200	139,83	190	125,07	180	113,68	170	105,05	170	102,70	160	95,94	150	90,30
220	171,06	210	149,97	200	133,24	190	120,52	180	110,95	180	108,05	170	100,50	160	94,22
230	184,36	220	160,59	210	141,81	200	127,70	190	117,11	190	113,54	180	105,20	170	98,21
240	198,84	230	171,91	220	150,87	210	135,19	200	123,54	200	119,19	190	109,99	180	102,29
250	214,64	240	183,95	230	160,41	220	143,03	210	130,24	210	125,07	200	114,93	190	105,72
260	231,73	250	196,85	240	170,40	230	151,23	220	137,20	220	131,14	210	119,96	200	110,60
270	250,46	260	210,37	250	180,90	240	159,78	230	144,42	230	137,38	220	125,09	210	114,85
—	—	270	224,35	260	191,90	250	168,87	240	151,90	240	143,80	230	130,40	220	119,07
—	—	—	—	270	203,53	260	117,96	250	159,65	250	150,42	240	135,80	230	123,33
—	—	—	—	—	—	270	187,60	260	167,67	260	157,25	250	141,27	240	127,78
—	—	—	—	—	—	—	—	270	175,97	270	164,22	260	146,94	250	132,13
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	270	152,69	260	136,54
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	270	141,12

Таблица 18 - Коэффициенты для определения координат точек *B*, *C*, *D* и *E* (рис. 1) профиля дисковой модульной фрезы для модуля 100 мм (размеры в мм)

Номер фрезы	Число зубьев нарезанного колеса	Координаты точек незвольвентных элементов профиля						Координаты точек эвольвенты			
		Точка <i>B</i>		Точка <i>C</i>		Центр окружности		Точка <i>D</i>		Точка <i>E</i>	
		H_1	S_1	H_2	S_2	$x_{ц}$	$y_{ц}$	H_3	S_3	H_4	S_4
1	12—13	58,78	64,12	85,88	66,52	0	64,39	203,51	151,02	210	158,61
2	14—16	57,44	62,28	78,28	64,51		62,92	206,49	146,38		160,59
3	17—20	55,83	60,93	67,26	61,93		61,16	209,42	141,41	150,87	
4	21—25	51,51	58,53	57,16	59,25		59,01	211,86	136,62	151,23	
5	26—34	47,55	56,42	49,75	56,80		57,25	213,69	132,76	144,42	
6	35—54	41,80	53,65	—	—		1,67	53,21	215,54	128,42	137,38
7	55—134	33,75	49,89	—	—		5,78	45,70	217,31	123,68	130,40
8	135—рейка	25,50	45,45	—	—		10,34	36,93	218,97	118,59	230

Для нарезания зубчатых колес с модулем до 8 мм применяют набор из восьми фрез, с модулем свыше 8 мм - набор из 15 фрез, для более точных работ - набор из 26 фрез. Каждая фреза в наборе служит для нарезания колес с определенным числом зубьев,

Для нарезания колес с малыми отклонениями размеров от теоретического профиля зуба, а также колес с модификацией профиля зуба применяют индивидуальные фрезы, профиль которых требует специального расчета.

Пальцевые зуборезные (модульные) фрезы рассчитывают так же, как и дисковые модульные фрезы.

Порядок выполнения работы

1. Выполнить задание.

Задание 6.1

Построить профиль дисковой модульной фрезы с заданным числом зубьев и заданного модуля.

Контрольные вопросы

- 1 Перечислите методы нарезания зубьев зубчатых колес.
- 2 Какие особенности профиля режущей кромки инструментов, работающих по методу копирования?
- 3 Как нарезать косозубое колесо на вертикально-фрезерном и горизонтально-фрезерном станке?
- 4 Какие инструменты для нарезания зубьев применяют в массовом производстве?

Список литературы

- 1 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 1 / А. Г. Схиртладзе [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 263 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.
- 2 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 2 / С. Н. Григорьев [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 246 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.

Практическое занятие 20 Расчет червячной модульной фрезы -2 часа

Цель:

- приобретение навыков, необходимых для выполнения расчета и конструирования червячной модульной фрезы.

В результате выполнения практического задания студент должен:

знать:

- методы нарезания зубьев и применяемые инструменты;
- достоинства, недостатки и область применения каждого метода;
- особенности конструкции зуборезного инструмента;

уметь:

- определять конструктивные параметры и геометрию зуборезного инструмента.

Методические указания

Червячные фрезы для обработки цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным профилем изготавливают по ГОСТ 9324-80* трех типов и пяти классов точности: *AA, A, B, C* и *D*.

Тип 1 - цельные прецизионные фрезы модулей 1- 10 мм класса точности *AA*.

Тип 2 - цельные фрезы с модулем 1-10 мм классов точности *A, B, C* и *D*; модулей 11-14 мм классов точности *AA, A, B, C* и *D*; модулей 16-20 мм классов точности *AA* и *A*.

Тип 3 - сборные фрезы с модулем 8-25 мм классов точности *A, B, C* и *D*.

Червячные фрезы для обработки цилиндрических зубчатых колес передач Новикова с двумя линиями зацепления с исходным контуром по ГОСТ 15023-86 изготавливают по отраслевым нормам двух классов точности (*A* и *B*) с модулем 1,6-16 мм.

Конструирование и расчет червячной фрезы для обработки цилиндрических колес с эвольвентным профилем проводят по ГОСТ 9324-80* в приведенной ниже последовательности.

1. Основные размеры фрезы: наружный диаметр фрезы d_{a0} ; посадочный диаметр отверстия d ; общая длина фрезы L ; длина буртиков l и число зубьев (число стружечных канавок) z .
2. Размеры профиля зубьев в нормальном и осевом сечениях: шаг профиля зуба P_{n0} , P_{x0} ; толщина зуба s_{n0} ; высота зуба h_0 и другие размеры профиля

(рис. 2, а)

3. Расчетные размеры фрезы: угол подъема витка γ_{m0} , угол наклона стружечных канавок λ_{m0} ; ход винтовой стружечной канавки P_z ; затылование K . Если зуб червячной фрезы для цилиндрических колес должен иметь специальный профиль, отличающийся от стандартного

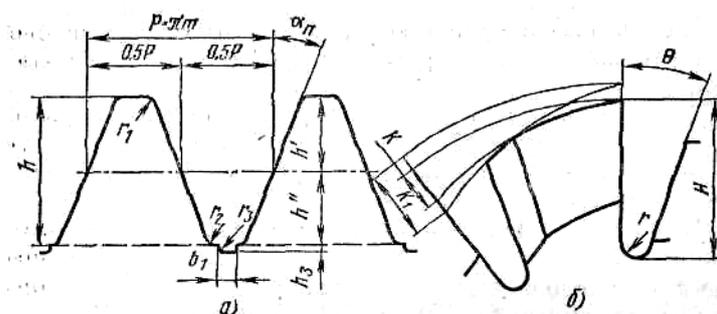


Рис. 7- Схемы для определения элементов профиля (а) и затылования зубьев (б) червячной фрезы.

($\alpha = 20^\circ$), то применяют различные методы профилирования, приведенные в специальной литературе.

4. Шпоночный паз выполняют по ГОСТ 9472-83. Для облегчения шлифования отверстий и лучшей посадки фрезы на оправку в нем делают выточку глубиной до 1 мм и длиной $l = 0.3L$.
5. Геометрические элементы лезвия рабочей части фрезы: передний угол $\gamma = 0$; задний угол на вершине зубьев $\alpha = 9 \dots 12^\circ$.
6. Элементы стружечных канавок фрезы (рис. 2, б): глубина канавки $H = h + K + r$ для фрез с нешлифованным профилем и $H = h + (K + K_1)/2 + r$ для фрез со шлифованным профилем; здесь h - высота зуба;

$$K = \frac{\pi d_{a0}}{z} \operatorname{tg} \alpha - \text{затылование.}$$

здесь r - радиус дна стружечной канавки; K_1 - дополнительное затылование;

$$K_1 = (1,2 \dots 1,5) K; \alpha - \text{задний угол.}$$

7. Технические требования к фрезам принимают по ГОСТ 9324-80*.

Пример. Рассчитать и сконструировать червячную чистовую однозаходную фрезу для нарезания цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным профилем. Угол зацепления $\alpha = 20^\circ$. Модуль $m = 10$ мм. У

обрабатываемых колес 7-я степень точности (ГОСТ 1643-81). Материал заготовки - сталь 40Х. Нарезание колес производится на станке 53А50.

Решение:

1. Основные конструктивные и расчетные размеры фрезы принимаем по ГОСТ 9324-80* (для цельных прецизионных фрез класса АА - тип 1): наружный диаметр фрезы $d_{a0} = 180$ мм; диаметр посадочного отверстия $d = 60$ мм; диаметр буртика $d_l = 95$ мм; длина фрезы $L = 180$ мм; ширина буртиков $l = 6$ мм (следовательно, рабочая длина фрезы - 168 мм); число зубьев (число стружечных канавок) $z_0 = 12$.

2. Размеры профиля зубьев в нормальном сечении: шаг профиля зуба в нормальном сечении $P_{n0} = 31,416$ мм; толщина зуба в нормальном сечении $S_{n0} = 15,93$ мм; высота зуба $h_0 = 25$ мм; высота головки зуба $h_{a0} = 12,5$ мм; высота ножки зуба до фланка $h_{f0} = 5,5$ мм; толщина фланка наибольшая $a_f = 0,08$ мм; радиус закругления головки зуба $r_a = 3,8$ мм; радиус закругления ножки зуба $r_f = 3$ мм.

3. Размеры профиля зуба в осевом сечении: шаг профиля зуба $P_{x0} = 31,483$ мм; профильный угол профиля правой стороны зуба $\alpha_{пр} = 20^\circ 08'$, а левой стороны зуба $\alpha_{л} = 19^\circ 57'$; средний расчетный диаметр фрезы $d_{m0} = 152,0$ мм; угол подъема витка, равный углу наклона стружечных канавок, $\gamma_{m0} = \lambda_{m0} = 3^\circ 46'$; затылование $K = 10$ мм; дополнительное затылование $K_l = 1,4K = 14$ мм; ход винтовой стружечной канавки $P_z = 7245$ мм.

4. Элементы стружечных канавок фрезы:

глубина канавки

$$H = h_0 + \frac{K + K_l}{2} + r = 25 + \frac{10 + 14}{2} + 2 = 39 \text{ мм};$$

угол профиля стружечной канавки $\theta = 18$ (для $z = 12$);

радиус закругления дна канавок

$$r = \frac{\pi (d_{a0} - 2H_R)}{10z} = \frac{3,14 (180 - 2 \cdot 39)}{10 \cdot 12} \approx 2,5 \text{ мм}.$$

5. Размеры посадочного отверстия и шпоночного паза по ГОСТ 9472-83; $d = 60H5$; $C_l = 64,2H12$; $a = 14C11$;

Размеры канавок для облегчения шлифования профиля зубьев: $h_3 = 1$ мм; $r_3 = 1$ мм; $b = 0,3S_{n0} = 0,3 \cdot 15,93 = 5$ мм.

Технические требования на фрезу типа 1, класса АА принимаем по ГОСТ 9324—80*.

Выполняем чертеж фрезы с указанием всех предельных отклонений и технических требований.

Задание 6.2

Рассчитать и сконструировать цельную червячную фрезу для обработки цилиндрических зубчатых колес модуля m_0 с углом зацепления $\alpha = 20^\circ$. Материал заготовки колеса - сталь 40ХН с $\sigma_B = 950$ МПа. Обработка производится на зуборезном станке 5К32П. Основные размеры принять по ГОСТ 9324-80*.

