

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»
в г. Петровске

УТВЕРЖДАЮ
Директор филиала СГТУ
имени Гагарина Ю.А. в г.Петровске

 Е.А.Бесшапошникова
«30» июня 2023 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

по дисциплине
ОП.05 « Процессы формообразования и инструменты »

специальности
15.02.16 «Технология машиностроения»

Методические указания рассмотрены
на заседании предметной (цикловой) комиссии
общепрофессиональных дисциплин,
профессиональных модулей специальностей
технического профиля
«14» июня 2023 года, протокол № 12

Председатель ПЦК  /Лескина Т.А./

Петровск 2023

Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ разработаны на основе рабочей программы дисциплины ОП.05 Процессы формообразования и инструменты в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 15.02.16 ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ, утвержденного приказом Министерства просвещения РФ № 444 от 14.06.2022г.

Разработчик: Власова Л.И. - преподаватель Филиала СГТУ имени Гагарина Ю.А. в г.Петровске

СОДЕРЖАНИЕ

1.Пояснительная записка	4
2.Указания по выполнению практических работ	21
3.Критерии оценки	185
4.Учебно-методическое и информационное обеспечение практических работ	193

1. Пояснительная записка

Настоящие методические указания являются подробным руководством по выполнению студентами колледжа практических работ по дисциплине «Процессы формообразования и инструменты» по специальности 15.02.16 Технология машиностроения.

Практические занятия способствуют закреплению теоретических знаний по предмету, формируют у студентов навыки и умения в обращении с приборами, в анализе заданной конструкции, в умении заменять реальный объект расчётной схемой, производить расчет элементов конструкций на прочность, жесткость, устойчивость и усталость, а так же проектировать детали и сборочные единицы.

В описании каждой работы изложена её цель, содержание, даны краткие общие сведения по изучаемой теме, организационные и методические указания по проведению работы, порядок её выполнения, выводы и заключения, приведены формы и содержание отчёта, даны контрольные вопросы для самопроверки и подготовки к сдаче отчёта, стандарты и литература.

Практические занятия проводятся после изучения соответствующей темы. С целью повышения эффективности выполнения лабораторных и практических работ рекомендуется выдавать задания студентам предварительно. При этом студенты самостоятельно повторяют соответствующий теоретический материал, знакомятся с принятой формой отчётности, методикой составления отчётов и техникой их оформления.

Началу каждого практического занятия предшествует краткая вводная беседа, проводимая для всех студентов одновременно. В ходе беседы преподаватель проводит инструктаж по технике безопасности, разъясняет цели и задачи проводимой работы, знакомит с наглядными пособиями, оборудованием, приборами и инструментами.

По каждой практической работе (практическому занятию) должен быть выполнен отчёт по форме, рекомендуемой в методических указаниях. Текст отчёта рекомендуется писать чертёжным шрифтом по ГОСТ 2.304-81. Схемы, эскизы, таблицы выполняются только карандашом с помощью чертёжных инструментов.

Выполнение практических занятий засчитывается по мере представления студентами преподавателю отчётов по выполненным работам. Качество выполнения работ оценивается дифференцированно по пятибалльной системе и при определении семестровой оценки рассматривается как показатель текущего учёта знаний студентов.

Выполнение практических работ по дисциплине «Процессы формообразования и инструменты» ставит своей целью оказания помощи студентам в организации их работы по овладению системой знаний и умений в объёме программы данной дисциплины.

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

- пользоваться нормативно-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 освоения 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;

В результате освоения дисциплины формируются следующие **профессиональные (ПК) и общие (ОК) компетенции:**

ОК. 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК. 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК. 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях;

ОК. 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

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

ПК 1.2. Выбирать метод получения заготовок с учетом условий производства.

ПК 1.3. Выбирать методы механической обработки и последовательность технологического процесса обработки деталей машин в машиностроительном производстве.

ПК 1.4. Выбирать схемы базирования заготовок, оборудование, инструмент и оснастку для изготовления деталей машин.

ПК 1.5. Выполнять расчеты параметров механической обработки изготовления деталей машин, в т.ч. с применением систем автоматизированного проектирования.

ПК 1.6. Разрабатывать технологическую документацию по изготовлению деталей машин, в т.ч. с применением систем автоматизированного проектирования.

Наименование темы	Объем часов	Наименование, № практического задания	Виды работ	Формируемые результаты освоения
Тема 2.2. Геометрия токарного резца	6	Практические занятия: 1. Основы механики работы клина: резец - разновидность клина. 2. Конструктивные элементы резца: рабочая часть (головка), тело -	Выполнение практической работы	ОК.01 ОК.02 ОК.03 ОК.09 ПК 1.1 ПК 1.2 ПК 1.3 ПК 1.4 ПК 1.5 ПК 1.6

		<p>крепежная часть резца (державка, стержень), лезвие, передняя поверхность лезвия. 3. Главная и вспомогательная задние поверхности лезвия, режущая кромка, ленточка лезвия, фаска лезвия, вершина лезвия, радиус при вершине резца. Исходные плоскости для изучения геометрии резца по ГОСТ 25762-83. 4. Углы лезвия резца и плоскости. Влияние углов резца на процесс резания. Числовые значения углов для типовых резцов. Влияние установки резца на процесс резания. Основные типы токарных резцов. 5. Приборы и инструменты для измерения углов резца. 6. Общая классификация токарных резцов по конструкции, технологическому назначению, направлению движения подачи. 7. Формы передней поверхности лезвия резца. Стружколомающие канавки и уступы, накладные стружколوماتели.</p>		
--	--	---	--	--

		<p>8. Резцы с механическим креплением многогранных неперетачиваемых твердосплавных и минералокерамических пластин. Способы крепления режущих пластин к державке.</p> <p>9. Резцы со сменными рабочими головками. Выбор конструкции и геометрии резца в зависимости от условий от условий обработки.</p> <p>Фасонные резцы: стержневые, круглые (дисковые), призматические.</p> <p>10. Заточка резцов. Абразивные круги для заточки. Порядок заточки резца. Доводка резцов. Электроалмазная заточка. Контроль заточки с помощью угломеров и шаблонов. Методы повышения износостойкости и надежности инструментов.</p>		
Тема 2.3. Элементы режимов резания	2	<p>Практические занятия:</p> <p>1. Элементы резания при точении. Срез и его геометрия, площадь поперечного сечения среза. Скорость резания.</p> <p>2. Частота вращения</p>	Выполнение практической работы	<p>ОК.01 ОК.02 ОК.03 ОК.09 ПК 1.1 ПК 1.2 ПК 1.3 ПК 1.4 ПК 1.5 ПК 1.6</p>

		<p>заготовки. Основное (машинное) время обработки.</p> <p>Расчетная длина обработки.</p> <p>3. Производительность резца. Анализ формул основного времени и производительность труда при точении.</p> <p>4. Измерение геометрических параметров токарного резца»</p> <p>5. Расчет режимов резания при точении</p>		
Тема 2.4. Физические явления при токарной обработке	2	<p>Практические занятия:</p> <p>1. Стружкообразование . Пластические и упругие деформации, возникающие в процессе стружкообразования. Типы стружек.</p> <p>2. Факторы, влияющие на образование типа стружки. Влияние различных способов стружкоотделения на процесс резания.</p> <p>3. Явления образования нароста, зависимость наростообразования от величины скорости резания. Влияние наростообразования на процесс резания. Методы борьбы с наростообразованием.</p>	Выполнение практической работы	

		4. Применение смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС). Вибрации при стружкообразовании . Явления усадки стружки. Явление наклепа на обработанной поверхности в процессе стружкообразования.		
Тема 2.5. Сопротивление резанию при токарной обработке	2	<p>Практические занятия:</p> <p>1. Сила резания, возникающая в процессе стружкообразования, и причины ее возникновения. Разложение силы резания на составляющие P_z, P_y, P_x.</p> <p>2. Действие составляющих сил резания и их воздействие на заготовку, резец, зажимное приспособление и станок. Формулы для определения сил P_z, P_y, P_x.</p> <p>3. Определение коэффициентов в формулах составляющих сил резания по справочным таблицам. Влияние различных факторов на силу резания.</p> <p>4. Расчет составляющих сил резания по</p>	Выполнение практической работы	<p>ОК.01</p> <p>ОК.02</p> <p>ОК.03</p> <p>ОК.09</p> <p>ПК 1.1</p> <p>ПК 1.2</p> <p>ПК 1.3</p> <p>ПК 1.4</p> <p>ПК 1.5</p> <p>ПК 1.6</p>

		эмпирическим формулам с использованием ПЭВМ. Мощность резания, необходимая для резания N рез.		
Тема 2.7. Скорость резания, допускаемая режущими свойствами резца	2	<p>Практические занятия:</p> <p>1. Факторы, влияющие на стойкость резца, влияние скорости резания.</p> <p>2. Взаимосвязь между стойкостью и скоростью.</p> <p>3. Влияние различных факторов на выбор резца.</p> <p>4. Определение поправочных коэффициентов при расчете скорости по справочным таблицам.</p>	Выполнение практической работы	<p>ОК.01</p> <p>ОК.02</p> <p>ОК.03</p> <p>ОК.09</p> <p>ПК 1.1</p> <p>ПК 1.2</p> <p>ПК 1.3</p> <p>ПК 1.4</p> <p>ПК 1.5</p> <p>ПК 1.6</p>
Тема 3.2. Обработка материалов зенкерованием и развертыванием	2	<p>Практические занятия:</p> <p>1. Назначение зенкерования и развертывания. Особенности процессов зенкерования.</p> <p>2. Элементы режимов резания и срезаемого слоя при зенкеровании. Конструкция и геометрические параметры зенкеров.</p> <p>3. Силы резания и вращающий момент при зенкеровании. Износ зенкеров.</p> <p>4. Особенности процессов развертывания.</p>	Выполнение практической работы	<p>ОК.01</p> <p>ОК.02</p> <p>ОК.03</p> <p>ОК.09</p> <p>ПК 1.1</p> <p>ПК 1.2</p> <p>ПК 1.3</p> <p>ПК 1.4</p> <p>ПК 1.5</p> <p>ПК 1.6</p>

		<p>Элементы режимов резания и срезаемого слоя при развертывании. Конструкция и геометрия разверток.</p> <p>5. Особенности геометрии разверток для обработки вязких и хрупких материалов. Силы резания и вращающий момент при развертывании. Износ разверток. Основное (машинное) время при развертывании.</p>		
<p>Тема 3.3. Расчет и табличное определение режимов резания при сверлении, зенкерования и развертывании</p>	2	<p>Практические занятия:</p> <p>1. Аналитический расчет режимов резания при сверлении, зенкерования, развертывании.</p> <p>2. Проверка по мощности станка. Рациональная эксплуатация сверл, зенкеров и разверток.</p> <p>3. Подача развертки по оси отверстия и применение «плавающей» развертки.</p> <p>4. Применение СОТС при обработке отверстий.</p> <p>5. Назначение режимов резания при сверлении, зенкерования и развертывании на станках с ЧПУ.</p> <p>6. Назначение центрирования.</p>	<p>Выполнение практической работы</p>	

		Уменьшение величины подачи на входе и выходе инструмента из отверстия. Увеличение жесткости (укороченных) сверл.		
Тема 3.4. Конструкции сверл, зенкеров, разверток. Высокопроизводитель ные инструменты для обработки отверстий	2	Практические занятия: 1. Назначение осевых инструментов по ГОСТ 25751-83, их классификация 2. Заточка сверл и контроль заточки сверла. Классификация зенкеров и разверток 3. Заточка зенкеров и разверток. Перешлифовка разверток на меньший размер. Доводка разверток. 4. Контроль зенкеров и разверток. 5. Расчет режимов резания при обработке отверстий.	Выполнени е практическ ой работы	ОК.01 ОК.02 ОК.03 ОК.09 ПК 1.1 ПК 1.2 ПК 1.3 ПК 1.4 ПК 1.5 ПК 1.6
Тема 4.1. Обработка материалов цилиндрическими фрезами	2	Практические занятия: 1. Принцип фрезерования. Виды фрезерования. 2. Конструкция и геометрия цилиндрических фрез. Углы фрезы в нормальном сечении. 3. Элементы режимов резания и срезаемого при фрезеровании. Угол контакта.	Выполнени е практическ ой работы	ОК.01 ОК.02 ОК.03 ОК.09 ПК 1.1 ПК 1.2 ПК 1.3 ПК 1.4 ПК 1.5 ПК 1.6

		<p>4. Неравномерность фрезерования. Встречное и попутное фрезерование, преимущества и недостатки каждого метода.</p> <p>5. Основное (машинное) время при фрезеровании. Силы, действующие на фрезу. Износ фрез. Мощность резания при фрезеровании.</p>		
Тема 4.2. Обработка материалов торцевыми фрезами	2	<p>Практические занятия:</p> <p>1. Виды торцевого фрезерования: несимметричное, симметричное. Фрезерование концевыми и дисковыми фрезами.</p> <p>2. Режимы резания при работе различных видов фрез. Конструктивные особенности концевых и дисковых фрез.</p> <p>3. Основное (машинное) время при фрезеровании различными видами фрез. Геометрия торцевых фрез. Силы, действующие на фрезу и деталь. Износ торцевых фрез.</p> <p>4. Изучение конструкции и геометрических параметров торцевой, концевой,</p>	Выполнение практической работы	

		дисковой фрез		
Тема 4.3. Расчет и табличное определение режимов резания при фрезеровании	2	<p>Практические занятия:</p> <p>1. Аналитический способ определения режимов резания. Методика определения режимов резания аналитическим способом</p> <p>2. Определение режимов резания при фрезеровании по справочным и нормативным таблицам</p> <p>3. Использование ПЭВМ. Особенности назначения режимов резания при фрезеровании на станках с ЧПУ</p> <p>4. Общая классификация фрез. Цельные и сборные фрезы. Фасонные фрезы с затылованными зубьями</p> <p>5. Заточка фрез на заточных станках. Контроль заточки. Сборка торцевых фрез, контроль биения зубьев</p> <p>6. Аналитический расчет режимов резания при фрезеровании плоских поверхностей, пазов и уступов</p>	Выполнение практической работы	<p>ОК.01</p> <p>ОК.02</p> <p>ОК.03</p> <p>ОК.09</p> <p>ПК 1.1</p> <p>ПК 1.2</p> <p>ПК 1.3</p> <p>ПК 1.4</p> <p>ПК 1.5</p> <p>ПК 1.6</p>
Тема 6.3. Расчет и табличное определение режимов резания при зубонарезании	6	<p>Практические занятия:</p> <p>1. Классификация червячных фрез. Червячные фрезы</p>	Выполнение практической работы	<p>ОК.01</p> <p>ОК.02</p> <p>ОК.03</p> <p>ОК.09</p> <p>ПК 1.1</p>

		<p>для фрезерования шлицев и звездочек.</p> <p>2. Классификация долбяков.</p> <p>Конструкция зубострогальных резцов и сборных фрез для нарезания конических колес.</p> <p>3. Контроль заточки зуборезного инструмента</p>		<p>ПК 1.2</p> <p>ПК 1.3</p> <p>ПК 1.4</p> <p>ПК 1.5</p> <p>ПК 1.6</p>
Тема 7.2. Расчет и определение рациональных режимов резания при протягивании	4	<p>Практические занятия:</p> <p>1. Определение скорости при протягивании табличным способом</p> <p>2. Определение основного (машинного) времени протягивания. Определение тягового усилия</p> <p>3. Проверка тягового усилия по паспортным данным станка.</p> <p>4. Расчет режимов резания при протягивании</p>	Выполнение практической работы	<p>ОК.01</p> <p>ОК.02</p> <p>ОК.03</p> <p>ОК.09</p> <p>ПК 1.1</p> <p>ПК 1.2</p> <p>ПК 1.3</p> <p>ПК 1.4</p> <p>ПК 1.5</p> <p>ПК 1.6</p>
Тема 7.3. Расчет и конструирование протяжек	4	<p>Практические занятия:</p> <p>1. Исходные данные для конструирования протяжек. Методика конструирования цилиндрической протяжки.</p> <p>2. Прочностной расчет протяжки на разрыв.</p> <p>3. Особенности конструирования прогрессивных протяжек.</p> <p>Особенности</p>		

		конструирования шпоночной, шлицевой и плоской протяжки.		
Тема 8.2. Процесс шлифования	2	<p>Практические занятия:</p> <p>1. Виды шлифования. Элементы резания.</p> <p>2. Расчет машинного времени при наружном круглом шлифовании методом продольной подачи.</p> <p>3. Наружное круглое шлифование методом врезания (глубинным методом), методом радиальной подачи.</p> <p>4. Особенности внутреннего шлифования. Особенности плоского шлифования. Элементы резания и машинное время при плоском шлифовании торцом круга, периферией круга.</p> <p>5. Наружное бесцентровое шлифование методом радиальной и продольной подачи.</p> <p>6. Специальные виды шлифования. Шлифование резьб. Шлифование зубьев шестерен. Шлифование шлицев. Износ абразивных кругов. Правка круга</p>	Выполнение практической работы	<p>ОК.01</p> <p>ОК.02</p> <p>ОК.03</p> <p>ОК.09</p> <p>ПК 1.1</p> <p>ПК 1.2</p> <p>ПК 1.3</p> <p>ПК 1.4</p> <p>ПК 1.5</p> <p>ПК 1.6</p>

		алмазными карандашами и специальными шарошками. Фасонное шлифование.		
Тема 8.3. Расчет и табличное определение рациональных режимов резания при различных видах шлифования	2	Практические занятия: 1. Выбор абразивного инструмента. Назначение метода шлифования. 2. Особенности выбора режимов резания при наружном шлифовании методом врезания (глубинным методом) и методом радиальной подачи. При внутреннем шлифовании, плоским шлифовании. 3. Рациональная эксплуатация шлифовальных кругов.	Выполнени е практическ ой работы	ОК.01 ОК.02 ОК.03 ОК.09 ПК 1.1 ПК 1.2 ПК 1.3 ПК 1.4 ПК 1.5 ПК 1.6
Тема 8.4. Доводочные процессы	2	Практические занятия: 1. Суперфиниширован ие и хонингование поверхности вращения. Станки и приспособления для суперфинишировани я и хонингования. 2. Элементы резания при суперфинишировани и и хонинговании. Достигаемая степень шероховатости. Основное (машинное) время.	Выполнени е практическ ой работы	

		<p>3. Притирка (лаппинг- процесс) ручная и механическая. Инструменты и пасты для притирки.</p> <p>4. Полирование абразивными шкурками, лентами, пастами, порошками. Полировальные станки и приспособления. Режимы полирования.</p>		
Тема 9.1. Чистовая и упрочняющая обработка поверхностей вращения методами пластического деформирования (ППД)	4	<p>Практические занятия:</p> <p>1. Физическая сущность процесса поверхностного пластического деформирования. Основные термины и определения по ГОСТу. Типовые схемы обкатывания наружных поверхностей вращения роликом или шариком.</p> <p>2. Особенности обкатывания переходных поверхностей (галтелей). Конструкции роликовых и шариковых приспособлений и инструментов для обкатывания и раскатывания.</p> <p>3. Шероховатость поверхности, достигаемая при ППД. Режимы обработки. Определение усилия</p>		<p>ОК.01 ОК.02 ОК.03 ОК.09 ПК 1.1 ПК 1.2 ПК 1.3 ПК 1.4 ПК 1.5 ПК 1.6</p>

		<p>обкатывания.</p> <p>4. Физическая сущность процесса калибрования отверстий методами пластической деформации. Типовые схемы калибрования отверстий шариком, калибрующей оправкой (дорном), деформирующей протяжкой или прошивкой.</p> <p>5. Геометрия деформирующего элемента инструмента. Режимы обработки и СОТС. Особенности калибрования тонкостенных цилиндров. Сущность процесса алмазного выглаживания. Типовые схемы обработки и применяемые инструменты.</p> <p>6. Геометрия алмазного наконечника. Усилие поджима инструмента к детали и его контроль. Физическая основа процесса упрочняющей обработки поверхностей пластическим деформированием.</p> <p>7. Основные термины и определения по</p>		
--	--	--	--	--

		<p>ГОСТ.</p> <p>Центробежная обработка поверхностей шариками: инструмент, режимы обработки, СОТС.</p> <p>Вибрационная обработка методом пластической деформации. Применяемые приспособления и инструменты. Источник вибрации. Режимы обработки, СОТС.</p> <p>8. Применение метчиков - раскатников для формообразования внутренних резьб. Продольное и поперечное накатывание шлицев. Применяемые инструменты. Режимы обработки и СОТС.</p> <p>9. Накатывание рифлений. Накатные ролики. Режимы накатывания и СОТС. Холодное выдавливание. Сущность процесса, применяемое оборудование и инструмент. Режимы обработки и СОТС.</p>		
Тема 10.2. Обработка металлов когерентными световыми лучами	2	<p>Практические занятия:</p> <p>1. Физическая сущность обработки когерентным световым лучом (лазером). Область</p>	Выполнение практической работы	<p>ОК.01</p> <p>ОК.02</p> <p>ОК.03</p> <p>ОК.09</p> <p>ПК 1.1</p> <p>ПК 1.2</p> <p>ПК 1.3</p>

		применения. 2. Принципиальная схема и конструкция лазерной установки. Режимы обработки. Плазменная обработка.		ПК 1.4 ПК 1.5 ПК 1.6
Всего	52			

2. Указания по выполнению практических работ

Практическое занятие должно проводиться в учебных кабинетах или специально оборудованных помещениях (площадках, полигонах и т.п.)-кабинет «Процессы формообразования и инструменты».

В соответствии с требованиям ФГОС СПО 15.02.16 Технология машиностроения реализация ППССЗ должна обеспечивать выполнение обучающимися и практических занятий, включая как обязательный компонент *практические занятия*.

Выполнению практических занятий предшествует проверка знаний обучающихся - их теоретической готовности к выполнению задания.

Практические занятия могут носить репродуктивный, частично-поисковый и поисковый характер.

Работы, носящие *репродуктивный характер*, отличаются тем, что при их проведении обучающиеся пользуются подробными инструкциями, в которых указаны: цель работы, пояснения (теория, основные характеристики), оборудование, аппаратура, материалы и их характеристики, порядок выполнения работы, таблицы, выводы (без формулировки), контрольные вопросы, учебная и специальная литература.

Работы, носящие *частично-поисковый характер*, отличаются тем, что при их проведении обучающиеся не пользуются подробными инструкциями, им не дан порядок выполнения необходимых действий, и они требуют от обучающихся самостоятельного подбора оборудования, выбора способов выполнения работы в инструктивной и справочной литературе и др.

Работы, носящие *поисковый характер*, характеризуются тем, что обучающиеся, опираясь на имеющиеся у них теоретические знания, должны решить новую для них проблему.

При планировании практических занятий необходимо находить оптимальное соотношение репродуктивных, частично-поисковых и поисковых работ, чтобы обеспечить высокий уровень интеллектуальной деятельности.

Формы организации обучающихся при проведении практических занятий - фронтальная, групповая и индивидуальная.

При *фронтальной форме* организации занятий все обучающиеся выполняют одновременно одну и ту же работу.

При *групповой форме* организации занятий одна и та же работа выполняется бригадами по 2 - 5 человек.

При *индивидуальной форме* организации занятий каждый обучающийся выполняет индивидуальное задание.

Для повышения эффективности проведения практических занятий рекомендуется:

- разработка сборников задач, заданий и упражнений;
- разработка контрольно-диагностических материалов для контроля за подготовленностью обучающихся к практическим занятиям, в том числе в форме педагогических тестовых материалов для автоматизированного контроля;
- подчинение методики проведения практических занятий ведущим дидактическим целям с соответствующими установками обучающимся;
- применение коллективных и групповых форм работы, максимальное использование индивидуальных форм с целью повышения ответственности каждого обучающегося за самостоятельное выполнение полного объема работ;
- проведение практических занятий на повышенном уровне трудности с включением в них заданий, связанных с выбором обучающимися условий выполнения работы, конкретизацией целей, самостоятельным отбором необходимого оборудования;
- подбор дополнительных задач и заданий для обучающихся, работающих в более быстром темпе, для эффективного использования времени, отводимого на практические занятия.

Практическая работа № 1

Геометрия токарного резца

Цель работы – изучение геометрических и конструктивных элементов различных видов токарных резцов.

Формируемые результаты освоения учебной дисциплины:

ОК 1. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.

ОК 2. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 3. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.

ОК 9. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

У.2. правильно выбирать режущие инструменты для механической обработки заготовки.

Теоретические сведения

Основные элементы токарного резца. Токарные резцы используются на токарных станках для получения из заготовок деталей с цилиндрическими, коническими; фасонными и торцовыми поверхностями, образующимися в результате вращения заготовки и поступательного перемещения резца.

Режущий инструмент (рис. 1.1) состоит из рабочей части — головки 1 резца и присоединительной части — тела 6 резца.

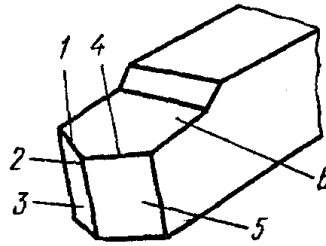


Рис. 1.1 Основные элементы токарного резца

Тело резца с опорной плоскостью служит для закрепления его в резцедержателе. Головка резца образуется посредством специальной заточки, и ее основными элементами являются передняя поверхность, задние поверхности, режущие кромки и вершина.

Передней называется поверхность резца, по которой сходит стружка.

Задними называются поверхности резца, обращенные к обрабатываемой заготовке.

Режущие кромки образуются при пересечении передней и задних поверхностей.

Главная режущая кромка (лезвие) выполняет основную работу резания и образуется пересечением передней и главной задней поверхностей.

Вспомогательная режущая кромка (лезвие) образуется пересечением передней и вспомогательной задней поверхностей. Вспомогательных режущих кромок может быть две (например, у отрезного резца).

Вершина резца представляет собой место сопряжения главной и вспомогательной режущих кромок. При криволинейном сопряжении режущих кромок вершина имеет округленную форму с радиусом r .

Классификация резцов

По типу станков (рис. 1.2) различают токарные, строгальные и долбежные резцы.