Контрольные вопросы

- 1 Как классифицируется зубонарезной инструмент?
- 2 В зависимости от чего выбирается число зубьев долбяка?
- 3 Как определяется диаметр под оправку червячной фрезы?
- 4 В зависимости от чего выбирается материал режущей части зуборезного инструмента?

Список литературы

- 1 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 1 / А. Г. Схиртладзе [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 263 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.
- 2 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 2 / С. Н. Григорьев [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 246 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.

Тема 6.4 Расчет и табличное определение режимов резания при зубонарезании

Практическое занятие 21 Определение режимов резания при зубофрезеровании.

Цель:

- углубление, закрепление знаний об аналитическом расчете режимов резания при зубофрезеровании;
- формирование умений по расчету режимов резания.

Студент должен:

знать:

- методику и расчет рациональных режимов резания при зубофрезеровании;

уметь:

- пользоваться справочной документацией по выбору фрез, режимов резания в зависимости от конкретных условий обработки;
- выбирать конструкцию фрез в зависимости от конкретных условий обработки;
- производить расчет режимов резания при зубофрезерной обработке.

Методические указания

Процесс зубонарезания выполняется двумя методами: копированием и обкаткой. По методу копирования работают дисковые и пальцевые модульные фрезы, по методу обкатки - червячные фрезы, зубострогальные резцы, долбяки, шеверы, зуборезные гребенки. К элементам режима резания относятся: глубина резания, подача и скорость. Глубина резания определяется высотой зуба. Подача выбирается из таблицы нормативов в зависимости от глубины резания и свойств обрабатываемого материала. Скорость главного движения

определяют по таблицам нормативов в зависимости от подачи и глубины резания. Частота вращения шпинделя определяется по формуле:

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

Мощность, затрачиваемая на резание определяют по таблице нормативов в зависимости от подачи, глубины и скорости резания.

Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с примерами выполнения заданий
- 2 Выполнить задание.

Пример 1 На зубофрезерном станке 53A50 производится нарезание червячной фрезой косозубого цилиндрического зубчатого одновенцового колеса с плоскими обработанными торцами, с числом зубьев $z = 40$, модулем $m = 4$ мм, шириной венца $b = 40$ мм и углом наклона зубьев $\beta = 30^\circ$. Материал заготовки - сталь 45, 220 НВ. Нарезание предварительное под последующее зубодолбление. Одновременно обрабатываются четыре заготовки, установленные на оправке. Эскиз обработки приведен на рис. 1. Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания по таблицам нормативов; определить основное время.

Решение: (по нормативам [6]). I. Выбираем режущий инструмент. Принимаем червячную модульную фрезу цельную из быстрорежущей стали P18. Для повышения производительности чернового нарезания зубьев принимаем двухзаходную червячную фрезу; класс точности фрезы - С (табл. 1, с. 11[6]).

Основные параметры черновой двухзаходной червячной фрезы модуля $m = 4$ мм: наружный диаметр $D = 80$ мм, число зубьев $z = 9$ принимаем по табл. 1[6]

Угол заточки передней поверхности зубьев фрезы $\gamma_z = 10^\circ$ (прил. 2, с. 160[6]).

Наклон зуба (витка) фрезы и зуба нарезаемого колеса одноименный.

II. Назначаем режим резания.

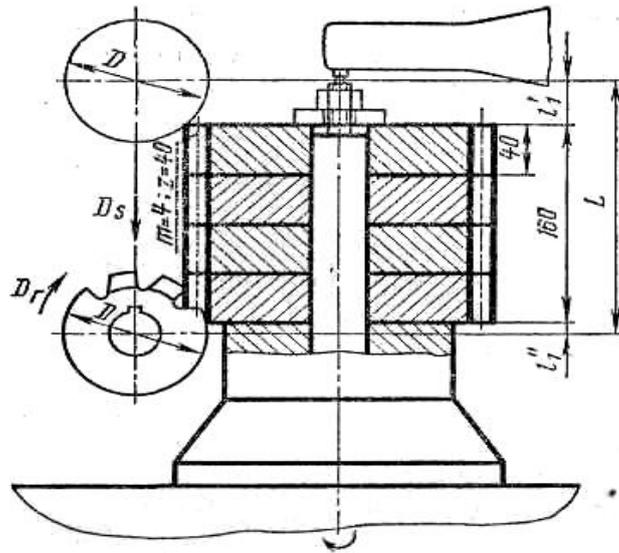


Рис. 8. Эскиз обработки к примеру 1

Таблица 19 -Основные параметры червячных модульных фрез (размеры в мм)

Модуль m	Наружный диаметр, D	Число зубьев, z	Модуль m	Наружный диаметр, D	Число зубьев, z
Фрезы черновые двухзаходные					
1	50	12	4	80	9
2	55		4,5	85	
2,5	65	10	5	90	
3	70		6	105	
3,5	75		8	145	
Фрезы черновые однозаходные					
1	63	10	5	112	10
2	70		6	125	9
2,5	80	10	7		
3	90		8	140	
3,5			9		
4	100		10	10	
4,5					

1. Определяем глубину резания. Нарезаем зубья за один рабочий ход. В этом случае глубина резания будет равна высоте зуба нарезаемого колеса: $t = h$. Обычно черновые червячные фрезы профилируют такими, чтобы ими можно было нарезать зубья на полную глубину, но оставляя припуск на окончательную обработку лишь по боковым сторонам зуба. Тогда $t = h = 2,2 m = 2,2 * 4 = 8,8$ мм.

2. Назначаем подачу на один оборот нарезаемого зубчатого колеса. Сначала определяем классификационную группу, к которой по нормативам относится используемый зубофрезерный станок (карта 1, с. 25[6]). Станок 53А50 относится к III группе станков, так как мощность его электродвигателя 7,5 кВт

(см. паспортные данные). По карте 3[6] (с. 27) устанавливаем подачу. Для двухзаходной фрезы, стали 45, 170-207 НВ, модуля m до 5 мм и III группы станков $S_{0\text{табл}} = 2,0 \dots 2,4$ мм/об.

Согласно примеч. 1 к карте 3[6] принимаем верхний предел диапазона подач $S_{0\text{табл}} = 2,4$ мм/об (так как число зубьев нарезаемого колеса $z > 25$). Учитываем поправочные коэффициенты на подачу: $K_{Ms} = 0,9$, так как у стали 45 твердость 220 НВ; $K_{\beta s} = 0,8$, так как угол наклона зуба колеса $\beta = 30^\circ$, а наклон зубьев колеса и витков фрезы одноименный (см. п. I решения).

Тогда $S_o = S_{0\text{табл}} K_{Ms} K_{\beta s} = 2,4 * 0,9 * 0,8 = 1,72$ мм/об. Корректируем подачу по станку: $S_o = 1,7$ мм/об.

3. Назначаем период стойкости фрезы (прил. 3, с. 161[6]). Для черновой червячной фрезы модуля $m = 4$ мм при обработке заготовки из стали рекомендуется период стойкости $T = 240$ мин.

4. Определяем скорость главного движения резания, допускаемую режущими свойствами фрезы (карта 5, с. 30[6]). Для чернового нарезания двухзаходной фрезой при $S_o = 1,7$ мм/об и m до 4 мм $v_{\text{табл}} = 33,5$ м/мин (найденно интерполированием значений $v_{\text{табл}} = 35,5$ м/мин для $S_o = 1,5$ мм/об и $v_{\text{табл}} = 30,5$ м/мин для $S_o = 2$ мм/об).

Определяем допустимое число осевых перемещений фрезы за время ее работы между двумя повторными заточками (карта 11, с. 36, 37[6]). Для заданных условий обработки, угла наклона зуба $\beta = 30^\circ$, $z = 40$ и $m = 4$ мм в карте стоит прочерк, т. е. число осевых перемещений $\omega = 0$. Учитываем поправочные коэффициенты на скорость главного движения резания (карта 5, с. 30[8]): $K_{Mv} = 0,8$, так как у обрабатываемой стали 45 твердость 220 НВ; $K_{\beta v} = 0,95$, так как угол наклона зубьев колеса $\beta = 30^\circ$; $K_{\omega v}$ и K_v в данном случае на скорость не влияют (каждый из них равен единице, так как принято число перемещений $\omega = 0$ и нарезание зубьев за один рабочий ход).

Тогда $v_{\text{и}} = v_{\text{табл}} K_{Mv} K_{\beta v} = 33,5 * 0,8 * 0,95 = 25,5$ м/мин ($\sim 0,425$ м/с).

Частота вращения фрезы, соответствующая найденной скорости главного движения резания:

$$n = \frac{1000v_n}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 25,5}{3,14 \cdot 80} = 101,5 \text{ мин}^{-1}.$$

Корректируем частоту вращения по данным станка и устанавливаем действительную частоту вращения $n_d = 100 \text{ мин}^{-1}$.

Действительная скорость главного движения резания

$$v_d = \frac{\pi D n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 100}{1000} = 25,2 \text{ м/мин} \quad (\approx 0,42 \text{ м/с}).$$

5. Находим мощность, затрачиваемую на резание (карта 5, с. 30[6]). Для предварительного нарезания двухзаходной фрезой при $S_o = 1,7 \text{ мм/об}$ и m до 4 мм $N_{\text{табл}} = 1,6 \text{ кВт}$ (найденно интерполированием значений $N_{\text{табл}} = 1,4 \text{ кВт}$ для $S_o = 1,5 \text{ мм/об}$ и $N_{\text{табл}} = 1,8 \text{ кВт}$ для $S_o = 2,0 \text{ мм/об}$). Учитываем поправочный коэффициент на мощность; угол наклона зубьев колеса $\beta = 30^\circ$; $K_{\beta N} = 0,95$. Остальные поправочные коэффициенты на мощность при данных условиях обработки не влияют:

$$N_{\text{рез}} = N_{\text{табл}} K_{\beta N} = 1,6 \cdot 0,95 = 1,52 \text{ кВт}.$$

Проверяем, достаточна ли мощность привода станка, У станка 53А50 $N_{\text{шп}} = N_d \eta = 7,5 \cdot 0,65 = 4,9 \text{ кВт}$; $1,52 < 4,9$, т. е. обработка возможна.

III. Основное время

$$T_o = \frac{Lz}{nS_oK};$$

длина рабочего хода фрезы $L = b + l_f$.

Врезание l_f и перебег l_f фрезы (см. эскиз обработки) определяются по прил. 4 [8] (с 168). Для обработки за один рабочий ход при глубине резания $l = 2,2 \text{ мм}$, $\beta = 30^\circ$, $z = 40$ и $D = 80 \text{ мм}$ $l_f = l_f + l_f = 50 \text{ мм}$.

Согласно примеч. 2 [6] (с. 168) при предварительном зубофрезеровании табличную величину l_f можно уменьшить на 1,3 m (при угле наклона колеса $\beta = 30^\circ$). Тогда $l_f = 50 - (1,3 \cdot 4) = 50 - 5,2 = 44,8 \text{ мм}$. При одновременной обработке на оправке четырех заготовок длина рабочего хода фрезы $L = 4b + l_f = 4 \cdot 40 + 44,8 = 204,8 \text{ мм}$. Число заходов фрезы $k = 2$.

$$T_o = \frac{204,8 \cdot 40}{100 \cdot 1,7 \cdot 2} = 24,1 \text{ мин}.$$

Основное время, затрачиваемое на одну заготовку:

$$T_0 = \frac{24,1}{4} = 6,025 \text{ мин.}$$

Задание 6.3

На зубофрезерном станке 53A50 нарезают червячной фрезой цилиндрическое зубчатое одновенцовое колесо с плоскими обработанными торцами с числом зубьев z , модулем m , шириной венца b и углом наклона зубьев β . Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания по таблицам нормативов; определить основное время.

Порядок выполнения работы

- 1 Выполнить задания в рабочей тетради согласно варианту, предложенному преподавателем.

Контрольные вопросы

- 1 Как определяется глубина резания при зубонарезании?
- 2 Как определяется скорость главного движения при зубодолблении?
- 3 Как определяется мощность потребная на резание?
- 4 Влияет ли число одновременно обрабатываемых заготовок на основное технологическое время при зубофрезеровании?

Список литературы

- 1 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 1 / А. Г. Схиртладзе [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 263 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.
- 2 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 2 / С. Н. Григорьев [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 246 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.

Таблица 20 – Данные к заданию 6.3

№	Материал заготовки	Обработка, параметр шероховатости	Число одновременно обрабатываемых заготовок	Зубчатое колесо	m, мм	Z	b мм	$\beta, ^\circ$
1	Сталь 45 190 НВ	Чистовая (по сплошному металлу), 2,0	10	Косозубое	3	30	2	15
2	Сталь 40Х, 200НВ	Черновое (под последующее зубодолбление)	6	Прямозубое	6	60	1	0
3	Серый чугун, 170НВ	Чистовая (по сплошному металлу), 2,0	8	Косозубое	2,5	90	1,5	15
4	Сталь 12ХНЗ, 210 НВ	Чистовая (по предварительно прорезанному зубу), 2,0	4	Прямозубое	5	45	1	0
5	Сталь 20Х, 170НВ	Черновое (под последующее зубодолбление)	4	Косозубое	4,5	60	1	30
6	Серый чугун, 200 НВ	Чистовая (по сплошному металлу), 2,0	3	Прямозубое	6	90	1	0
7	Сталь 40Х $\sigma_b = 700$ МПа	Черновое (под последующее зубодолбление)	6	Косозубое	8	60	1	30
8	Серый чугун, 200 НВ	Чистовая (по сплошному металлу), 2,0	4	Прямозубое	8	45	2	0
9	Сталь 45ХН $\sigma_b = 750$ МПа	Чистовая (по предварительно прорезанному зубу), 2,0	10	Косозубое	2	45	1	15
10	Серый чугун, 220НВ	Черновое (под последующее зубодолбление)	3	Прямозубое	6	60	2	0

Практическое занятие 22 Определение режимов резания при зубодолблении -2 часа

Цель:

- углубление, закрепление знаний о назначении режимов резания на зубодолбежную операцию;
- формирование умений по назначению режимов резания.

Студент должен:

знать:

- методику выбора рациональных режимов резания при зубодолблении;

уметь:

- пользоваться справочной документацией по выбору долбяков, режимов резания в зависимости от конкретных условий обработки;
- выбирать конструкцию долбяков в зависимости от конкретных условий обработки;
- производить расчет режимов резания при зубодолбежной обработке.

Методические указания

Пример. На зубодолбежном станке 5122 нарезают долбяком прямозубое зубчатое колесо с числом зубьев $z = 45$, модулем $m = 4$ мм и шириной венца $b = 35$ мм. Обработка окончательная по предварительно прорезанному зубу (параметр шероховатости обработанной поверхности $Ra = 2$ мкм).

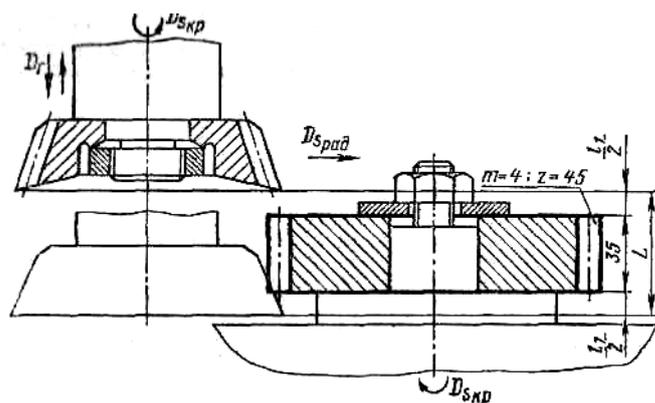


Рис. 9 - Эскиз обработки долбяком

Припуск на обработку зубьев по межцентровому расстоянию $h = 1,2$ мм. Материал заготовки - сталь 20Х твердостью 170 НВ. Эскиз обработки приведен на рис. 2. Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания по таблицам нормативов; определить основное время.

Решение: (по нормативам [6]). I. Выбираем режущий инструмент. Принимаем дисковый прямозубый долбяк с модулем $m = 4$ мм из быстрорежущей стали Р18. Угол заточки по передней поверхности зубьев чистового долбяка $\gamma_z = 5^\circ$ (прил. 2, с. 160[6]).

II. Назначаем режим резания.

1. Назначаем круговую подачу (подачу обкатки). Определяем классификационную группу, к которой по нормативам относится используемый зубодолбежный станок (карта 12, с 38[6]).

Станок 5122 относится к III группе станков, так как мощность его электродвигателя 3 кВт (см. паспортные данные). По карте 13 (с. 38, 39[6]) находим круговую подачу.

Для параметра шероховатости обработанной поверхности $Ra = 2$ мкм (v б), обработки по предварительно прорезанному зубу и материала заготовки стали; $45 S_{\text{табл}} = 0,22 \dots 0,25$ мм/дв. ХОД.

Необходимо учесть, примечания к карте 13[6] (с. 39).

Учитываем поправочный коэффициент на подачу (по карте 14[6], с. 41): $K_{M_s} = 0,9$, так как материал нарезаемого колеса - сталь 20Х, 170 НВ, $S = S_{\text{табл}} K_{M_s} = (0,22 \dots 0,25) 0,9 = 0,2 \dots 0,225$ мм/дв. ход.

Подачи в карте приведены для обработки в один рабочий ход, т. е. принято, что $i = 1$.

Принимаем $S = 0,225$ мм/дв. ход, так как число зубьев нарезаемого колеса больше 25. Корректируя подачу по данным станка, принимаем $S = 0,2$ мм/дв. ход.

Радиальная подача (подача при врезании) $S_{\text{рад}} = (0,1 \dots 0,3) S$ мм/дв. ход; принимаем $S_{\text{рад}} = 0,2S = 0,2 \cdot 0,2 = 0,04$ мм/дв. ход. Корректируя по данным станка, принимаем $S_{\text{рад}} = 0,036$ мм/дв. ход.

2. Назначаем период стойкости долбяка (прил. 3[6], с. 161). Для чистового дискового долбяка рекомендуется период стойкости $T = 240$ мин.

3. Определяем скорость главного движения резания, допускаемую режущими свойствами долбяка (карта 14[6], с. 40, 41).

Для обработки по предварительно прорезанному зубу, параметра шероховатости поверхности $Ra = 2$ мкм при круговой подаче $S = 0,2$ мм/дв. ход $v_{\text{табл}} = 39$ м/мин. Учитываем поправочный коэффициент на скорость (там же): $K_{mv} = 0,9$ (материал нарезаемого колеса - сталь 20Х, НВ 170); остальные поправочные коэффициенты на скорость при заданных условиях обработки не влияют;

$$v_n = v_{\text{табл}} K_{mv} = 39 \cdot 0,9 = 35 \text{ м/мин } (\approx 0,58 \text{ м/с}).$$

Определяем число двойных ходов долбяка в 1 мин, соответствующее найденной скорости главного движения резания:

$$k = \frac{1000 v_n}{2L};$$

длина хода долбяка $L = b + l_l$ где l_l - перебеж долбяка на две стороны. При ширине венца до 51 мм $l_l = 8$ мм (прил. 14[6], с. 184); $L = 35 + 8 = 43$ мм;

$$k = \frac{1000 \cdot 35}{2 \cdot 43} = 407 \text{ дв. ход/мин.}$$

Корректируем число двойных ходов долбяка по паспортным данным станка и устанавливаем действительное число двойных ходов: $k_d = 400$ дв. ход/мин. Действительная скорость главного движения резания:

$$v_n = \frac{2Lk_d}{1000} = \frac{2 \cdot 43 \cdot 400}{1000} = 34,4 \text{ м/мин } (\approx 0,57 \text{ м/с}).$$

4. Мощность, затрачиваемая на резание при окончательном зубодолблении по предварительно прорезанному зубу, незначительна. В карте 14 [6] (с. 40) в графе «Мощность» для заданных условий обработки стоит

прочерк. Проверку установленного режима резания по мощности привода станка в этом случае обычно не производят (при предварительном зубодолблении, а также окончательном по сплошному металлу, проверку по мощности необходимо выполнять).

III. Основное время:

$$T_0 = \frac{\pi m z}{k_d S} i + \frac{h}{k_d S_{\text{рад}}}$$

Первое слагаемое учитывает время, затрачиваемое на обкатку, а второе - на радиальное врезание долбяка. По условию примера припуск на обработку зубьев по межцентровому расстоянию $h = 1.2$ мм (при зубодолблении по сплошному металлу h - высота нарезаемого зуба). Число рабочих ходов $i = 1$;

$$T_0 = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 45}{400 \cdot 0,2} + \frac{1,2}{400 \cdot 0,036} = 7,06 + 0,08 = 7,14 \text{ мин.}$$

Задание 6.4

На зубодолбежном станке 5122 долбяком нарезают прямозубое колесо с числом зубьев z , модулем m (мм) и шириной венца b . Необходимо: выбрать режущий инструмент; назначить режим резания по таблицам нормативов; определить машинное время.

Порядок выполнения работы

- 1 Выполнить задания в рабочей тетради согласно варианту, предложенному преподавателем.

Контрольные вопросы

- 1 Как определяется глубина резания при зубонарезании?
- 2 Как определяется скорость главного движения при зубодолблении?
- 3 Как определяется мощность потребная на резание?
- 4 Влияет ли число одновременно обрабатываемых заготовок на основное технологическое время при зубофрезеровании?

Список литературы

- 1 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]:

учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 1 / А. Г. Схиртладзе [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 263 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.

- 2 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 2 / С. Н. Григорьев [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 246 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.

РАЗДЕЛ 7 ПРОТЯГИВАНИЕ

Тема 7.2 Конструирование протяжек

Практическое занятие 23-24 Расчет цилиндрической протяжки.

Прочностной расчет протяжки - 4 часа

Цель:

- приобретение навыков, необходимых для выполнения расчета и конструирования круглой протяжки.

В результате выполнения практического задания студент должен:
знать:

- методы протягивания;
- достоинства, недостатки и область применения каждого метода;
- особенности конструкции протяжек;

уметь:

- определять конструктивные параметры и геометрию протяжки.

Методические указания

Различают протяжки для внутреннего (для обработки отверстий) и наружного протягивания. К этой группе режущего инструмента для обработки отверстий относятся прошивки. В отличие от протяжек, работающих на растяжение, прошивки работают на сжатие. Наибольшее применение находят протяжки диаметром 10-75 мм, однако они могут быть также диаметром 3-300 мм.

Протяжки для внутреннего протягивания. Для обработки отверстий протягиванием заготовку обычно предварительно сверлят или зенкеруют. Протягивают также предварительно необработанные заготовки. В большинстве случаев протянутые поверхности дальнейшей обработке не подвергают, так как

после обработки обеспечиваются 7-9-й квалитеты (Н7-Н9), а параметры шероховатости обработанной поверхности достигают $Ra = 2,5 \dots 0,2$ мкм.

Материалом для протяжек служит легированная сталь ХВГ или быстрорежущие стали Р9К5, Р6М5, Р9 и Р18. При применении быстрорежущих сталей используют сварную конструкцию, причем хвостовик выполняют из стали 45Х и стали других марок. Протяжки, оснащенные пластинами из твердого сплава, не получили широкого распространения вследствие сложности изготовления. Протяжки из быстрорежущей стали диаметром 50 мм и более допускается изготавливать цельными или с механическим креплением хвостовика.