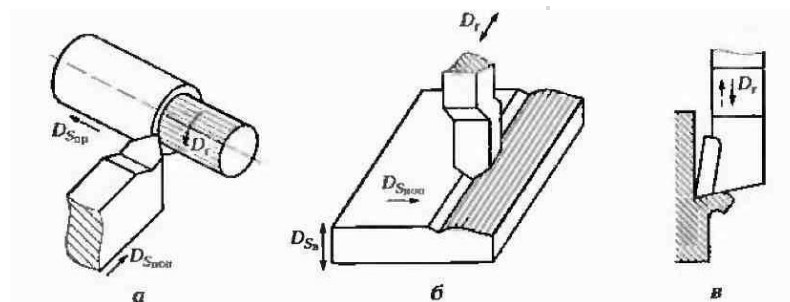


Рис. 1.2. Токарный, строгальный (б) и долбежный (в) резцы:

$D_{s_{пр}}$ и $D_{s_{прд}}$ — направления движения соответственно поперечной и продольной подачи; D_r — направление главного движения (вращение заготовки); $D_{s_в}$ — вертикальная подача

По направлению подачи (см. рис. 1.3) различают правые и левые резцы.

Правыми называются резцы, главная режущая кромка которых при наложении на них ладони правой руки (таким образом, чтобы четыре пальца были направлены к вершине) оказывается расположенной на стороне большого

пальца. При работе на токарном станке такие резцы перемещаются справа налево (от задней бабки к передней).

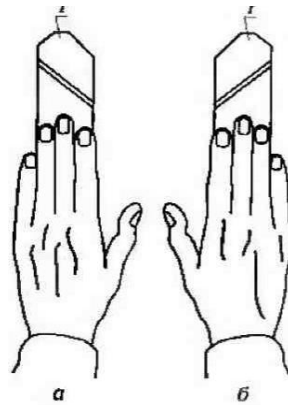


Рис. 1.3 Определение левого (а) и правого резцов (б)

Левыми называются резцы, главная режущая кромка которых при наложении на них ладони левой руки (как указано ранее) оказывается расположенной на стороне большого пальца.

По конструкции головки относительно стержня резцы подразделяются на прямые (рис. 1.4, а), отогнутые (рис. 1.4, б), изогнутые (рис. 1.4, в) и с оттянутой головкой (рис. 1.4, г).

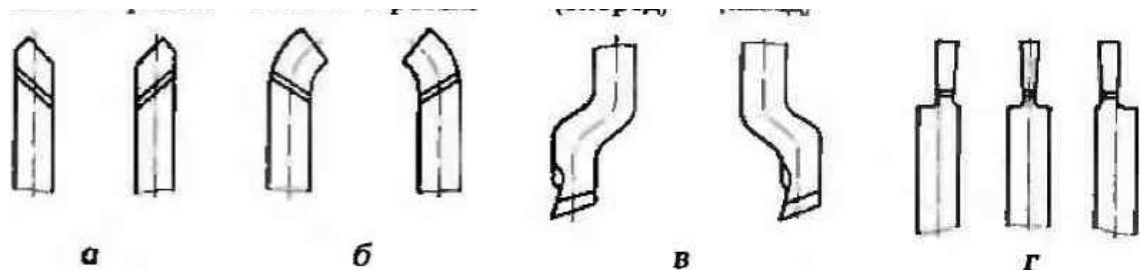


Рис. 41.. Резцы прямые (а), отогнутые (б), изогнутые (в) и с оттянутой головкой (г)

По сечению стержня различают прямоугольные, квадратные и круглые резцы.

По назначению (рис.1.5) различают следующие резцы: проходные — производящие обтачивание детали вдоль оси ее вращения или в плоскости, перпендикулярной этой оси (рис. 1.5, а—в); подрезные — служащие для подрезания уступов под прямым и острым углами к основному направлению обтачивания (рис. 1.5, г); расточные — для растачивания сквозных и глухих отверстий в направлении оси вращения (рис. 1.5, у, е); отрезные — служащие для отрезки материала под прямым углом к оси вращения и для прорезания узких канавок (рис. 1.5, ж, з); фасонные — используемые для получения сложной фасонной формы обтачиваемой детали (рис. 1.5, к-м)

По характеру обработки различают резцы черновые, чистовые, тонкого точения.

По роду материала различают резцы с пластинами из твердого сплава, из быстрорежущей стали и из минералокерамики.

По способу крепления режущей части (рис. 1.6) резцы подразделяются на цельные, сваренные встык, с припаянной пластиной и с механическим креплением пластины.

На обрабатываемой заготовке (рис. 1.7) различают обработанную, обрабатываемую поверхности и поверхность резания.

Под *обрабатываемой поверхностью* понимают поверхность заготовки, которая частично или полностью удаляется при обработке. Под *обработанной поверхностью* понимают поверхность, образованную на заготовке в результате обработки. Поверхностью резания называется поверхность, образуемая на обрабатываемой детали непосредственно главной режущей кромкой.

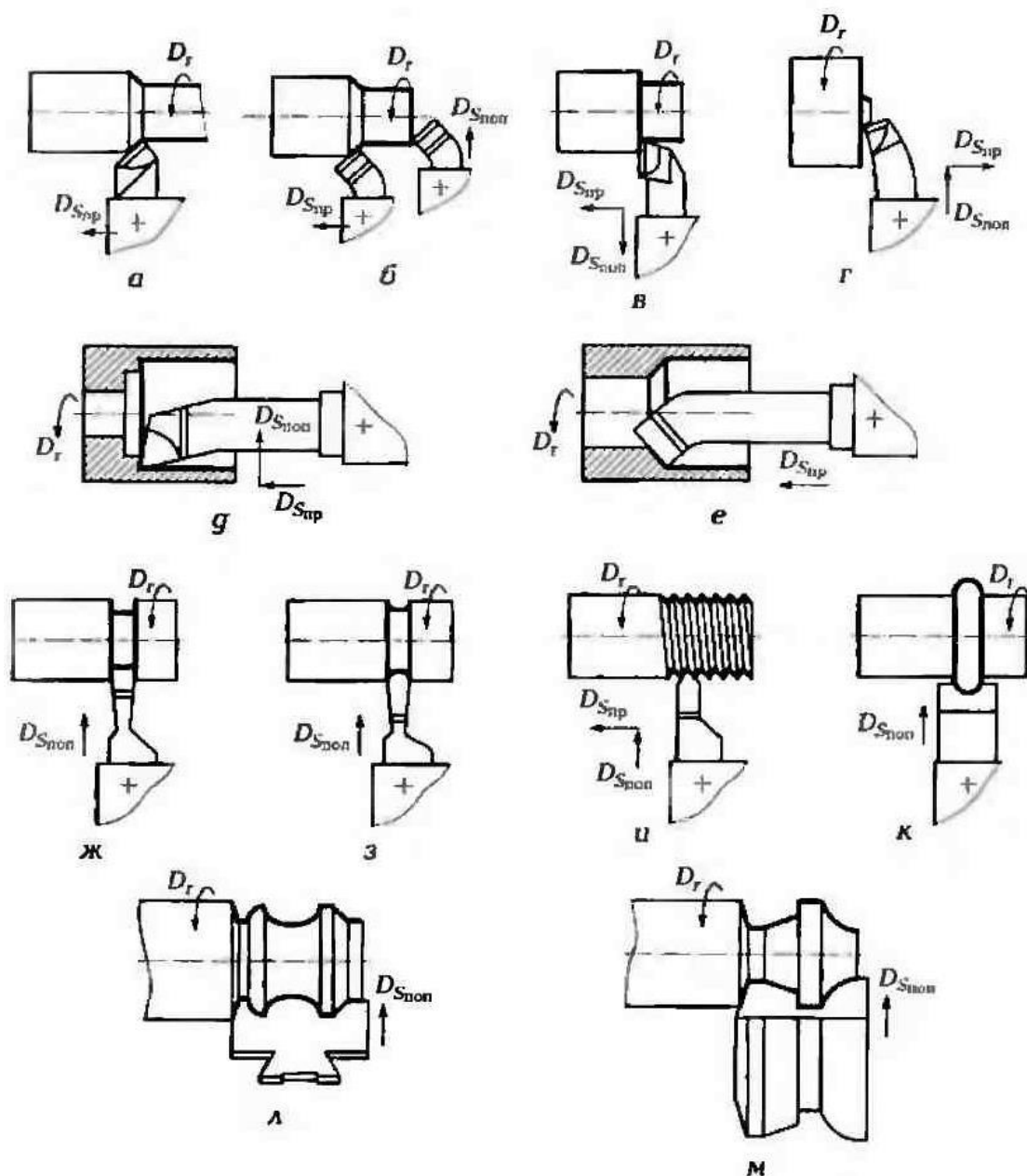


Рис. 1.5. Типы резцов, определяемые по назначению:

а — проходной прямой; б — проходной отогнутый; в — проходной упорный; г — подрезной; д — расточный для сквозных отверстий; е — расточный для глухих отверстий (упорный); ж — отрезной; з — прорезной; и — резьбовой; к — фасонный стержневой; л — фасонный призматический; м — фасонный круглый (дисковый)

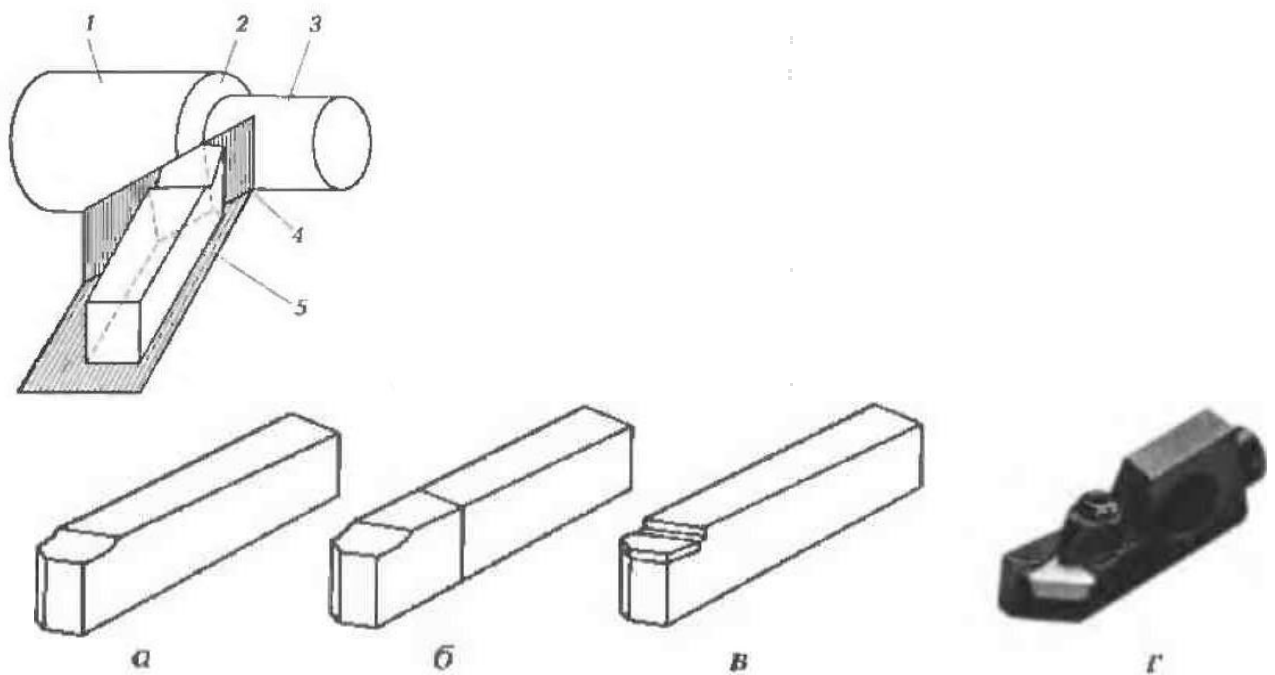


Рис. 1.6. Типы резцов, определяемые по способу крепления их режущей части:
а — цельный; б — сваренный встык; в — с припаянной пластиной; г — с механическим креплением пластины

Рис.1.7. Поверхности заготовки, образуемые при обработке резцом: 1- обрабатываемая поверхность; 2 — поверхность резания; 3 — обработанная поверхность; 4 — плоскость резания; 5 — основная плоскость.

Геометрические параметры режущей части резца. Для изучения геометрии токарного резца устанавливают четыре координатные плоскости (рис. 1.8): плоскость резания, основную плоскость, главную и вспомогательную секущие плоскости.

Плоскость резания P_n — координатная плоскость, касательная к поверхности резания и проходящая главную режущую кромку перпендикулярно основной плоскости,

Основная плоскость P_v — координатная плоскость, проведенная через рассматриваемую точку режущей кромки, параллельно поперечной и продольной подачам резца.

Главная секущая плоскость P_t , (сечение N—N) — координатная плоскость, перпендикулярная проекции главной режущей кромки на основную плоскость.

Вспомогательная секущая плоскость P_{t1} (сечение $N_1 — M_1$) — координатная плоскость, перпендикулярная проекции вспомогательной режущей кромки на основную плоскость.

Главные углы резца измеряются в главной секущей плоскости P_t , (см. сечение N—N на рис. 1.8). К главным углам резца относятся главный передний угол, главный задний угол, угол заострения и угол резания.

Главный передний угол γ — это угол между передней поверхностью резца и плоскостью, перпендикулярной плоскости резания и проходящей через главную режущую кромку.

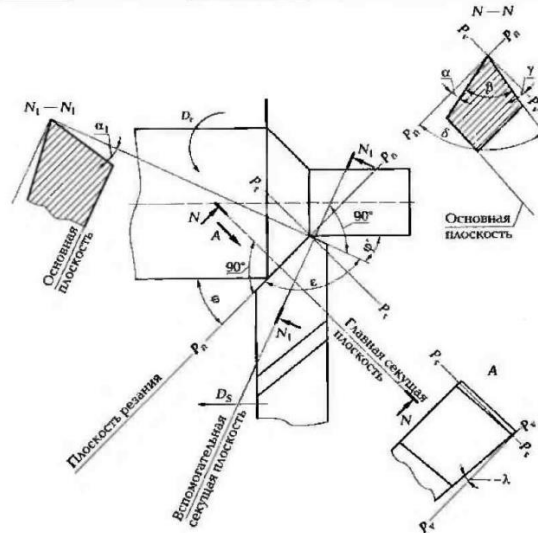


Рис. 1.8. Геометрия режущей части резца

Этот угол может быть:

- положительным ($+\gamma$) — когда передняя поверхность направлена вниз от плоскости, перпендикулярной плоскости резания;
- равным нулю — когда передняя поверхность перпендикулярна плоскости, перпендикулярной плоскости резания;
- отрицательным ($-\gamma$) — когда передняя поверхность направлена вверх от плоскости, перпендикулярной плоскости резания.

При положительном значении переднего угла γ между углами резца существуют следующие зависимости:

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$$

$$\alpha + \beta = \delta$$

$$\delta + \gamma = 90^\circ$$

$$\delta = 90^\circ - \gamma$$

При отрицательном значении переднего угла γ угол резания δ определяется по формуле

$$\delta = 90^\circ + \gamma$$

Положительный передний угол γ облегчает процесс резания и обеспечивает более свободный сход стружки по передней поверхности, а также уменьшает деформацию срезаемого слоя, силы резания и расход мощности.

Вместе с тем увеличение переднего угла приводит к уменьшению угла резания δ , т.е. к ослаблению режущего клина, снижению его прочности и увеличению износа резца. Следовательно, при обработке твердых и хрупких материалов для повышения прочности и стойкости инструмента следует применять небольшие передние углы, а при обработке мягких и вязких материалов — большие.

Главный задний угол α — это угол между касательной к главной задней поверхности резца в рассматриваемой точке режущей кромки и плоскостью резания. Задние углы уменьшают трение задних поверхностей инструмента о поверхность резания и обработанную поверхность.

Угол заострения β — это угол между передней и главной задней поверхностями резца.

Угол резания δ — это угол между передней поверхностью резца и плоскостью резания.

Вспомогательные углы резца измеряются во вспомогательной секущей плоскости P_{τ_1} (см. сечение N_1-N_1 на рис. 1.8).

Вспомогательный задний угол α_1 , — это угол, заключенный между вспомогательной задней поверхностью и плоскостью, проходящей через вспомогательную режущую кромку резца перпендикулярно основной плоскости.

Углы в плане рассматриваются в основной плоскости P_v . К ним относятся главный угол в плане, вспомогательный угол в плане и угол при вершине в плане.

Главный угол в плане ϕ — это угол, заключенный между проекцией главной режущей кромки резца на основную плоскость и направлением подачи.

Вспомогательный угол в плане ϕ' — это угол, заключенный между проекцией вспомогательной режущей кромки резца и направлением, противоположным подаче.

Угол при вершине в плане ϵ — это угол, заключенный между проекциями главной и вспомогательной режущих кромок резца на основную плоскость P_v

Из рис. 1.8 видно, что сумма углов в плане равна 180° , т.е. $\phi + \phi' + \epsilon = 180^\circ$.

Угол наклона главной режущей кромки λ (см. рис. 1.8 вид А на главную заднюю поверхность) — это угол, заключенный между главной режущей кромкой резца и линией, проведенной через его вершину параллельно основной плоскости. Угол измеряется в плоскости, проходящей через главную режущую кромку резца перпендикулярно основной плоскости (плоскость резания P_n).

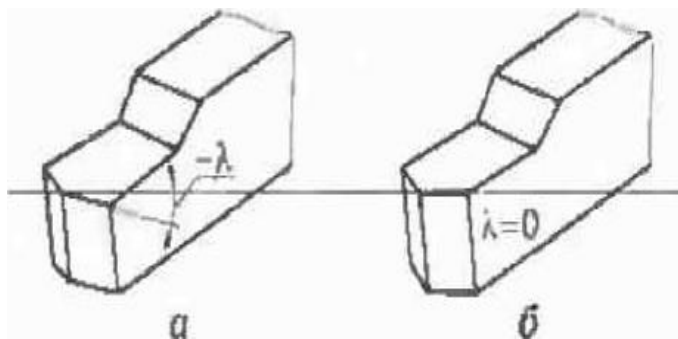


Рис. 1.9. Углы наклона главной режущей кромки: а — отрицательный; б — равный нулю; в — положительный

Угол наклона главной режущей кромки λ может быть:

- отрицательным — когда вершина резца является наивысшей точкой режущей кромки (рис. 1.9, а);
- равным нулю — когда главная режущая кромка параллельна основной плоскости (рис. 1.9, б);
- положительным — когда вершина резца является наинизшей точкой режущей кромки (рис. 1.9, в).

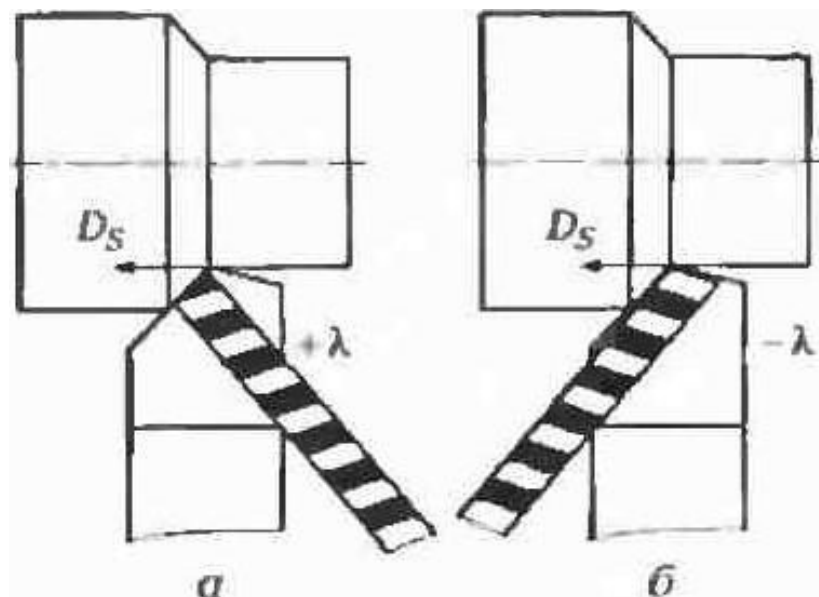


Рис. 1.10. Влияние угла наклона главной режущей кромки на направление схода стружки

Угол λ влияет на направление схода стружки (рис. 1.10), а также на прочность головки резца и режущей кромки, что особенно важно при прерывистом резании.

При положительном значении угла λ (режущая кромка выше вершины резца) стружка перемещается назад от режущей кромки в сторону образованной поверхности заготовки и может при этом ухудшать качество обработки (рис. 1.10, а). При обработке вязких материалов при отрицательном значении угла λ (режущая кромка ниже вершины резца) стружка отходит вперед в направлении подачи D_s инструмента (рис. 1.10, б).

Геометрические параметры некоторых токарных резцов показаны на рис. 1.11 — 1.16.

Правый токарный проходной прямой резец с $\varphi = 45^\circ$ показан на рис. 1.11, а, а правый токарный проходной отогнутый резец с $\varphi = 45^\circ$ — на рис. 1.11, б. Проходные резцы применяются для обработки заготовки вдоль оси (см. рис. 1.11, а, б, поз. 1) и для подрезки торца (см. рис. 1.11, б, поз. П).

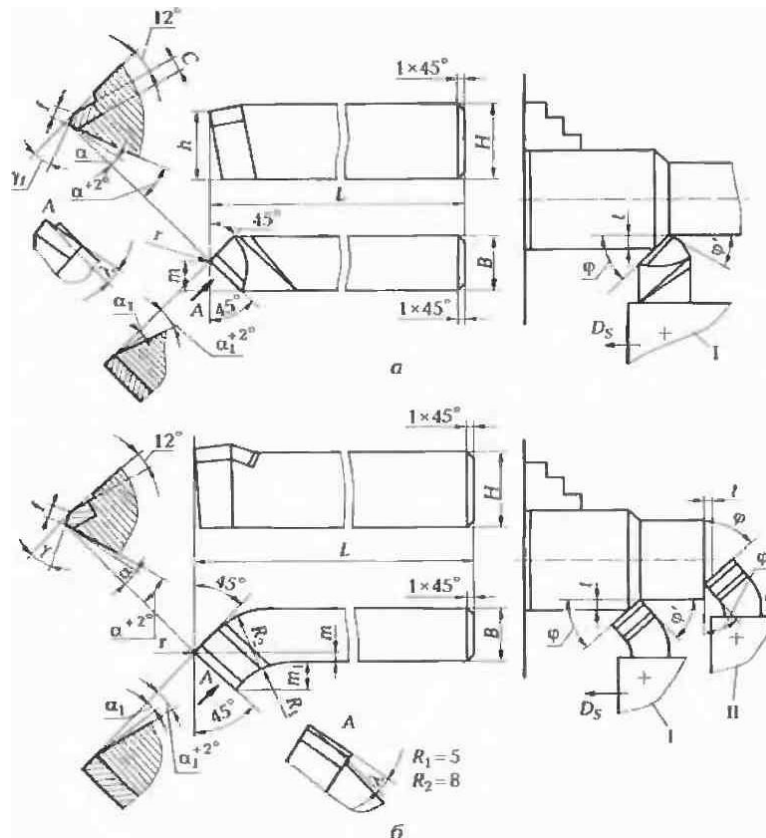


Рис. 1.11. Токарные проходные резцы, оснащенные пластинами из твердого сплава:
а — прямой; б — отогнутый; I-II — положения резца

Продольной упорный резец, показанный на рис. 1.12, а, применяется для продольного точения с одновременной обработкой торцевой поверхности, составляющей с цилиндрической поверхностью прямой угол.

Подрезные резцы (см. рис. 1.12, б) применяются для обработки поверхностей заготовки в направлении, перпендикулярном или наклонном к оси вращения. Для подрезания торца (с поперечной подачей) может быть использован и продольной упорный резец (см. рис. 1.12, а), для чего его необходимо повернуть на некоторый угол в целях образования вспомогательного угла в плане.

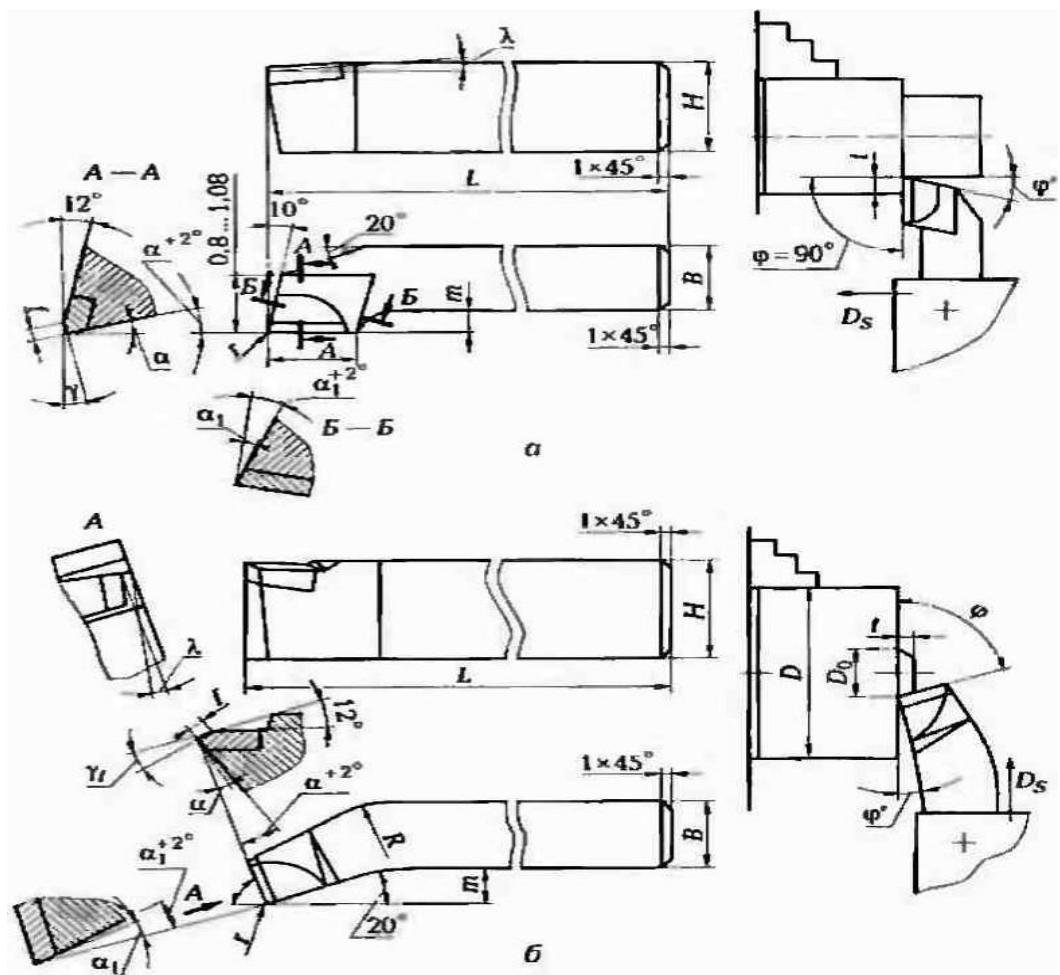


Рис. 1.12. Токарные резцы, оснащенные пластинами из твердого сплава:
а — проходной упорный; б — подрезной (торцовый)