Пример. Рассчитать и сконструировать круглую протяжку для обработки цилиндрического отверстия диаметром $D = 25H7$ и длиной $l_u = 50 \pm IT16/2 \times (\pm 0,95)$ в заготовке зубчатого колеса из стали 45 с $\sigma_B = 700$ Мпа (~ 70 кгс/мм²). Отверстие протягивают после сверления до диаметра $D_o = 24H11$ на горизонтально-протяжном станке 7523. Патрон быстросменный автоматический по ГОСТ 16885—86*.

Решение:

1 Припуск на диаметр под протягивание:

$$A = D - D_o = 25 - 24 = 1 \text{ мм.}$$

Справочные материалы для расчета протяжки приведены в Приложении А. Припуск под протягивание отверстий и значения допусков предварительного диаметра отверстий могут быть определены для цилиндрических отверстий по таблице А.2., для прямоугольных и квадратных отверстий — по таблице А.3.

2 Подъем на зуб на сторону S_z выбирают по таблице А.5.

Величину S_z можно также выбирать по нормативам режимов резания для протягивания. Принимаем $S_z = 0,03$ мм.

Между режущими и калибрующими зубьями делают несколько (два—четыре) зачищающих зубьев с постоянно убывающим подъемом на зуб. Для

нашего примера принимаем $z_3 = 3$ и распределяем подъем на зуб следующим образом: $\frac{1}{2} S_z = 0,015$ мм; $\frac{1}{3} S_z = 0,01$ мм; $\frac{1}{6} S_z = 0,004$ мм.

3 Профиль, размеры зуба и стружечных канавок между зубьями выбирают по таблице 1 в зависимости от площади слоя металла, снимаемого одним режущим зубом протяжки. Необходимо, чтобы площадь сечения стружечной канавки между зубьями отвечала условию:

$$k = \frac{F_K}{F_c} = 2 \dots 5,$$

где $k = 3$ — коэффициент заполнения канавки (таблица А.4);

F_K — площадь сечения канавки, мм²;

F_c — площадь сечения среза металла, снимаемого одним зубом в мм²;

$$F_c = I_u S_z = 50 \times 0,03 = 1,5 \text{ мм}^2.$$

$$\text{Находим } F_K = k F_c = 3 \times 1,5 = 4,5 \text{ мм}^2.$$

По таблице А.6 для ближайшего большего значения $F_K = 5,8$ мм², при прямолинейной форме стружечной канавки зуба принимаем:

шаг протяжки $t = 7$ мм; глубина канавки $h = 2,3$ мм; длина задней поверхности $b = 3$ мм; радиус закругления канавки $r = 1,25$ мм.

Шаг калибрующих зубьев t_u круглых протяжек принимаем равным (0,6-0,8) шага режущих зубьев (для остальных типов протяжек $t_k = t$). Для данного примера принимаем $t_k = 0,8$, $t = 0,8 \times 7 = 5,6$ мм.

Для получения лучшего качества обработанной поверхности шаг режущих зубьев протяжки делают переменным: от $t + (0,2 \dots 1)$ до $t - (0,2 \dots 1)$ мм). Принимаем изменение шага $\pm 0,2$ мм. Тогда из двух смежных шагов один равен $7 + 0,2 = 7,2$ мм, а второй — $7 - 0,2 = 6,8$ мм. Фаска f на калибрующих зубьях плавно увеличивается от первого зуба к последнему с 0,2 до 0,6 мм.

4 Геометрические элементы лезвия режущих и калибрующих зубьев выбираем по источнику [3]: $\gamma = 15^\circ$; $\alpha = 3^\circ 30'$; $\alpha_k = 1^\circ$. Число стружкоразделительных канавок и их размеры выбираем по таблице А.7.

Предельное отклонение передних углов всех зубьев $\pm 2^\circ$, задних углов режущих зубьев $\pm 30'$, задних углов калибрующих зубьев $\pm 15'$.

5 Максимальное число одновременно работающих зубьев

$$z_{\max} = \frac{f_{\text{н}}}{t} + 1 = \frac{50}{7} + 1 \approx 8.$$

6 Определяем размеры режущих зубьев. Диаметр первого зуба принимаем равным диаметру передней направляющей части:

$$D_3 = D - A = 25 - 1 = 24 \text{ мм.}$$

Диаметр каждого последующего зуба увеличиваем на $2S_z$. На последних трех зачищающих зубьях, предшествующих калибрующим зубьям, подъем на зуб постепенно уменьшаем по данным п. 2 рассматриваемого примера.

7 Диаметр калибрующих зубьев:

$$D_K = D_{\max} \pm \delta = 25,021 - 0,005 = 25,016 \text{ мм,}$$

где $D_{\max} = 25,021$ мм — максимальный диаметр обработанного отверстия;

δ — изменение диаметра отверстия после протягивания (при увеличении диаметра отверстия — со знаком «-», а при уменьшении — со знаком «+»).

Величину δ определяем для каждого материала и толщины стенок протягиваемой заготовки опытным путем. В большинстве случаев при протягивании заготовок из стали, увеличение диаметра отверстия составляет 0,005—0,01 мм; при протягивании заготовок из вязких сталей уменьшение достигает 0,01 мм. При обработке отверстий с большими полями допусков (11—17-й качества) диаметр калибрующих зубьев :

$$D_K = D_{\max} - (0,01 \dots 0,015) \text{ мм.}$$

Вычисленные размеры зубьев сводят в таблицу, помещаемую в рабочем чертеже протяжки. Предельные отклонения диаметров режущих зубьев не должны превышать 0,01 мм, а калибрующих зубьев 0,005 мм.

8 Число режущих зубьев подсчитываем по формуле и затем уточняем по таблице размеров зубьев:

$$z_p = \frac{A}{2S_z} + (2 \dots 3),$$

где A — припуск на протягивание;

$$A = D - D_3 = 25 - 24 = 1 \text{ мм};$$

$$z_p = \frac{1}{2 \cdot 0,03} + 2 = 18.$$

Принимаем $z_p = 17$ (по расчету пункта 7).

9 Число калибрующих зубьев зависит от типа протяжки:

Таблица 21 – Число калибрующих зубьев протяжки в зависимости от типа.

Тип протяжки	z_k
Цилиндрическая для отверстий 7-го и 8-го квалитетов	7-8
Цилиндрическая для отверстий квалитетов 11 —17-го	5-6
Шлицевая, острошлицевая, эвольвентная	5
Шпоночная, прямоугольная	4
Предварительная (из комплекта) всех типов	2-4

В данном примере принимаем $z_k = 6$.

10 Длину протяжки от торца хвостовика до первого зуба принимают в зависимости от размеров патрона, толщины опорной плиты, приспособления для закрепления заготовки, зазора между ними, длины заготовки и других элементов (рис. 1):

$$l_0 = l_b + l_3 + l_c + l_n + l_n,$$

где l_b — длина входа хвостовика в патрон, зависящая от конструкций патрона (принимаем $l_b = 120$ мм);

l_3 — зазор между патроном и стенкой опорной плиты станка, равный 5— 20 мм (принимаем $l_3 = 15$ мм);

l_c — толщина стенки опорной плиты протяжного станка (принимаем $l_c = 65$ мм);

l_n — высота выступающей части планшайбы (принимаем $l_n = 30$ мм);

l_n — длина передней направляющей (с учетом зазора Δ);

$$l_n = (0,75 \dots 1) l_n = 50 \text{ мм}.$$

Находим $l_0 = 120 + 15 + 65 + 30 + 50 = 280$ мм. Длину хвостовика надо проверить графически во время вычерчивания рабочего чертежа протяжки.

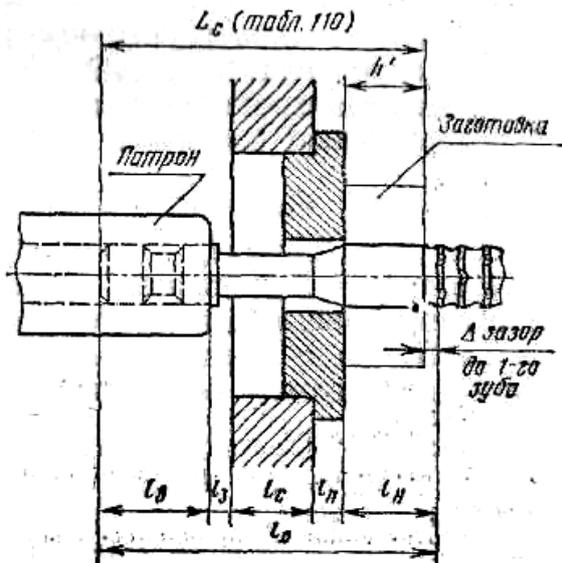


Рис 10 - Схема для определения длины протяжки от торца хвостовика до первого зуба

Затем длину l_0 следует проверить с учетом длины протягиваемой заготовки согласно табл. 10: $l_0 \geq L_c$; так как в нашем примере $h' = l_{и} = 50$ мм, то $L_c = 220 + h' = 220 + 50 = 270$ мм. Принимаем $l_0 = 280$ мм.

11 Выбираем конструктивные размеры хвостовой части протяжки.

По ГОСТ 4044—70* принимаем хвостовик типа 2, без предохранения от вращения с наклонной опорной поверхностью (таблица А.1): $d_1 = 22e8$;

$$d_2 = 17c11;$$

$$d_4 = 22 - 1 = 21 \text{ мм}; \quad c = 0,5 \text{ мм}; \quad l_1 = 140 \text{ мм}; \quad l_2 = 25 \text{ мм}; \quad l_4 = 16 \text{ мм}; \quad l_5 = 20 \text{ мм};$$

$r_1 = 0,3$ мм; $r_2 = 1$ мм; $\alpha = 30^\circ$; диаметр передней направляющей d_5 принимаем равным диаметру предварительного отверстия заготовки с предельным отклонением по е8: $d_5 = 24e8$; длину переходного конуса конструктивно принимаем $l_k = 65$ мм; длину передней направляющей до первого зуба —

$$l_{н} = l_{и} + 25 = 50 + 25 = 75 \text{ мм}.$$

Таким образом, полная длина хвостовика $l_0 = l_1 + l_k + l_{н} = 140 + 65 + 75 = 280$ мм (рис. 2).

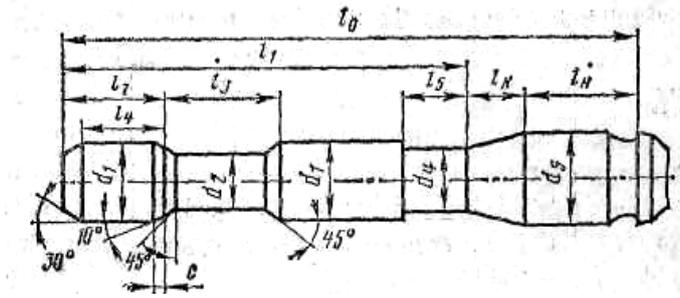


Рис. 11 - Хвостовик протяжки под быстросменный автоматический патрон

Диаметр задней направляющей протяжки должен быть равен диаметру протянутого отверстия с предельным отклонением по f7, прочие размеры задней направляющей — по таблице А.10.

12 Определяем общую длину протяжки:

$$L_0 = l_0 + l_p + l_4 + l_k + l_3,$$

где $l_0 = 280$ мм;

l_p — длина режущих зубьев;

$$l_p = tz_p = 7 \times 17 = 119 \text{ мм};$$

l_4 — длина зачищающих зубьев;

$$l_4 = tz_3 = 7 \times 3 = 21 \text{ мм};$$

l_k — длина калибрующих зубьев;

$$l_k = t_{kz_k} = 5,6 \times 6 = 33,6 \sim 34 \text{ мм};$$

l_3 — длина задней направляющей (принимается по таблице А.10 в зависимости от диаметра задней направляющей D_u . Этот диаметр равен наименьшему диаметру протянутого отверстия: $D_u = D_{min}H7 = 25$ мм, выполненного с полем допуска f7, т. е. $D_u = 25f7$; $l_3 = 25$ мм.