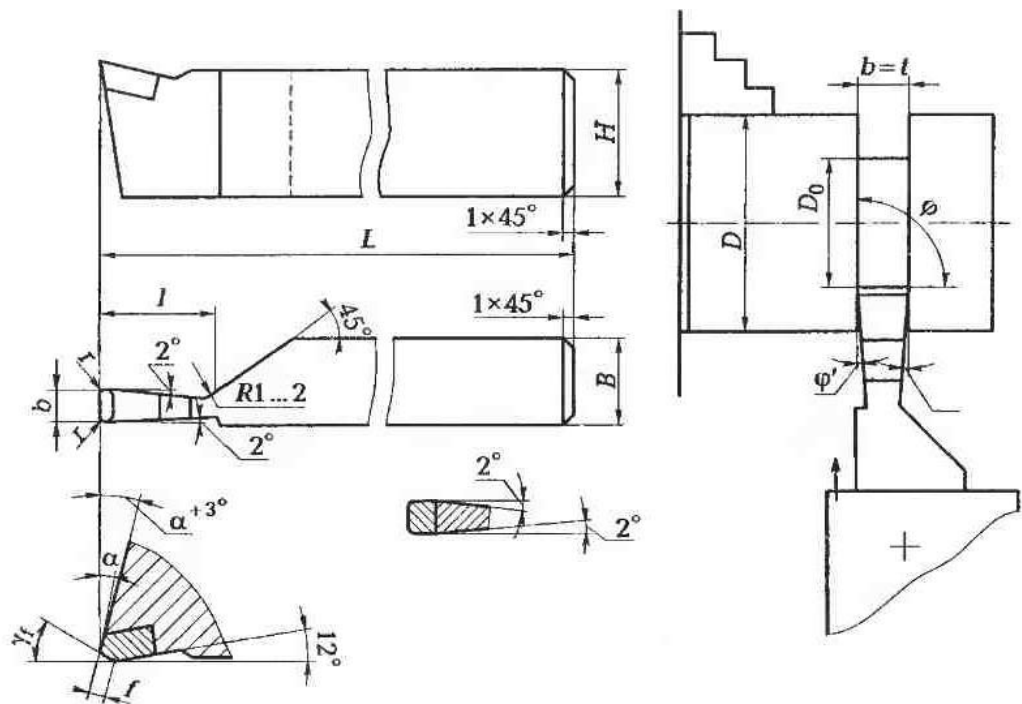


Рис. 1.13. Токарный отрезной резец, оснащенный пластиной из твердого сплава

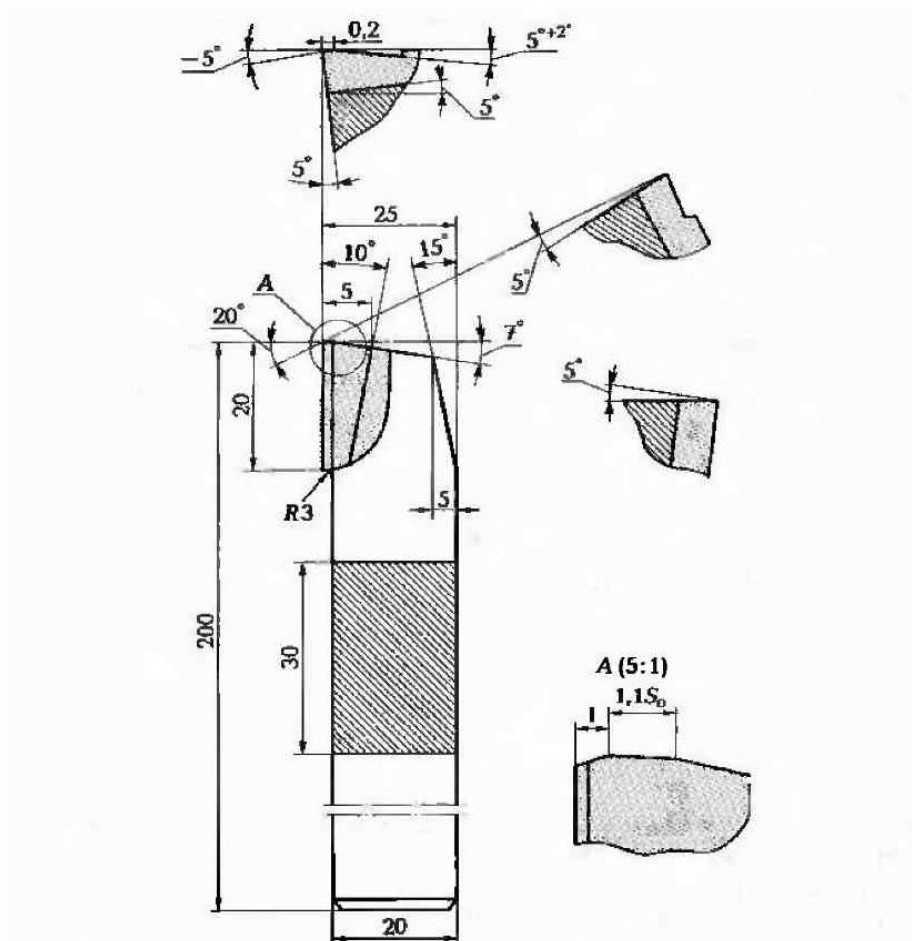


Рис. 1.15. Проходной упорный резец конструкции Колосова

Геометрические параметры режущей части токарных резцов в процессе обработки. Ранее мы рассмотрели углы токарных резцов в статике исходя из того, что вершина резца установлена на оси детали, движение подачи отсутствует и плоскость резания перпендикулярна основной плоскости (рис. 1.16, а).

При изменении условий обработки происходит изменение переднего и заднего углов резания. При установке вершины резца выше оси вращения обрабатываемой детали при наружном точении происходит уменьшение заднего угла α и увеличение переднего угла (рис. 1.16, б). При установке вершины резца ниже оси вращения обрабатываемой детали при наружном точении происходит увеличение заднего угла α и уменьшение переднего угла γ (рис. 1.16, в). В этом случае действительные статические задние углы определяются соответственно по формулам

$$\alpha_d = \alpha \pm \tau; \quad \gamma_d = \gamma \pm \tau$$

При внутренней обработке (расточивании) и установке вершины резца ниже оси вращения обрабатываемой детали передний угол увеличивается, а задний — уменьшается.

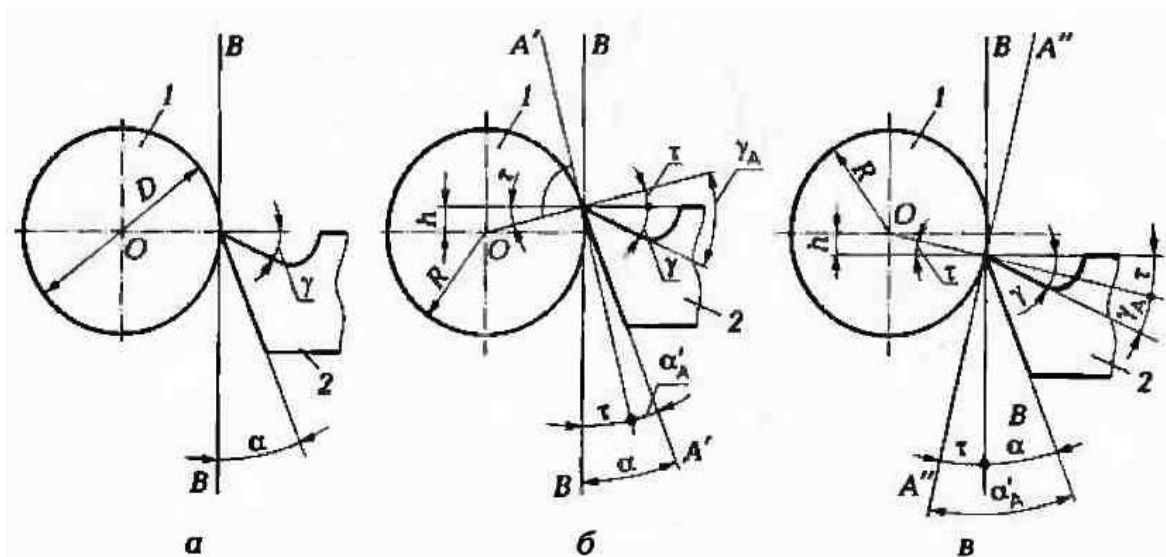


Рис. 1.16. Изменение углов резания в зависимости от положения вершины резца относительно линии центров:

а — на линии центров; б — выше линии центров; в — ниже линии центров; 1 — деталь; 2 — резец; В—В — теоретическая плоскость резания; А'—А'; А''—А'' — действительные плоскости резания; τ — угол поворота плоскости резания; α_d — действительный задний угол; γ_d — действительный передний угол; h — смещение вершины резца; D — диаметр заготовки

Установка вершины резца выше оси заготовки при наружном точении со смещением $h = (0,01 \dots 0,2)D$, где D — диаметр заготовки, мм, допускается только при предварительной обработке.

При чистовой обработке резец должен устанавливаться вершиной по оси заготовки или ниже ее со смещением h . В противном случае при недостаточной жесткости резец может изогнуться, врезаться в заготовку и начать срезать слой большей глубины, что приведет к изменению диаметра обработанной поверхности и будет служить причиной брака.

Методика измерения углов резца

Площадь сечения тела резца ($B \times H$, мм²) определяют с помощью штангенциркуля или измерительной линейкой.

Схема измерения главного угла в плане ϕ универсальным угломером показана на рис. 1.17 (точность измерения составляет 2'). При измерении угла ϕ в плане планку 1 угломера прикладывают к режущей кромке, а планку 3 — к боковой стороне резца 2. Показания снимают по шкале угломера.

Аналогично измеряют и вспомогательный угол в плане ϕ'

Угол при вершине в плане

$$\varepsilon = 180^\circ - (\phi - \phi')$$

Для измерения углов резцов применяются различные по конструкции и назначению угломеры: универсальный угломер Д.С. Семенова, настольный угломер конструкции МИЗ и угломер с отвесом конструкции ВНИИ.

Эти угломеры относятся к типу приборов, работающих контактным методом с отсчетом результатов измерений по градусной шкале измерения.

Универсальный угломер Д.С.Семенова. Данный прибор предназначен для измерения наружных и внутренних углов резца, а также высот. В инструментальном производстве он используется для измерения переднего γ ,

главного и вспомогательного задних углов α и α_1 , главного и вспомогательного углов в плане φ и φ' .

Такой угломер (рис. 1.18, а) состоит из сектора (или основания) 5, на котором нанесена основная градусная шкала 6. По сектору перемещается пластина 4 с нониусом, на которой с помощью державки 3 закрепляется угольник 2, связанный со съемной лекальной линейкой 1. Основная шкала угломера проградуирована в пределах от 0 до 130° , но посредством различных переустановок измерительных деталей обеспечивается возможность измерения

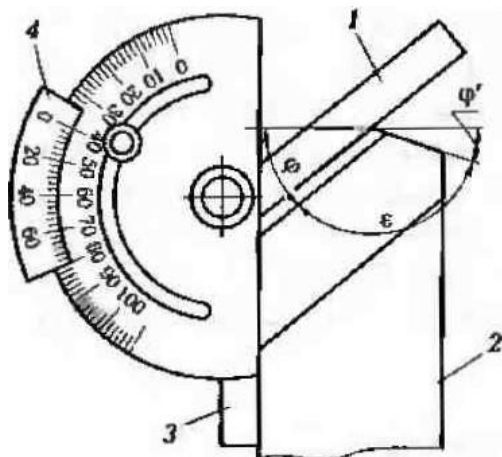


Рис.1.17. Схема измерения угла резцов в плане:
1, 3 — планки; 2 — резец; 4 — нониус

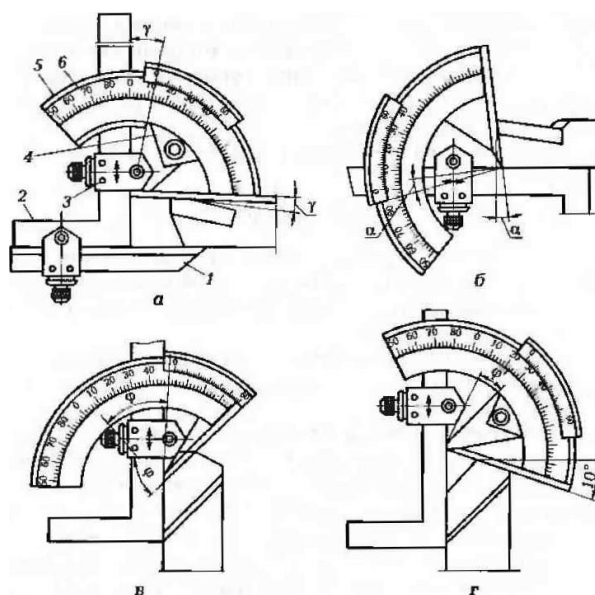


Рис. 1.18. Универсальный угломер Д. С. Семенова:

а — схема измерения переднего угла резца; б — схема измерения заднего правого угла; в — схема измерения главного угла в плане; г — схема измерения вспомогательного угла в плане; 1 — подвижная лекальная линейка; 2 — угольник; 3 — державка; 4 — пластина с нониусом; 5 — основание (сектор); 6 — градусная шкала углов от 0 до 320° . Точность отсчета по нониусу составляет 2...5', а по градусной шкале 10...30'.