Тогда:

$$L_0 = 280 + 119 + 21 + 34 + 25 = 479.$$

Принимаем $L_0 = 480$ js 17 ($\pm 3,15$).

Если общая длина протяжки превышает наибольшую длину хода станка, то делают комплект протяжек. Общее число режущих зубьев делят на принятое число рабочих ходов. Диаметр первого режущего зуба протяжки данного

прохода принимают равным диаметру калибрующих зубьев протяжки предыдущего прохода.

13 Максимально допустимая главная составляющая силы резания

$$P_{z \max} = 9,81 C_p S_z^* D z_{\max} K_\gamma K_c K_u.$$

Поправочные коэффициенты на измененные условия резания:

$K_\gamma = 1$ (для $\gamma = 15^\circ$); $K_c = 1$ (при применении смазочно-охлаждающей жидкости);

$K_u = 1$ (для зубьев протяжки со стружкоразделительными канавками).

Тогда сила резания:

$$\begin{aligned} P_{z \max} &= 9,81 \cdot 700 \cdot 0,03^{0,85} \cdot 25 \cdot 8 = \\ &= 9,81 \cdot 700 \cdot 0,05 \cdot 25 \cdot 8 = 70\,000 \text{ Н } (\approx 7\,000 \text{ кгс}). \end{aligned}$$

Если полученная сила $P_{z \max}$ превышает тяговую силу станка, приведенную в его паспортных данных, необходимо уменьшить z_{\max} (т. е. увеличить шаг зубьев) или уменьшить подъем на зуб S_z . В данном случае тяговая сила станка равна 100 кН, следовательно, обработка возможна.

14 Проверяем конструкцию протяжки на прочность.

Рассчитаем конструкцию на разрыв во впадине первого зуба:

$$\frac{P_{z \max}}{F} \leq \sigma,$$

где площадь опасного сечения во впадине первого зуба:

$$F = \frac{\pi (D_a - 2h)^2}{4} = \frac{3,14 (24 - 2 \cdot 2,3)^2}{4} = 296 \text{ мм}^2;$$

где σ – напряжение в опасном сечении (если площадь опасного сечения хвостовика $F_x < F$, то расчет надо вести:

$$\sigma = \frac{7000}{296} = 233 \cdot 10^6 \text{ Па} = 233 \text{ МПа } (\approx 23,7 \text{ кгс/мм}^2).$$

Напряжение в опасном сечении σ не должно превышать допустимого напряжения (таблица А.11).

Приведем аналогичный расчет для сечения хвостовика ($D_l = 17$ мм):

$$F_x = \frac{\pi D_i^2}{4} = \frac{3,15 \cdot 17^2}{4} = 227 \text{ мм}^2;$$

$$\sigma = \frac{7000}{277} = 30,8 \text{ кгс/мм}^2 (\approx 304 \text{ МПа}).$$

Полученное напряжение $\sigma = 304 \text{ МПа}$ также допустимо для хвостовика из легированной стали 40Х.

Рассчитаем хвостовик на смятие:

$$\frac{P_{2 \text{ max}}}{F_1} \leq \sigma_{\text{см}},$$

где F_1 — опорная площадь замка;

$$F_1 = \frac{\pi (D^2 - D_i^2)}{4} = 0,78 (22^2 - 17^2) =$$

$$= 0,78 (484 - 289) = 153 \text{ мм}^2,$$

откуда допустимое напряжение при смятии:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{7000}{153} = 457 \text{ МПа} (\approx 46 \text{ кгс/мм}^2).$$

Допустимое напряжение при смятии не должно превышать 600 МПа, что выполняется. Для данных условий работы режущую часть протяжки изготавливают из стали Р18, а хвостовик — из стали 40Х.

15 Предельные отклонения на основные элементы протяжки и другие технические требования выбираем по ГОСТ 9126—86*.

16 Центровые отверстия выполняем по ГОСТ 14034—86*, форма В.

17 Выполняем рабочий чертеж протяжки с указанием основных технических требований.

Задание 7.1 Рассчитать и сконструировать круглую протяжку переменного резания для обработки цилиндрического отверстия диаметром D в заготовке из стали У10А твердостью 202—239 НВ, длиной l_n . Диаметр отверстия до протягивания D_o (рис. 4). Параметр шероховатости протянутой поверхности $Ra = 2$ мкм. Расчет протяжки выполнить по схеме, приведенной в ГОСТ 20365—86* .

Таблица 22 - Данные к заданию 7.1 (размеры в мм)

№ варианта	D	D _o	l	Модель
------------	---	----------------	---	--------

				станка
1	30Н8	28,9	50	7523
2	27Н9	25,9	45	
3	25Н9	23,9	40	
4	22Н8	20,9	35	
5	20Н7	19,1	30	
6	32Н7	30,8	70	7534
7	36Н7	34,8	75	
8	45Н8	43,7	90	
9	55Н8	53,6	100	7А540
10	65Н9	63,6	120	

Порядок выполнения работы

- 1 Выполнить задания в рабочей тетради согласно варианту, предложенному преподавателем.

Контрольные вопросы

- 1 Как зависит выбор вида обработки от точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей?
- 2 Какие приспособления используются для установки и закрепления заготовок?
- 3 На каком оборудовании и какими инструментами осуществляется протягивание? Приведите схемы обработки.
- 4 Какие знаете схемы протягивания?

Список литературы

- 1 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 1 / А. Г. Схиртладзе [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 263 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.
- 2 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 2 / С. Н. Григорьев [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 246 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.

Тема 7.3 Определение режимов резания при протягивании

Практическое занятие 25. Определение скорости резания при протягивании аналитическим способом и по таблицам нормативов -2 часа

Цель:

- углубление, закрепление знаний о назначении режимов резания на протяжную операцию;
- формирование умений по назначению режимов резания.

Студент должен:

знать:

- методику выбора рациональных режимов резания при протягивании;

уметь:

- пользоваться справочной документацией по выбору протяжек, режимов резания в зависимости от конкретных условий обработки;
- выбирать конструкцию протяжек в зависимости от конкретных условий обработки;
- производить расчет режимов резания при протягивании.

Методические указания

Элементами режима резания при протягивании являются: глубина резания и скорость резания, величина подачи закладывается в конструкцию самой протяжки, глубина резания равна припуску. Сила резания определяется по формуле:

$$P = q_0 \sum l_p K_P, \text{ (с. 17),}$$

и проверяется по паспортным данным станка. Скорость главного движения

определяется по формуле: $v_{дон} = \frac{60 \cdot 102 \cdot N_o \cdot \eta}{P}$

Основное время определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{p.z}}{1000vq} K_1 i,$$

Пример. На горизонтально-протяжном станке 7523 производится протягивание предварительно обработанного цилиндрического отверстия диаметром $D = 55H7^{(+0,03)}$ мм и длиной $l = 62$ мм. Параметр шероховатости обработанной поверхности $Ra = 2$ мкм. Заготовка, штампованная из стали 40ХН твердостью 220 НВ. Обрабатывается одна заготовка. Производство - массовое. Протяжка круглая, переменного резания, из быстрорежущей стали Р18. Подача (подъем) черновых зубьев на сторону $S_0 = 0,07$ мм/зуб. Шаг черновых зубьев $t_0 = 12$ мм. Число зубьев в секции $z_c = 2$. Общая длина протяжки $L = 570$ мм; длина протяжки до первого зуба $l_1 = 265$ мм. Геометрические элементы протяжки: передний угол $\gamma = 20^\circ$; задний угол на черновых зубьях $\alpha = 3^\circ$; на чистовых зубьях $\alpha = 2^\circ$; на калибрующих зубьях $\alpha = 1^\circ$.

Требуется: назначить режим резания; определить основное время.

Решение: (по нормативам [5]). I. Назначаем режим резания при заданной конструкции протяжки. Подача является элементом конструкции протяжки и рассчитывается конструктором.

1. Устанавливаем группу обрабатываемости протягиваемого материала. По карте 1[9](с. 44) сталь 40ХН твердостью 220 НВ относится к 1-й группе обрабатываемости.

2. Устанавливаем группу качества протягиваемой поверхности. По карте 2[5] (с. 50) цилиндрическое отверстие с полем допуска Н7 (старое обозначение - 2-й класс) с параметром шероховатости поверхности $Ra = 2$ мкм (v6) относится ко 2-й группе качества поверхности.

Выбираем вид смазочно-охлаждающей жидкости. По карте 23 [5] (с. 76, 77) для протягивания стали 1-й группы обрабатываемости и 2-й группы качества

поверхности принимается сульфофрезол (условное обозначение в карте «В»).

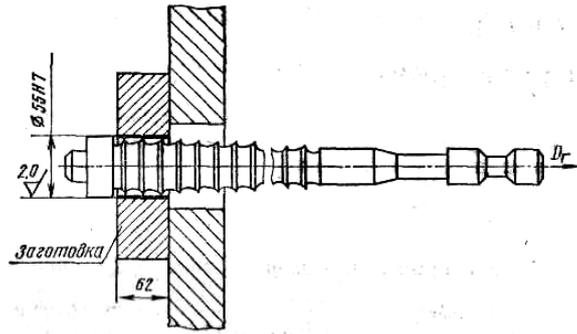


Рис. 12- Эскиз обработки

4. Определяем силу резания (в случаях, когда эта сила на чертеже протяжки не указана, а достаточна ли тяговая сила протяжного станка, вызывает сомнение).

Сила резания:

$$P = q_0 \sum l_p K_P, \text{ (с. 17),}$$

где q_0 - сила резания, кгс, приходящаяся на 1 мм длины режущей кромки; $\sum l_p$ - суммарная длина режущих кромок зубьев, одновременно участвующих в работе - мм; K_P - общий поправочный коэффициент на силу резания, учитывающий измененные условия работы.

Определяем q_0 (карта 24[5], с. 79) для $S_o = 0,7$ мм и переднего угла $\gamma = 20^\circ$; $q_0 = 14,19$ кгс/мм.

Учитываем поправочные коэффициенты на силу резания (карта 25[5], с. 81—82): $K_{P_M} = 1$, так как сталь 1-й группы обрабатываемости и твердостью 220 НВ; $K_{P_o} = 1$, так как смазочно-охлаждающая жидкость - сульфофрезол; $K_{P_p} = 1$, так как стружка разделяется на зубьях выкружками; $K_{P_k} = 1$, так как приняты протяжка, перетачиваемая по передней поверхности, и 2-я группа качества протягиваемой поверхности.

Определяем $\sum l_p$ для цилиндрических отверстий.

Для круглых протяжек переменного резания:

$$\sum l_p = \pi D \frac{z_p}{z_c},$$

где $D = 55$ мм - наибольший диаметр зубьев протяжки z_p - число зубьев, одновременно участвующих в работе z_c -число зубьев в секции:

$$z_p = \frac{l}{t_0} + 1,$$

где l — длина протягиваемой поверхности; t_0 — шаг черновых зубьев:

$$z_p = \frac{62}{12} + 1 = 6,17.$$

Результат округляют до ближайшего меньшего целого числа, т. е. $z_p = 6$; $z_c = 2$ (по принятой конструкции протяжки см. условие):

$$\sum l_p = \pi D \frac{z_p}{z_c} = 3,14 \cdot 55 \frac{6}{2} = 518 \text{ мм.}$$

Сила резания:

$$\begin{aligned} P &= q_0 \sum l_p K_{P_M} K_{P_0} K_{P_P} K_{P_H} = \\ &= 14,19 \cdot 518 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 7350 \text{ кгс.} \end{aligned}$$

В единицах СИ $P = 9,81 \cdot 7350 = 72\,103$ Н.