Метод измерения с помощью такого угломера сводится к установке измеряемых поверхностей между подвижной линейкой сектора 5 и подвижной лекальной линейкой 1 таким образом, чтобы образовался необходимый контакт, т.е. невидимый или видимый равномерный просвет.

На рис. 1.18, а — г показаны схемы измерения углов токарного проходного правого резца.

Настольный угломер конструкции МИЗ. Данный прибор применяется для измерения переднего γ , главного α и вспомогательного α_1 , задних углов, а также угла наклона главной режущей кромки λ .

Такой угломер (рис. 1.19) состоит из плиты (или основания) 1, служащей основной плоскостью, вертикальной стойки 4, по которой перемещается шкальное устройство 2 с поворотной измерительной линейкой 6. Измерительная линейка снабжена указателем и двумя измерительными ножами. Шкальное устройство 2 направляется шпонкой по шпоночному пазу и при необходимости с помощью фиксатора 3 устанавливается в любое положение по высоте.

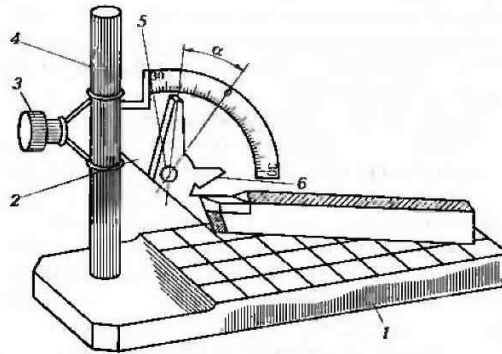


Рис. 1.19. Настольный угломер конструкции МИЗ:

1 — плита (основание); 2 — шкальное устройство; 3 — фиксатор; 4 — стойка; 5 — винт; 6 — измерительная линейка

Положение одного из ножей измерительной линейки по отношению к измеряемой поверхности фиксируется с помощью винта 5. При измерении переднего γ и задних α и α_1 углов режущие лезвия резца устанавливаются параллельно поперечным рискам плиты 1 (в этом случае секущая плоскость проходит через ножи измерительной линейки), а нож измерительной линейки совмещается с передней или с задней поверхностью резца. Отсчет производится по шкале угломера с использованием риски измерительной линейки 6. Если при измерении переднего угла γ риска измерительной линейки отклоняется влево, а при измерении задних углов — вправо, то измеренные углы имеют отрицательные значения.

При измерении угла λ главное режущее лезвие резца устанавливается параллельно продольным рискам плиты, а нож измерительной линейки совмещается с главным режущим лезвием. Если риска измерительной линейки отклоняется вправо от нуля, то угол считается отрицательным, а если влево — положительным.

Угломер с отвесом конструкции ВНИИ. Устройство данного угломера (рис. 1.20, а) основано на использовании свойств обычного маятника, который под действием груза (отвеса) 8 всегда стремится занять вертикальное положение. К основанию (корпусу) 1 прибора привернута линейка 7, а на свободно вращающуюся ось 5 насажены тормозная шайба 4 и стрелка 3 с грузом 8. На диске 2, находящемся в расточке корпуса 1, нанесена круговая шкала, разбитая на четыре одинаковые части (от 0 до 45°) и имеющая цену деления 1° . Ось 5 вместе со стрелкой 3 закрепляется неподвижно при различных положениях угломера с помощью тормоза 9. Диск 2 закрыт прозрачной крышкой из оргстекла 6.

Проверка настройки такого угломера на нулевое положение шкалы производится посредством совмещения рабочего ребра линейки 7 с плоскостью

контрольной плиты, точно установленной по уровню. При освобожденном тормозе 9 стрелка 3 прибора должна установиться на нулевое деление шкалы.

Рассмотренный угломер пригоден для измерения различных углов большинства видов режущего инструмента, у которого длина прямолинейных участков на передней и задней поверхностях составляет не менее 1 мм.

Измерение с помощью такого угломера заключается в следующем: ребро линейки прикладывают в соответствующем направлении к поверхности инструмента, угол наклона которого желают определить, и нажимают на тормозную кнопку, освобождая этим груз, устанавливающий стрелку угломера в вертикальное положение. После прекращения качания стрелки тормозную кнопку отпускают и производят отсчет по шкале. Примеры применения угломера с отвесом при контроле призматических резцов, сверл, зенкеров разверток и фрез приведены на рис. 20, д, е.

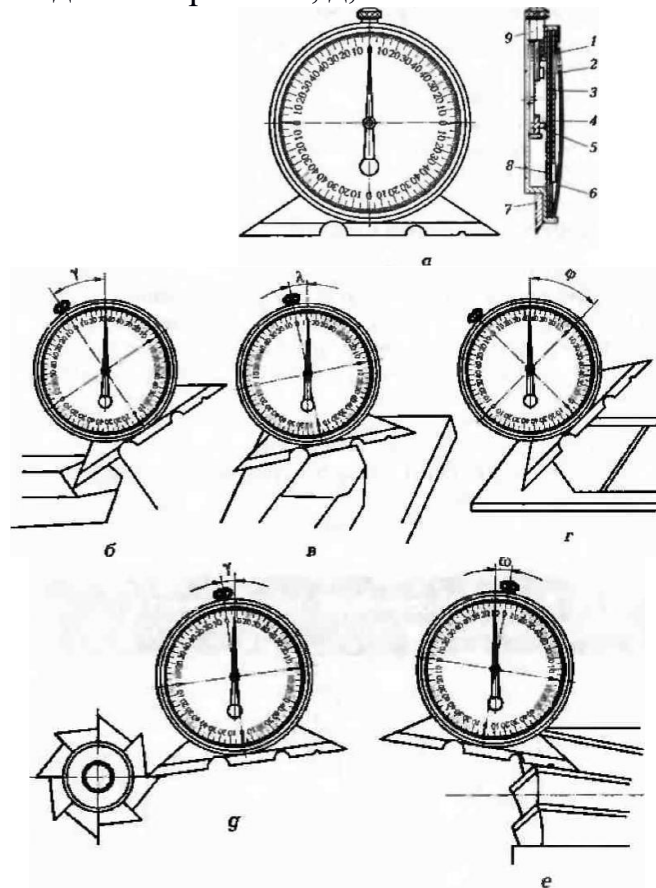


Рис. 1.20. Угломер с отвесом конструкции ВНИИ:

а — общий вид б—г — измерение углов γ , λ , ϕ , резца; д, е — измерение углов γ , ω фрезы; 1 — корпус; 2 — диск; 3 — стрелка; 4 — тормозная шайба; 5 — ось; 6 — крышка; 7 — линейка; 8 — груз; 9 — тормоз

Порядок выполнения работы

1. Изучите конструктивные элементы и геометрические параметры токарных резцов.
2. Нарисуйте в тетради эскизы токарных резцов: проходного, отрезного, расточного и подрезного с простановкой всех геометрических параметров (по заданию преподавателя), а также схему измерения углов. Покажите направление движения подачи D_s
3. Изучите конструкции универсального угломера Д.С. Семенова и настольного угломера конструкции МИЗ
4. Изучите принципы работы измерительных приборов (штангенциркуля, угломера).

5. Ответьте на контрольные вопросы.

Содержание отчета по работе

Отчет о выполненной практической работе должен содержать:

1. Название и цель работы.
2. Эскизы токарных резцов с указанием их конструктивных и геометрические параметров.
3. Расчеты углов резания токарных резцов.
4. Ответы на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные элементы резца
2. Как классифицируются резцы по форме и расположению головки относительно стержня?
3. Назовите и покажите поверхности заготовки, образуемые в процессе обработки.
4. Что принимается за основную плоскость резца?
5. Дайте определения плоскости резания. главной и вспомогательной секущей плоскостям основной плоскости.
6. Какие углы показывают в главной секущей плоскости?
7. Какие углы показывают во вспомогательной секущей плоскости?
8. Дайте определение угла резания δ .
9. Какая существует между углами резания при положительном значении переднего угла γ ?
10. Покажите на резце угол наклона главной режущей кромки λ .
11. Какие углы показывают в основной плоскости, и какая зависимость существует между ними?
12. Как подразделяются резцы по видам обработки?
13. На что влияют размеры державки резца?
14. Как подразделяются резцы по направлениям движения подачи?
15. Какая поверхность резца называется передней?
16. Назовите отличительные особенности прямых, отогнутых и изогнутых резцов.
17. Расшифруйте маркировку материала, из которого изготовлен резец.
18. Какой передний угол γ должен иметь резец, если его задний угол $\alpha = 15^\circ$, а угол заострения $\beta = 70^\circ$?
19. Каким будет угол заострения β резца, если его задний угол $\alpha = 15^\circ$, а передний угол $\gamma = 10^\circ$?
20. Как влияет значение заднего угла на процесс резания?
21. Какой угол резца влияет на направление схода стружки?

Практическая работа № 2

Элементы режимов резания при точении

Цель работы – изучение кинематики и количественных характеристик движений при точении.

Формируемые результаты освоения учебной дисциплины:

ОК 1. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.

ОК 2. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 3. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.

ОК 9. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

У.3. проектировать режимы резания для механической обработки заготовки.

Теоретические сведения

Процесс точения осуществляется на токарных станках, где формируются наружные и внутренние поверхности тел вращения. Для осуществления обработки обрабатываемая деталь закрепляется в шпинделе станка и ей сообщается вращательное движение со скоростью V – это главное движение в кинематике точения.

Инструмент – токарный резец – закрепляется в резцедержателе станка (рис. 2.1) и ему сообщается, как правило, прямолинейное перемещение – это движение подачи. Движение подачи может задаваться параллельно оси вращения обрабатываемой детали при формировании цилиндрической поверхности, перпендикулярно оси вращения детали при обработке торца. Движение подачи может задаваться также в направлении под некоторым углом к оси вращения детали при формировании конической наружной или внутренней поверхности.

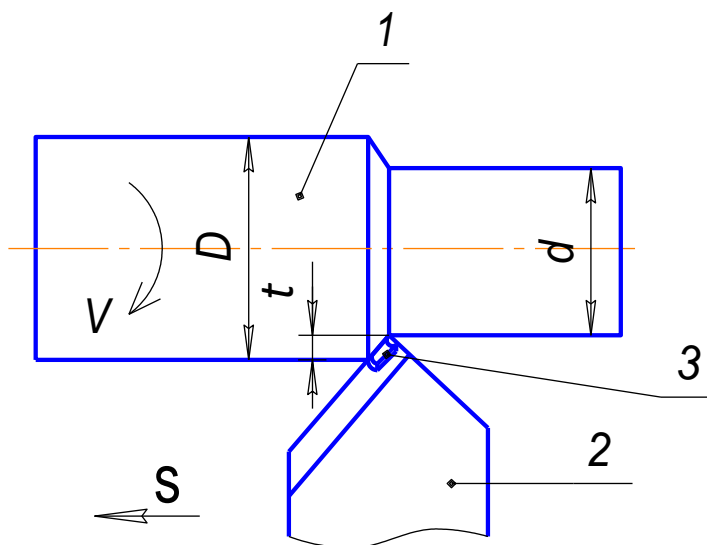


Рис. 2.1. Процесс точения наружной цилиндрической поверхности: 1-обрабатываемая заготовка; 2-токарный резец; 3- стружка

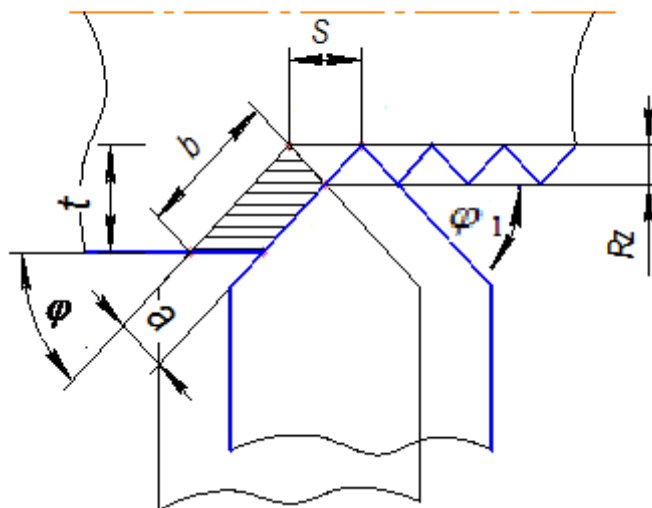


Рис.2.2. Элементы резания при точении

Параметрами поперечного сечения срезаемого слоя являются толщина a и ширина b . При точении на обработанной поверхности остаются шероховатости в виде резьбы с шагом, равным величине подачи S (рис.2.2).

Высота Rz гребешков остаточного сечения срезаемого слоя зависит от геометрических параметров резца: главного и вспомогательного углов в плане ϕ и ϕ_1 , радиуса закругления вершины резца r , подачи S_{np} .