5. Проверяем, достаточна ли тяговая сила станка. Протягивание возможно при $P \leq Q$, где Q - тяговая сила станка. У станка 7523 $Q = 10\,000$ кгс. Следовательно, протягивание возможно ($7350 < 10\,000$).

6. Назначаем скорость главного движения резания (карта 4[5], с. 53, 54).

Для круглых протяжек 1-й группы обрабатываемости, 2-й группы качества протягиваемой поверхности и массового производства принята $v = 8$ м/мин. Поправочный коэффициент на скорость $K_{ви} = 1$, так как рекомендуется протяжка из быстрорежущей стали P18.

Корректируем найденную скорость главного движения резания по паспортным данным станка; $v = 8$ м/мин может быть установлена на станке 7523, где осуществляется бесступенчатое регулирование скорости в пределах 1,5—11,5 м/мин.

Где l - длина протягиваемой поверхности; t_0 - шаг черновых зубьев:

где $D = 55$ мм - наибольший диаметр зубьев протяжки z_p - число зубьев, одновременно участвующих в работе z_c -число зубьев в секции;

Определяем скорость главного движения резания, допускаемую

$$v_{\text{доп}} = \frac{60 \cdot 102 N_{\text{дп}}}{P}$$

мощностью электродвигателя станка:

По паспортным данным станка 7523 мощность его электродвигателя $N = 18,5$ кВт, КПД $\eta = 0,85$;

$$v_{\text{доп}} = \frac{60 \cdot 102 \cdot 18,5 \cdot 0,85}{7350} = 13,1 \text{ м/мин.}$$

Таким образом, выполняется условие $v < v_{\text{доп}}$, ($8 \ll 13$). Следовательно, принимаем скорость главного движения резания $v = 8$ м/мин ($\ll 0,13$ м/с).

7. Находим стойкость протяжки. По карте 6 [5] (с. 75) стойкость протяжек определяется в метрах суммарной длины протянутой поверхности до затупления протяжки. Значения стойкостей приведены в зависимости от скорости резания и подачи на зуб. Стойкость режущих зубьев протяжки указывается в карте отдельно для черновой и чистовой частей. В используемом справочнике во всех картах по определению стойкости протяжек жирной ломаной линией ограничены подачи черновых зубьев и соответствующие им стойкости, которые удовлетворяют условию равной стойкости черновых и чистовых зубьев (указанные подачи и стойкости приведены слева от жирной линии).

По карте 6[5] устанавливаем, что при $v = 8$ м/мин условие равной стойкости будет достигнуто при подаче черновых зубьев $S_0 = 0,25$ мм/зуб на сторону. В принятой конструкции протяжки предусмотрена меньшая подача черновых зубьев ($S_0 = 0,07$ мм/зуб), при которой стойкость их $T_m = 120$ м (найденно интерполированием значений $T_m = 125$ м для $S_0 = 0,06$ мм/зуб и $T_m = 115$ м для $S_0 = 0,08$ мм/зуб). Стойкость чистовых зубьев $T_m = 68$ м. Так как чистовые зубья имеют меньшую стойкость, чем черновые, то стойкость протяжки в целом будет равна стойкости ее чистовых зубьев, т. е. $T_m = 68$ м. Нормативная стойкость протяжки:

$$T_{\text{м.н}} = T_m K_{T_B} K_{T_P} K_{T_M} K_{T_O} K_{T_D} K_{T_A}$$

По карте 23 [5](с. 90-93) учитываем поправочные коэффициенты на табличное значение стойкости T_m : $K_{ТВ} = 1$, так как зубья протяжки перетачиваются по передней поверхности протягивается цилиндрическое отверстие и принята 2-я группа качества поверхности; $K_T = 1$, так как протяжка переменного резания; $K_{ТЗ} = 1$ так как заготовка штампованная, с предварительно обработанным отверстием: $K_{ТМ} = 1$, так как материал протяжки - сталь P18; $K_{Т0} = 1$, так как смазочно-охлаждающая жидкость - сульфофрезол; $K_{Тд} = 1$, так как протяжка с доведенными зубьями:

$$T_{м. н} = 68 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 68 \text{ м.}$$

8. Определяем число заготовок, протянутых между повторными заточками:

$$n_d = \frac{1000 T_{м. н}}{l},$$

где l - длина протягиваемой поверхности;

$$n_d = \frac{1000 \cdot 68}{62} = 1096 \text{ шт.}$$

II. Основное время

$$T_0 = \frac{L_{р. х}}{1000 v q} K_1 i,$$

где q - число одновременно обрабатываемых заготовок; K_1 - коэффициент, учитывающий обратный ускоренный ход; i - число рабочих ходов.

Длина рабочего хода протяжки: $L_{р. х} = l_{п} + l + l_{доп}$

Длина рабочей части протяжки $l_{п} = L - l_1$. По условию $L = 570$ мм, $l_1 = 265$ мм, $l = 62$ мм. Тогда $l_{п} = 570 - 265 = 305$ мм.

Перебег $l_{доп} = 30 \dots 50$ мм; принимаем $l_{доп} = 50$ мм.

Таким образом, $L_{р. х} = 305 + 62 + 50 = 417$ мм.

Коэффициент $K_i = 1 + v/v_{o.x}$

У станка 7523 скорость обратного хода $v_{o.x} = 20$ м/мин;

$$K_1 = 1 + \frac{8}{20} = 1,4.$$

По условию обрабатывается одна заготовка, т. е. $q = 1$ число проходов $I = 1$

$$T_0 = \frac{417}{1000 \cdot 8 \cdot 1} \cdot 1,4 \cdot 1 = 0,073 \text{ мин.}$$

Задание 7.2 На горизонтально-протяжном станке протягивают цилиндрическое отверстие диаметром D и длиной l . Параметр шероховатости обработанной поверхности $Ra = 2$ мкм. Одновременно обрабатывается одна заготовка. Протяжка изготовлена из быстрорежущей стали P18. Конструктивные элементы протяжки: подъем на зуб на сторону (подача) S_0 ; общая длина L ; длина до первого зуба l_1 ; шаг режущих зубьев (черновых) t_0 . Число зубьев в секции z_c (для протяжек переменного резания). Геометрические элементы: передний угол γ , задний угол α , режущих (черновых) зубьях α . Необходимо: назначить режим резания; определить основное время.

Порядок выполнения работы

- 1 Выполнить задания в рабочей тетради согласно варианту, предложенному преподавателем.

Таблица 23– Данные к заданию 7.2.

№	Материал заготовки	Заготовка	t, мм	S ₀ , мм/об	T, мин	Материал инструмента	Сечение державки резца, мм	φ, °	r, мм	Форма передней поверхности
1	Сталь 12Х18Н9Т жаропрочная 140 НВ	Поковка, предварительно обработанная	1,5	0,34	60	ВК8	16×25	45	2	Радиусная с фаской
2	Серый чугун, 160 НВ	Отливка с коркой	4	0,84	45	ВК8	20×30	60	1	Плоская
3	Сталь 20 σ _в =500 МПа	Прокат, предварительно обработанный	3	0,52	90	T15K6	16×25	90	1,5	Радиусная с фаской
4	Серый чугун, 180НВ	Отливка без корки	1,5	0,28	60	ВК6	12×20	45	1	Плоская
5	Бронза Бр.АЖ9-4, 120НВ	Отливка с коркой	3,5	0,61	60	P18	16×25	60	1	Радиусная с фаской
6	Сталь 40X σ _в =700 МПа	Поковка	3	0,57	45	T5K10	25×25	90	1	Плоская
7	Серый чугун, 200 НВ	Отливка с коркой	5	0,75	90	ВК8	20×30	60	1	Радиусная с фаской
8	Сталь 45ХН σ _в =750 МПа	Штампованная, предварительно обработанная	0,75	0,17	60	T30K4	16×25	45	2	Плоская
9	Латунь ЛМцОС58-2-2-2 90НВ	Отливка без корки	1	0,25	90	P18	12×20	45	1	Радиусная с фаской
10	Серый чугун, 220НВ	Отливка без корки	1	0,23	60	ВК3	16×25	60	2	Плоская

Контрольные вопросы

1. Почему при протягивании отсутствует движение подачи?
2. Как выбирается вид смазочно-охлаждающей жидкости при протягивании?
3. Как определяется сила резания при протягивании?
4. Как определяется стойкость при протяжке?
5. Определение основного технологического времени при протягивании

Список литературы

- 1 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 1 / А. Г. Схиртладзе [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 263 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.
- 2 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 2 / С. Н. Григорьев [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 246 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.

РАЗДЕЛ 8 ШЛИФОВАНИЕ

Тема 8.4 Расчет и табличное определение режимов резания при шлифовании

Практическое занятие 26-27. Определение режимов резания при шлифовании – 4 часа

Цель:

- углубление, закрепление знаний о назначении режимов резания на шлифовальную операцию;
- формирование умений по назначению режимов резания.

Студент должен:

знать:

- методику выбора рациональных режимов резания при шлифовании;
- уметь:

- пользоваться справочной документацией по выбору шлифовальных кругов, режимов резания в зависимости от конкретных условий обработки;
- выбирать в зависимости от конкретных условий обработки;
- производить расчет режимов резания при зубодолбежной обработке.

Методические указания

Шлифование - резание металлов с помощью абразивного инструмента, режущим элементом которого являются зерна, обладающие высокой твердостью, теплостойкостью и острыми кромками. При вращении шлифовального круга с большой скоростью выступающие из него зерна срезают (соскабливают) с заготовки, своими острыми кромками большое число

очень тонких стружек, т. е. имеет место так называемое микрорезание. Благодаря малому сечению среза и высокой скорости вращения круга шлифование обеспечивает высокую точность обработки – 6-7-й квалитет по ЕСП и малую шероховатость обработанной поверхности - $Ra = 1,25 \dots 0,10$ мкм. Абразивные зерна соединены специальными связующими веществами (связками) в шлифовальные круги, сегменты, бруски и другие абразивные инструменты. Между зернами и связкой имеются воздушные поры, образующиеся при изготовлении кругов, когда при их обжиге испаряется влага. На рис. 1 показана схема работы шлифовального круга и его структура.

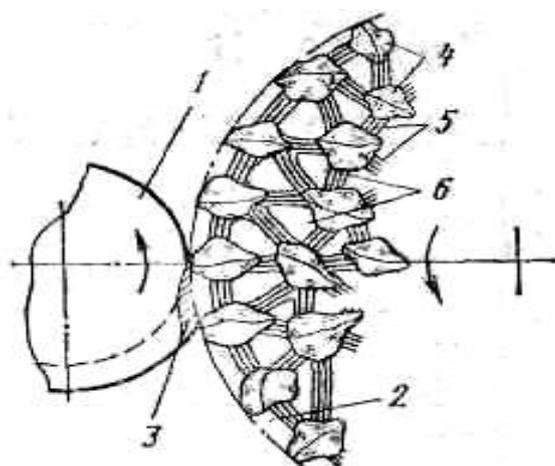


Рис. 13- Схема работы шлифовального круга и его структура:

1 - заготовка; 2 - шлифовальный круг; 3 -- стружка; 4 - абразивные зерна; 5 - мостики связки; 6 - поры

Характеристика шлифовального круга включает в себя следующие элементы: материал абразивных зерен; размер абразивных зерен; материал связки; твердость круга (твердость связки); структуру круга (количественное соотношение между абразивными зернами, связкой и порами в единице объема круга). При выборе твердости круга руководствуются следующим общим правилом: чем тверже шлифуемый материал, тем мягче должен быть круг, и наоборот. Для плоского шлифования заготовок из незакаленной стали по существующей шкале твердости рекомендуется круг С1 (средний 1-й степени). Для заданных условий работы рекомендуется круг на керамической связке (К), так

как этот вид связки обеспечивает высокую производительность шлифования (в частности, периферией круга при шлифовании плоских поверхностей), возможность работы с использованием охлаждающих жидкостей и хорошее сохранение профиля шлифующей части круга.