С увеличением ϕ и ϕ_1 и подачи S_{np} высота гребешков Rz увеличивается, с увеличением r высота Rz уменьшается. Для получения поверхностей более высоких классов чистоты необходимо назначать (по возможности) малые углы в плане ϕ и ϕ_1 , больший радиус r , меньшие величины подачи S_{np} .

Количественные характеристики движений при резании

Скорость резания задается в м/мин и рассчитывается относительно частоты вращения детали или инструмента по формуле

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

где D – диаметр детали или инструмента, мм;

n – частота вращения.

Движение подачи. Подача S , мм, — величина перемещения резца относительно обработанной поверхности за один оборот при точении или за один рабочий ход при строгании и долблении. При точении различают продольную подачу S_{np} вдоль линии центров станка, поперечную подачу S_n — перпендикулярно линии центров и наклонную подачу S_u — под углом к линии центров.

Глубина резания t , мм, — величина срезаемого слоя с поверхности заготовки за один проход. Глубина резания измеряется в направлении, перпендикулярном к обработанной поверхности.

При наружной обточке глубина резания определяется по формуле

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

где D — диаметр обрабатываемой поверхности, мм; d — диаметр обработанной поверхности, мм.

Машинное время — время, в течение которого происходит процесс снятия стружки без непосредственного участия рабочего (например, время на точение валика на токарном станке при включенной механической подаче).

Машинное время за один проход:

$$T_m = \frac{L}{n \cdot s},$$

где L - путь инструмента в направлении подачи в мм;

n — частота вращения заготовки (шпинделя) в об/мин;

s — подача в мм/об.

В свою очередь:

$$L = l + y + \Delta \text{ мм},$$

где l — размер обработанной поверхности в направлении подачи в мм;

y — величина врезания в мм; $y = t \operatorname{ctg} \varphi$ мм,

Δ — выход режущего инструмента (перебег) в мм; $\Delta = 1 \div 2$ мм.

При поперечном точении валика: $L = \frac{D}{2} + y + \Delta$ мм.

Расчет режима резания при точении аналитическим способом. Обработка заготовки точением осуществляется при сочетании двух движений: равномерного вращательного движения детали - движения резания (или главное движение) и равномерного поступательного движения резца вдоль или поперек оси детали - движения подачи. К элементам режима резания относятся: глубина резания t , подача S , скорость резания V .

Глубина резания - величина срезаемого слоя за один проход, измеренная в направлении, перпендикулярном обработанной поверхности, т.е. перпендикулярном направлению подачи. При черновой обработке, как правило, глубину резания назначают равной всему припуску, т.е. припуск срезают за один

проход $t = h = \frac{D - d}{2}, \text{ мм}$

где h - припуск, мм;

D - диаметр заготовки, мм;

d - диаметр детали, мм.

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

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

Скорость резания - величина перемещения точки режущей кромки инструмента относительно поверхности резания в направлении движения резания за единицу времени. Скорость резания зависит от режущих свойств

инструмента и может быть определена при точении по таблицам нормативов [4] или по эмпирической формуле

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

где C_v - коэффициент, учитывающий условия обработки;

m, x, y - показатели степени;

T - период стойкости инструмента;

t - глубина резания, мм;

S - подача, мм/об;

K_v - обобщенный поправочный коэффициент, учитывающий изменения условий обработки по отношению к табличным

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

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

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

K_{uv} - коэффициент, учитывающий материал инструмента;

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

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

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

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

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

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

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

i - количество проходов.

$$L = l + y + \Delta, \text{ мм}$$

где l - размер обрабатываемой поверхности в направлении подачи;

y - величина врезания, мм;

Δ - величина перебега, мм, $\Delta = 1 \div 2$ мм.

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

где t - глубина резания;

ϕ - главный угол в плане резца.

Пример решения задачи

На токарно-винторезном станке 16К20 производится черновое обтачивание на проход вала $D=68$ мм до $d=62$ мм. Длина обрабатываемой поверхности 280 мм; длина вала $l_1=430$ мм. Заготовка - поковка из стали 40Х с пределом прочности $\sigma_B=700$ МПа. Способ крепления заготовки - в центрах и поводковом патроне. Система СПИД недостаточно жесткая. Параметр шероховатости поверхности $Ra=12,5$ мкм. Необходимо: выбрать режущий инструмент, назначить режим резания; определить основное время.

Решение

1. Выполнение эскиза обработки (рис. 2.3).

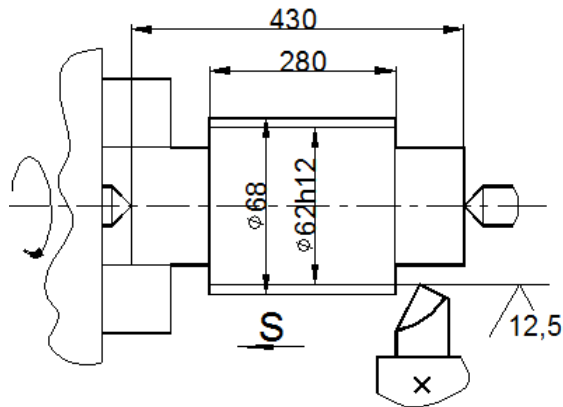


Рис.2.3

2. Выбор режущего инструмента

Для обтачивания на проход вала из стали 40Х по справочнику принимаем токарный проходной резец прямой правый с пластиной из твердого сплава Т5К10. Геометрические параметры режущей части резца (табл. 2.2): (рис. 2.4). $\gamma=15^\circ$; $\alpha=12^\circ$, $\phi=60^\circ$; $h=25$ мм, $b=16$ мм.

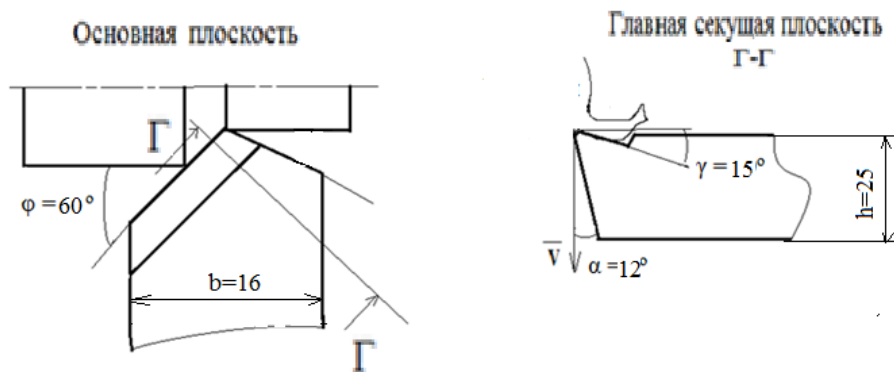


Рис. 2.4

3. Назначение режимов резания

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

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

3.2. Назначаем подачу. Для черновой обработки заготовки из конструкционной стали диаметром до 100 мм резцом сечением 16x25 (для станка 16К20) при глубине резания до 3 мм:

$$S = 0,6 \div 1,2 \text{ мм/об [9], [10].}$$

В соответствии с примечанием 1 к указанной таблице и паспортным данным станка (см. табл.2.3) принимаем $S=0,8$ мм/об.

3.3. Скорость резания, допускаемая материалом резца

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

где $C_v=340$; $x=0,15$; $y=0,45$, $m=0,2$, $T=60$ мин [9], [10]

Поправочный коэффициент для обработки резцом с твердосплавной пластиной

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

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v}, \text{ [9], [10],}$$

где $K_r=1$; $n_v=1$ [1],

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

$K_{nv}=0,8$ [9] или [10], $K_{uv}=0,65$ [9] или [10], $K_{fv}=0,9$ [9] или [10].

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

3.4. Частота вращения, соответствующая найденной скорости резания

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

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

Корректируем частоту вращения шпинделя по паспортным данным станка

$$n_d = 315 \text{ об/мин.}$$

3.5. Действительная скорость резания

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

4. Основное время

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

Путь резца $L=l+y+\Delta$, мм

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

Пробег резца $\Delta = 1,3$ мм.

Тогда $L=280+1,7+1,3=383$ мм.

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

Содержание отчета по работе

Отчет о выполненной практической работе должен содержать:

1. Название и цель работы.
2. Основные понятия режимов резания.
3. Основную теорию расчета режимов резания при точении.
4. Решение задачи по заданному варианту (табл. 2.1).
5. Ответы на контрольные вопросы.

Таблица 2.1 Варианты решения задачи

№ вар.	Заготовка, материал и его свойства	Параметр шероховатости	D, мм	d, мм	l, мм
0	Поковка. Сталь 30ХН3А, $\sigma_b=800$ Мпа	Ra=12,5 мкм	105	95 h12	260
1	Прокат. Сталь 20, $\sigma_b=500$ Мпа	Ra=12,5 мкм	90	82h12	260
2	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, HB160	Ra=12,5 мкм	120	110h12	310
3	Поковка. Сталь 12Х18Н9Т, HB180	Ra=1,6 мкм	52	50e9	400
4	Прокат. Сталь 14Х17Н2, HB200	Ra=3,2 мкм	90	87 h11	30
5	Отливка без корки СЧ30, HB220	Ra=3,2 мкм	80	77 h11	50
6	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, HB210	Ra=12,5 мкм	120	116 h12	100
7	Прокат. Сталь 38ХА, $\sigma_b=680$ Мпа	Ra=12,5 мкм	76	70h12	315
8	Обработанная. Сталь 35, $\sigma_b=560$	Ra=3,2 мкм	97	94 h11	75

	Мпа				
9	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 15, HB170	Ra=12,5 мкм	129	120h12	340
10	Обработанная. Серый чугун СЧ 10, HB160	Ra=12,5 мкм	80	76 h12	35
11	Поковка. Сталь 40ХН, $\sigma_b=700$ Мпа	Ra=3,2 мкм	77	74 h11	45
12	Обработанная. Сталь Ст3, $\sigma_b=600$ Мпа	Ra=12,5 мкм	90	86 e8	55
13	Прокат. Сталь 40Х, $\sigma_b=750$ Мпа	Ra=0,8 мкм	68	62e9	250
14	Обработанная. Сталь Ст5, $\sigma_b=600$ Мпа	Растачивание на проход Ra=12,5 мкм	73	67 h12	35
15	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, HB180	Ra=12,5 мкм	62	58h12	210
16	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, HB200	Ra=3,2 мкм	80	74 h11	25
17	Поковка. Сталь 20Х, $\sigma_b=580$ Мпа	Ra=1,6 мкм	48	46 h9	50
18	Обработанная. Сталь 50, $\sigma_b=750$ Мпа	Ra=3,2 мкм	60	54 e9	20

Прим. На токарно-винторезном станке 16К20 производится черновое обтачивание на проход вала D до d . Длина обрабатываемой поверхности l_1 . Способ крепления заготовки – в центрах и поводковом патроне. Система СПИД недостаточно жесткая.

Таблица 2.2

Геометрические параметры режущей части инструмента

Условия обработки					
Точение стали резцами из быстрорежущих сталей, точение чугуна			Точение стали резцами из твердых сплавов		
Форма передней поверхности резца					
Плоская			Плоская с фаской		
Обрабатываемый материал	Материал инструмента				
	Р6М5		Твердый сплав		
	γ	α	γ	γ_{ϕ}	α
Сталь низколегированная	15	10	10	5	6
Сталь закаленная			10	0	6
Сталь высоколегированная	0	10	5	-5	6
Чугун			5	0	6

Таблица 2.3

Токарно-винторезный станок 16К20 (паспортные данные)

Высота центров, мм - 215

Расстояние между центрами, мм - до 2000.

Мощность двигателя, $N_d=10$ кВт

КПД станка $\eta=0,75$.

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

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

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

Максимальная осевая сила резания, допускаемая механизмом подачи.

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

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Опишите кинематику процесса точения наружной цилиндрической поверхности.
2. Перечислите элементы режимов резания.
3. Как влияет размер заготовки на скорость резания?
4. Как влияет частота вращения детали или шпинделя станка на скорость резания?
5. Опишите геометрию среза при точении.
6. Как влияет подача инструмента на шероховатость поверхности детали?
7. Как влияет главный угол в плане инструмента на шероховатость поверхности детали?
8. Что такое машинное время? От чего оно зависит?
9. Перечислите виды подачи при точении.
10. В каком направлении измеряется глубина резания?

Практическая работа № 3 **Физические явления при токарной обработке**

Цель работы – изучение физических явлений при токарной обработке.

Формируемые результаты освоения учебной дисциплины:

ОК 1. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.

ОК 2. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 3. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.

ОК 9. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

У.3. проектировать режимы резания для механической обработки заготовки.

ОК 1. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.

ОК 2. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 3. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.

ОК 9. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

У.1. использовать теоретические знания при разработке технологических процессов изготовления деталей машин;

У.4. использовать теоретические знания к процессам резания и быстро решать поставленные задачи в профессиональной деятельности.

Теоретические сведения

Физические основы процесса резания металлов. Процесс резания представляет собой упругопластическое деформирование, а иногда и разрушение срезаемого слоя. Резание сопровождается теплообразованием, наростообразованием, упрочнением, износом режущего инструмента.

В машиностроении обработка металлов резанием осуществляется различными режущими инструментами, отличающимися между собой по форме и размерам. Но принцип работы и снятие срезаемого слоя у всех видов режущих инструментов одинаков.

Образование стружки по И. А. Тиме (1870-1877гг).