При выборе марки шлифовального круга выбираем;

1. Маркировку абразивного материала.

2. Зернистость

3. Приводим номер структуры круга (после обозначения твердости С1). Структура указывает количественное соотношение зерен, связки и пор в единице объема круга. С увеличением номера структуры уменьшается относительное число зерен и увеличивается пористость круга ([18], табл. 174, с. 345). Для плоского шлифования периферией круга обычно рекомендуется средняя структура № 7, для круглого шлифования - №5 и 6.

4. Указываем разновидность принятой керамической связки. Для карбидкремниевых кругов наибольшее распространение получила связка КЗ, а для электрокорундовых - связки К1 и К8 для обычного шлифования и КБ для скоростных кругов; принимаем связку К1.

5. Приводим тип (форму) принятого круга ([18], табл. 170, с. 334). Для плоского шлифования периферией круга обычно применяют тип ПП (плоские прямого профиля). Принимаем этот тип.

6. Указываем класс шлифовального круга, которым обусловлены допуски его размеров и геометрической формы, а также некоторые другие параметры. Стандартом предусмотрены три класса: АА, А и Б. Предельные отклонения размеров и формы для класса А меньше, чем для класса Б, а для класса АА меньше, чем для класса А. Для окончательного шлифования принимаем круг класса А.

7. Приводим допустимую окружную скорость круга, при которой обеспечивается безопасная работа. У кругов для обычного шлифования в маркировке указывается 35 м/с; круги для скоростного шлифования имеют красную диаметральною полосу и обозначение 50 м/с. Принимаем круг для

В качестве материала абразивных зерен принимаем белый электрокорунд (ЭБ), марку которого Э9А устанавливаем по табл. 167[4], с. 332. Выбор этой марки обусловлен высокой твердостью шлифуемой заготовки и требованиями, предъявляемыми к точности обработки и шероховатости обработанной поверхности. В характеристике приняты: зернистость 40, твердость СМ2, связка керамическая (К).

В используемом справочнике нет ряда характеристик шлифовальных кругов, предусмотренных действующими стандартами. В примере 1 показано, как с помощью табл. 1 Приложения С.5 данного учебного пособия вводятся дополнительные характеристики в маркировку круга, рекомендованную справочником.

Поэтому в рассматриваемом примере дополняем характеристику круга, давая лишь краткое обоснование:

1) переводим старое обозначение маркировки абразивного материала Э9А в новое 24А;

2) принимаем индекс зернистости Н (содержание основной фракции 45 % при зернистости 40);

3) принимаем структуру круга среднюю № 5 (для круглого наружного шлифования в центрах рекомендуются обычно структуры № 5 и 6);

4) указываем разновидность принятой керамической связки К8 (для электрокорундовых кругов);

5) указываем тип круга по справочнику [18], табл. 170, с. 334. На круглошлифовальных станках применяют обычно круги ПП и ПВД. Принимаем тип ПВД (плоский с двусторонней выточкой), обеспечивающий удобное и надежное крепление круга на шпинделе шлифовальной бабки;

6) принимаем класс круга А;

7) указываем допустимую скорость круга 35 м/с (обычное шлифование).

Маркировка полной характеристики круга: ПВД 24А40НСМ25К8 35 м/с.

Размеры нового круга по паспортным данным станка 3М131: диаметр D_K = 600 мм, ширина круга (или высота) $B_K=63$ мм.

II. Назначаем режим резания.

В процессе круглого наружного шлифования методом продольной подачи в соответствии с ГОСТ 25762-83 рассматриваются следующие элементы движений (см. рис. 2):

1. Вращение шлифовального круга - главное движение резания D_r . Оно характеризуется скоростью главного движения резания v (м/с):

$$v = \frac{\pi D_K n_K}{1000 \cdot 60},$$

где D_K - диаметр круга, мм; n_K - частота вращения круга, мин⁻¹.

2. Вращение заготовки - движение окружной подачи D_s . Оно характеризуется скоростью движения окружной подачи $v_{S_{окр}}$ (м/мин):

$$v_{S_{окр}} = \frac{\pi d_3 n_3}{1000},$$

где d_3 - диаметр заготовки; n_3 - частота вращения заготовки, мин⁻¹.

3. Возвратно-поступательное перемещение стола с заготовкой - движение продольной подачи $D_{S_{прод}}$. Продольная подача S_0 (мм/об заготовки) устанавливается в зависимости от характера шлифования (предварительного или окончательного) и ширины шлифовального круга: $S_0 = s_d B_K$

где s_d - коэффициент, учитывающий продольную подачу (в долях ширины круга); B_K - ширина круга, мм. Для того чтобы установить на станке принятую величину S_0 , нужно определить скорость (м/мин) движения продольной подачи $v_{S_{прод}}$ (скорость движения стола):

$$v_{S_{прод}} = \frac{S_0 n_3}{1000} = \frac{s_d B_K n_3}{1000}$$

3. Поперечное перемещение круга - прерывистое движение поперечной подачи $D_{S_{поп}}$. Поперечная подача в зависимости от настройки станка осуществляется либо один раз на двойной ход стола - S_{2X} мм/дв. ход, либо на каждый ход стола - S_X мм/ход.

Рекомендации по режимам резания приведены в справочнике [18], табл. 69 (с. 465, раздел «Круглое наружное шлифование»).

Скорость главного движения резания (шлифовального круга)

$$v = 30 \dots 35 \text{ м/с}; \quad v = \frac{\pi D_k n_k}{1000 \cdot 60},$$

По паспортным данным стайка ЗМ131:

у нового круга $D_k = 600 \text{ мм}$; $n_k = 1112 \text{ мин}^{-1}$.

Тогда:

$$v = \frac{3,14 \cdot 600 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 35 \text{ м/с},$$

т. е. в пределах рекомендуемого диапазона.

2. Скорость движения окружной подачи $v_{\text{окр}}$ (в справочнике - окружная скорость детали v_d); $v_{\text{окр}} = 15 \dots 55 \text{ м/мин}$. Принимаем среднее значение 35 м/мин ($\sim 0,58 \text{ м/с}$).

3. Определяем частоту вращения заготовки, соответствующую принятой скорости движения окружной подачи:

$$n_z = \frac{1000 v_{\text{окр}}}{\pi d_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 40} = 280 \text{ мин}^{-1}.$$

Найденное значение $n_z = 280 \text{ мин}^{-1}$ может быть установлено на станке ЗМ131, имеющем бесступенчатое регулирование частоты вращения заготовки в пределах $40 \text{ — } 401) \text{ мин}^{-1}$.

4. Поперечная подача круга $S_x \text{ мм/ход}$ (в справочнике названа глубиной шлифования t); $S_x = 0,005 \dots 0,015 \text{ мм/ход}$ стола; учитывая высокие требования, предъявляемые к точности обработки [поле допуска по h_6 (старое обозначение - 2-й класс)] и шероховатости поверхности $Ra = 0,8 \text{ мкм}$, принимаем $S_x = 0,005 \text{ мм/ход}$. Так как на станке ЗМ131 поперечные подачи регулируются бесступенчато в пределах $0,002\text{-}0,1 \text{ мм/ход}$, то принимаем $S_x =$

0,005 мм/ход.

5. Определяем продольную подачу на оборот заготовки: $S_o = s_d V_k$. Для окончательного шлифования в справочнике рекомендуется $s_d = 0,2 \dots 0,4$; принимаем $s_d = 0,3$. Тогда $S_o = 0,3 \times 63 = 18,9$ мм/об.

6. Определяем скорость движения продольной подачи (скорость продольного хода стола):

$$v_{s_{\text{прод}}} = \frac{S_o n_z}{1000} = \frac{18,9 \cdot 280}{1000} = 5,3 \text{ м/мин } (\approx 0,088 \text{ м/с}).$$

На используемом станке предусмотрено бесступенчатое регулирование скорости продольного хода стола в пределах 0,05-5 м/мин, поэтому принимаем $v_{s_{\text{прод}}} = 5$ м/мин ($\sim 0,083$ м/с).

7. Определяем мощность, затрачиваемую на резание:

$$N_{\text{рез}} = C_N v_d^r t^x s_0^y d_3^q \quad (\text{с. 469[18]}).$$

В соответствии с действующим стандартом проставим в формуле вместо

$$v_d, t \text{ и } S$$

соответственно

$$v_{S_{\text{окр}}}, S_x \text{ и } S_o:$$

$$N_{\text{рез}} = C_N v_{s_{\text{окр}}}^r \times S_x^x S_o^y d_3^q.$$

Выписываем из табл. 70 справочника [18] (с. 480) коэффициент и показатели степеней формулы для круглого наружного шлифования с поперечной подачей на каждый ход стола, обработки стали, зернистости круга 40, твердости СМ2 (находится в диапазоне СМ1-С1): $C_N = 2,65$; $r = 0,5$; $x = 0,5$; $y = 0,55$; $q = 0$. Тогда $N_{\text{рез}} = 2,65 \times 35^{0,5} \times 0,005^{0,5} \times 18,9^{0,55} = 2,65 \times 5,92 \times 0,07 \times 5,05 = 5,5$ кВт.

8. Проверяем, достаточна ли мощность двигателя шлифовальной бабки. У станка ЗМ131 $N_{\text{шп}} = N_{\text{д}}\eta = 7,5 \times 0,8 = 6$ кВт, $N_{\text{рез}} < N_{\text{шп}}$ ($5,5 < 6,0$), т. е. обработка возможна. Если при расчете получится перегрузка станка по мощности, можно снизить мощность $N_{\text{реа}}$ путем соответствующего уменьшения величины $v_{\text{сокp}}$ в пределах диапазона, рекомендуемого справочником.

III. Основное время:

$$T_0 = \frac{Lh}{n_3 S_0 S_x} K,$$

где L — длина хода стола; при перебеге круга на каждую сторону, равно $0,5 B_k$, $L = l = 210$ мм; h - припуск на сторону, по условию $h = 0,2$ мм; n_0 , S_0 и S_x определены в ходе решения примера; K - коэффициент точности, учитывающий время на «выхаживание», т. е. шлифование без поперечной подачи (осуществляется на заключительном этапе операции для достижения требуемых точности обработки и шероховатости обработанной поверхности); при предварительном шлифовании $K = 1,2$, а при окончательном $K = 1,4$; принимаем $K = 1,4$.

Тогда:

$$T_0 = \frac{210 \cdot 0,2}{280 \cdot 18,9 \cdot 0,005} 1,4 = 1,59 \cdot 1,4 = 2,22 \text{ мин.}$$

Пример 2. На плоскошлифовальном станке с прямоугольным столом ЗП722 шлифуется плоская поверхность планки шириной $B = 110$ мм и длиной $l = 280$ мм; высота планки $h_l = 20$ мм. Припуск на сторону $h = 0,35$ мм. Параметр шероховатости поверхности $Ra = 1,25$ мкм. Материал заготовки - сталь 45ХН закаленная, твердостью 51,5 HRC (соответствует HRC50). На магнитном столе станка установлено шесть заготовок (в два ряда, по три заготовки в каждом). Эскиз обработки приведен на рис. 15.

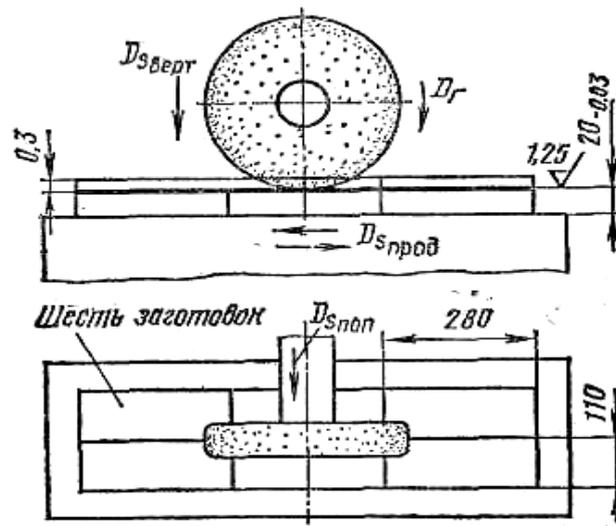


Рис. 15 -Эскиз обработки к примеру 2

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

Решение: (по нормативам [5]). I. Выбираем шлифовальный круг. Устанавливаем характеристику круга (карта 18[5], с. 190). Для шлифования периферией круга, параметра шероховатости поверхности $Ra = 1,25$ мкм, твердости стали 51,5 HRC, рекомендуется характеристика 14A25CM26-7K; принимаем 14A25CM27K. В характеристике приняты: материал абразивных зерен - электрокорунд нормальный 14A; зернистость 25; твердость CM2; структура № 7 и связка керамическая. В используемых нормативах не приведены некоторые элементы характеристики шлифовальных кругов, предусмотренные действующими стандартами. Устанавливаем их с помощью табл. 143 данного пособия. Принимаем индекс зернистости П (содержание основной фракции при зернистости 25-55 %). Устанавливаем разновидность принятой керамической связки - K1 (для электрокорундовых кругов). Устанавливаем тип круга. На плоскошлифовальных станках, работающих периферией круга, применяют обычно круги типа ПП (плоские прямого профиля). Принимаем класс круга - А. Указываем допустимую скорость круга - 35 м/с (обычное шлифование).

Маркировка полной характеристики круга - ПП 14A25ПСМ27K1А 35 м/с.

У станка ЗП722 диаметр нового круга $D_k = 450$ мм; высота (ширина) круга $B_k = 80$ мм (по паспортным данным станка).

II. Назначаем режим резания.

1. Определяем частоту вращения шлифовального круга при принятой скорости $v = 35$ м/с:

$$n_k = \frac{1000 \cdot 60v}{\pi D_k} = \frac{1000 \cdot 60 \cdot 35}{3,14 \cdot 450} = 1486 \text{ мин}^{-1}.$$

принимая по паспортным данным станка ЗП722 $n_k = 1500$ мин⁻¹

2. Определяем скорость движения продольной подачи $v_{\text{спрод}}$ (в нормативах названа скоростью заготовки v_3 , см. карту 19[5], лист 3, с. 194-195). Для стали с конструкционной твердостью до HRC 56 $v_{\text{спрод}} = 16$ м/мин ($\sim 0,27$ м/с).

3. Определяем поперечную подачу круга (карта 19[5], лист 3, с. 194). Для параметра шероховатости поверхности $Ra = 1,25$ мкм и ширины шлифовального круга $B_k = 80$ мм $S = 32$ мм/ход стола.

4. Определяем подачу на глубину напроход (карта 19[5], лист 3, с. 194, 195). Движение подачи на глубину напроход, или вертикальная подача круга, осуществляется в момент реверсирования поперечного движения подачи.

Для конструкционной стали твердостью 51,5 HRC_э, припуска на обработку 0,35 мм и поперечной подачи S до 38 мм/ход стола $S_{tx} = 0,014$ мм (на реверсирование шлифовальной бабки).

Учитываем поправочные коэффициенты на эту подачу (карта 19[9], лист 4, с. 196, 197):

В зависимости от обрабатываемого материала и точности обработки: конструкционная сталь 45ХН, легированная хромом и никелем, относится ко II группе обрабатываемого материала. Для этой группы обрабатываемого материала, допустимого отклонения высоты планки - 0,05 мм (по условию) и параметра шероховатости поверхности $Ra = 1,25$ мкм поправочный коэффициент $K_{Stl} = 1,5$.

В зависимости от размера шлифовального круга и степени заполнения стола заготовками: определяем степень заполнения стола, т.е. отношение

$\frac{\sum F_a}{B_3 L_3}$, где $\sum F_a$ – суммарная площадь шлифуемой поверхности, мм; B_3, L_3 – соответственно габаритные ширина и длина расположения шлифуемых заготовок на столе станка. На столе установлено шесть заготовок прямоугольной формы (см. эскиз обработки). Следовательно, $B_3 = 110 \times 2 = 220$ мм; $L_3 = 280 \times 3 = 840$ мм; $\sum F_3 = 220 \times 840$ мм². Подставляем полученные значения в отношение: $\frac{220 \times 840}{220 \times 840} = 1$. Это соотношение будет меньше единицы

при шлифовании заготовок типа колец, втулок, планок и плит с отверстиями и т. п. Для отношения, равного единице и диаметра круга $D_K = 450$ мм (в карте диапазон 410-500 мм) поправочный коэффициент $K_{St2} = 0,71$;

В зависимости от точности обработки и жесткости станка (карта 2[5], с. 110): для плоскошлифовального станка 311722 (см. в карте по графе, где приведена мод. 3720), проработавшего непрерывно до 10 лет, поправочный коэффициент $K_{жс} = 1$;

В зависимости от твердости шлифовального круга (карта 18[5], примеч. 1, с. 190): для принятой твердости круга СМ2 поправочный коэффициент $K_I = 1$.

С учетом поправочных коэффициентов $S_{ix} = 0,014 K_{St1} K_{St2} K_{жс} K_I = 0,014 \times 1,5 \times 0,71 \times 1 \times 1 = 0,015$ мм (это значение S_{ix} приведено в паспорте станка ЗП722).

5. Определяем мощность, затрачиваемую на резание (карта 20[5], лист 1, с. 198, 199).

Для II группы обрабатываемого материала, $v_{спрод}$ до 20 м/мин, поперечной подачи S до 35 мм/ход и подачи на глубину напроход $S_{ix} = 0,015$ мм $N_{табл} = 8,4$ кВт.

Учитываем поправочный коэффициент на мощность (карта 20[5], лист 2, с. 200). Для твердости круга СЛ12 и ширины круга $B_K = 80$ мм $K_N = 1,05$ (найден интерполированием значений $K_N = 1$ для $B_K = 63$ мм и $K_N = 1,12$ для $B_K = 100$ мм). Тогда $N_{рез} = N_{табл} K_N = 8,4 \times 1,05 = 8,65$ кВт.

6. Проверяем, достаточна ли мощность привода шлифовального шпинделя. У станка ЗП722 $N_{ун} = N_{д\eta} = 15 \times 0,85 = 12,75$ кВт; $N_{рез} < N_{ун}$ ($8,65 < 12,75$, т. е.

обработка возможна).

7. Проверяем, выполняются ли условия бесприжогового шлифования.

Сущность этой проверки изложена в примере 3 данного учебного пособия.

Подсчитываем удельную мощность шлифования:

$$N_{уд} = \frac{N_{рез}}{B_k} = \frac{8,65}{80} = 0,105 \text{ кВт/мм.}$$

Определяем по карте 20[9], лист 2, с. 200 предельное значение $N_{уд}$, при котором обеспечивается бесприжоговое шлифование закаленной стали. Для твердости круга СМ2 и скорости движения продольной подачи $v_{спрод}$ до 20 м/мин предельное значение $N_{уд}=0,11$ кВт/мм. Так как $0,105 < 0,11$, то условия бесприжогового шлифования выполнены.

III. Основное время (мин)

$$T_0 = \frac{HLh}{1000v_{спрод}SS_{tx}q}.$$

Здесь H - перемещение шлифовального круга в направлении поперечной подачи, мм; $H = B_3 + B_k + 5$; B_3 - суммарная ширина шлифуемых поверхностей заготовок, установленных на столе; B_k - ширина круга; в решаемом примере $B_k = 80$ мм, тогда $H = 2 \times 110 + 80 + 5 = 305$ мм; L - длина продольного хода стола, мм; $L = L_3 + (10 \dots 15)$ мм; L_3 — суммарная длина заготовок, установленных на столе; в решаемом примере $L_3 = 3 \times 280 + 15 = 855$ мм; h - припуск на сторону (по условию $h = 0,35$ мм); $v_{спрод}$ - скорость движения продольной подачи (стола), м/мин; S - поперечная подача круга, мм/ход стола; S_{tx} - подача на глубину напроход (вертикальная подача), мм (величины $v_{спрод}$, S , S_{tx} определены в ходе решения примера); q - число заготовок, одновременно устанавливаемых на столе станка (по условию $q = 6$).

В приведенной формуле отсутствует коэффициент точности K , учитывающий время на «выхаживание», т.е. на шлифование без подачи на глубину (вертикальной подачи), так как в используемых нормативах приведены средние значения этой подачи S_t , рассчитанные исходя из полного времени цикла шлифования и «выхаживания» ([5], с. 107):

$$T_0 = \frac{305 \cdot 855 \cdot 0,35}{1000 \cdot 16 \cdot 32 \cdot 0,015 \cdot 6} = 1,98 \text{ мин.}$$

Задание 8.1

Выбрать характеристику шлифовального круга для заданных условий обработки. Обосновать выбор принятой характеристики круга.

Задание 8.2

На круглошлифовальном станке 3М131 шлифуется шейка вала диаметром d_3 и длиной l ; длина вала l_1 ; припуск на сторону h

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

Задание 8.3

На плоскошлифовальном станке 3П722 с прямоугольным столом шлифуется плоская поверхность заготовки прямоугольной формы шириной B и длиной l ; высота заготовки h_1 . Припуск на сторону h . На магнитном столе станка установлено q заготовок (Приложение С.4). Необходимо: выбрать шлифовальный круг; назначить режим резания; определить основное время.

Контрольные вопросы

- 1 Как выбирается маркировка шлифовального круга при шлифовании?
- 2 Как выбирается вид смазочно-охлаждающей жидкости при шлифовании?
- 3 Как определяется подача при шлифовании?
- 4 Назовите формулу основного технологического времени при наружном цилиндрическом шлифовании.

Список литературы

- 7 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 1 / А. Г. Схиртладзе [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 263 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.
- 8 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]:

учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 2 / С. Н. Григорьев [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 246 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.

3 ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБУЧЕНИЯ

Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы.

Основные источники

- 1 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 1 / А. Г. Схиртладзе [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 263 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.
- 2 Резание материалов. Режущий инструмент [Электронный ресурс]: учебник для СПО: в 2 ч. Ч. 2 / С. Н. Григорьев [и др.] ; под общ. ред. Н. А. Чемборисова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 246 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.

Дополнительные источники

- 1 Ярушин, С. Г. Технологические процессы в машиностроении [Электронный ресурс]: учебник для СПО / С. Г. Ярушин. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 564 с. — Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.

Интернет-ресурсы

1. Библиотека машиностроителя <http://lib-bkm.ru>
2. Российское образование: Федеральный портал <http://www.edu.ru/>
3. Единое окно доступа к образовательным ресурсам <http://window.edu.ru/window>
4. Российская государственная библиотека <http://www.rsl.ru/>
5. Государственная публичная научно-техническая библиотека <http://www.gpntb.ru/>
6. Интернет-газета «Поиск» <http://www.poisknews.ru/>
Первый машиностроительный портал <http://www.lbm.ru/techdocs/kgs/>