Проследим его на примере работы токарного резца. Головка резца представляет собой клин, который под действием приложенной к нему внешней силы P вдавливается в металл и, срезая с него слой, превращает срезаемый слой в стружку. При этом имеют место деформации: упругая, пластическая, а затем — разрушение.

В процессе образования стружки на внешней стороне срезаемого слоя происходят следующие фазы стружкообразования:

- Под действием внешней силы P (рис. 3.1) резец (клин) вдавливается в металл. В срезаемом слое возникают упругие, а затем пластические деформации и создается сложное напряженное состояние как впереди передней поверхности, так и ниже линии среза $I - I$ (рис. 3.1, а).

- Вдавливаясь далее в металл, резец производит последующее сжатие срезаемого слоя. Пластические деформации нарастают и наступает момент, когда металл, находящийся перед передней поверхностью, выпучивается вверх (рис. 3.1, б), появляются деформации растяжения. Упругие и пластические деформации распространяются далее вперед.

- Когда пластические деформации дойдут до своего предела и напряжения превзойдут силы сцепления частиц металла, происходит отрыв или скалывание элемента 1 от основного материала по плоскости скалывания A_1B_1 .

- Профессор И. А. Тиме установил, что скалывание элементов стружки происходит по поверхности, названной им плоскостью скалывания, а угол ψ (рис. 3.1), определяющий положение этой плоскости, он назвал углом скалывания. Величина угла скалывания ψ для всех вязких металлов постоянная, равная 145° — 150° ; она не зависит от положения передней поверхности резца.

- Деформации металла в срезанном слое происходят между плоскостью скалывания и передней поверхностью резца в пределах угла η , названного И. А. Тиме углом действия.

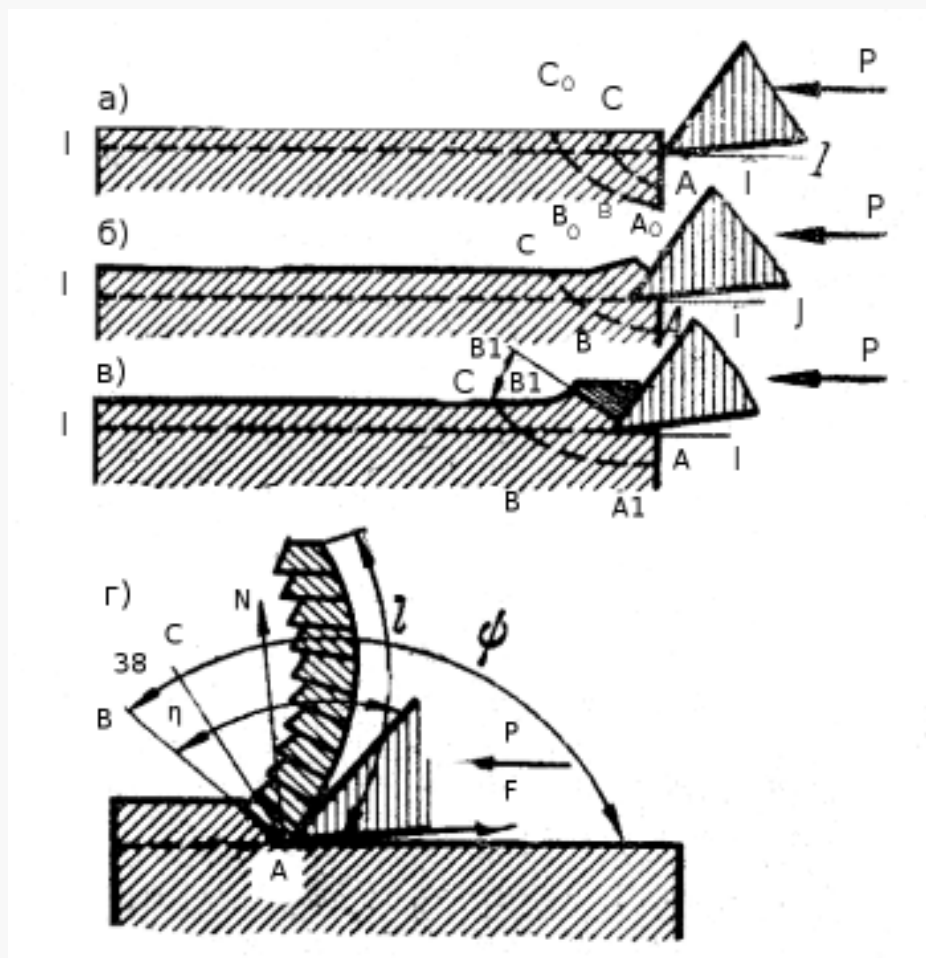


Рис. 3.1. Схема процесса образования стружки.

- Глубокие и обширные исследования стружкообразования были проведены русским ученым А. Г. Усачевым в 1908 г.

- В результате удаления срезанного слоя с обрабатываемой поверхности образуются три вида стружки: скалывания, сливная и надлома.

Стружкой скалывания (рис. 3.2, а) называют стружку, элементы которой остаются соединенными между собою, образуя сплошную ленту с гладкой внутренней стороной, примыкающей к передней поверхности резца, и наружной стороной с зазубринами в местах скалывания отдельных элементов. Стружка скалывания образуется при обработке пластичных материалов со средними скоростями резания, большими толщинами срезанного слоя и малыми передними углами.

Сливная стружка(рис. 3.2, б) получается в виде ленты без зазубрин, образуется при обработке пластичных материалов с более высокими скоростями резания, с большими передними углами и меньшей толщиной срезаемого слоя, чем при образовании стружки скалывания.

Стружка надлома(рис. 3.2, в) состоит из отдельных элементов неопределенной формы, не связанных между собой, образуется при обработке с низкими скоростями резания твердых и малопластичных материалов.

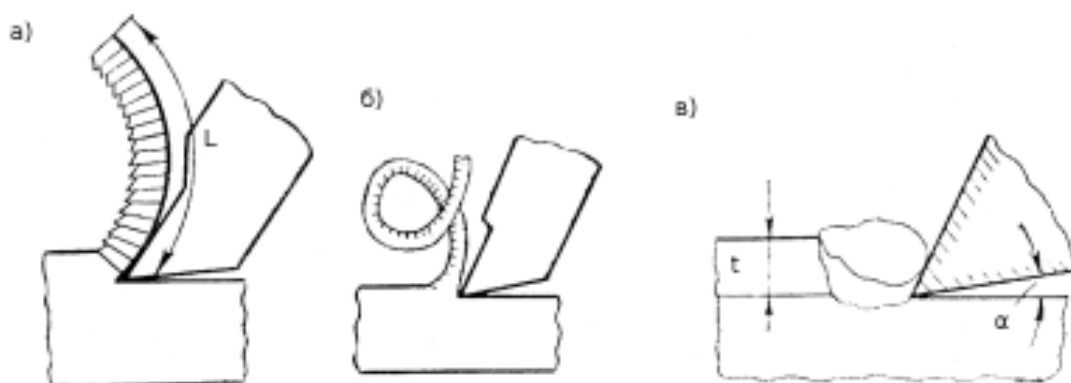


Рис. 3.2. Виды стружек: а — скалывания; б — сливная; в — надлома.

Вид получающейся стружки зависит от качества обрабатываемого металла, режимов резания, геометрии режущего инструмента. Однако следует отметить, что при обработке одного и того же пластичного или хрупкого металла могут получиться все виды стружек, так как пластичность и хрупкость являются состоянием вещества, а не его свойствами.

Усадка стружки. Величина усадки стружки — это мера степени пластической деформации срезанного слоя. Усадка стружки определяется коэффициентом усадки, равным отношению длины пути резца l_n к длине срезанной стружки l_c .

$$k = \frac{l_n}{l_c}$$

Коэффициент усадки стружки определяет величину пластической деформации материала при резании. Для разных металлов этот коэффициент колеблется от 1 (при резании чугуна) до 6 (при обработке пластичных сплавов).

О величине пластической деформации можно судить по внешнему виду стружки.

Стружка надлома получается при обработке твердых и хрупких материалов (чугун, бронза).

Стружка скалывания образуется при обработке менее твердых сталей со средней скоростью резания.

Сливная стружка получается при обработке сталей с высокой скоростью резания.

Наростообразование. Резание металлов представляет собой исключительно интенсивный процесс деформаций, трения и тепловыделения в очаге деформации. В зоне обработки металл испытывает давление порядка сотни тысяч кг/см². В этих условиях при определенных режимах частицы металла стружки могут отрываться и «прилипать» на передней поверхности инструмента, образуя нарост.

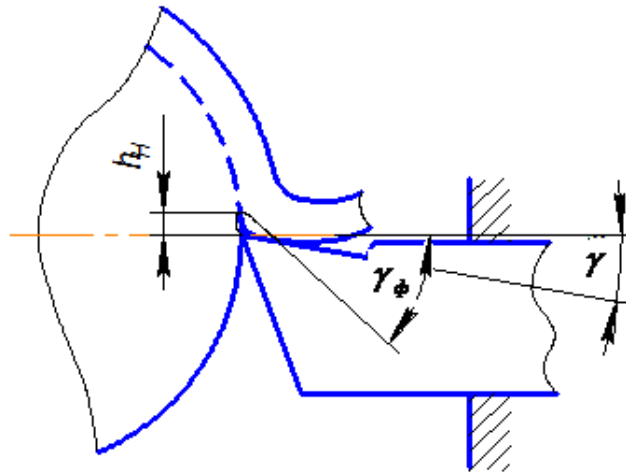


Рис. 3.3. Возникновение нароста h_n изменяет передний угол инструмента

Нарост – слой металла, образующийся на передней поверхности инструмента при некоторых условиях резания. Нарост состоит из сильно деформированного металла, твердость которого в 2 – 3 раза превышает твердость обрабатываемого металла, а структура отличается от структуры обрабатываемого металла и стружки.

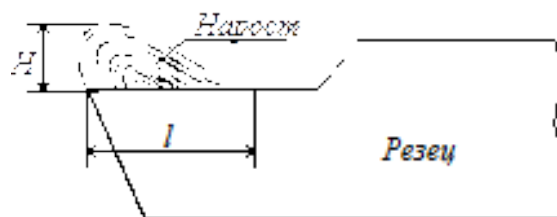


Рис 3.3. Схема образования нароста

Схема образования нароста следующая. При большом трении стружки о резец происходит срыв оксидных пленок с поверхностей. Если температура и давление на ювенильных (химически чистых) поверхностях достаточно высоки, то создается условия для адгезии (слипания при молекулярном взаимодействии), в результате которой происходит прочное присоединение контактного слоя стружки к передней поверхности и образование заторможенного слоя, служащего фундаментом для нароста. При скольжении стружки по заторможенному слою происходит образование следующего слоя нароста по аналогичному механизму, приводящее к увеличению высоты H нароста (рис.3.3).

Образование нароста – нестабильное явление. В процессе обработки нарост растёт, достигает максимального значения, затем под действием сил трения частично или полностью разрушается и уносится со стружкой или вдавливается в обработанную поверхность. Частота срывов нароста зависит от скорости резания и достигает нескольких сот циклов в секунду (до $10^2 \dots 10^3$ Гц).

Образование нароста ведет к увеличению переднего угла γ , при этом снижается сила резания и износ инструмента. Значит, при трубной черновой обработке, когда возникают большие силы резания, снимается толстый слой металла и выделяется значительное количество тепла, наростообразование – положительное явление. Однако при чистовой обработке образование нароста снижает чистоту поверхности и точность обработки. Значит, при чистовой (окончательной) обработке наростообразование – отрицательное явление.

Наростообразование зависит от физико-механических свойств обрабатываемого материала, скорости резания, геометрии режущего инструмента и других факторов.

Материалы склонные к образованию нароста при обработке резанием: углеродистые стали и большинство легированных сталей, серый чугун, алюминий, силумин. Причем, чем меньше твердость и выше пластичность такого материала, тем больше размеры нароста (H и l на рис.3.3), т.е. образование сливной стружки способствует росту нароста.

Материалы не склонные к образованию нароста: медь, латунь, бронза, олово, свинец, титановые сплавы, белый чугун; стали с большим содержанием никеля и хрома.

Применение смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ), тщательная доводка передней поверхности инструмента для снижения коэффициента трения между ней и отходящей стружкой уменьшают наростообразование.



Рис.3.4. Пластическая деформация металла при резании

Инструмент всегда имеет радиус закругления режущего лезвия ρ (рис.3.4), обычно $\rho \approx 0,02$ мм. Инструмент может срезать с заготовки стружку только, если условная глубина резания превышает радиус закругления вершина лезвия, т.е. $t > \rho$, при этом в стружку переходит только часть 1 срезаемого слоя, оставшаяся часть слоя 2, толщина которой примерно равна ρ , упруго и пластически деформируется, образуя обработанную поверхность. В результате обработанная поверхность получает наклеп (упрочнение), при этом возрастает твердость (иногда до 2 раз) и появляются остаточные напряжения.

Остаточные напряжения могут быть растягивающими или сжимающими. При $V = 300 \dots 500$ м/мин и отрицательных передних углах γ обычно возникают сжимающие остаточные напряжения. Сжимающие остаточные напряжения

повышают предел выносливости детали, а растягивающие – снижают. Поэтому упрочнение поверхности при резании – полезное явление лишь при условии создания сжимающих остаточных напряжений. На процесс же резания наклеп оказывает отрицательное влияние: упрочнение, полученное при черновой обработке, быстро затупляет инструмент и повышается шероховатость при последующей чистовой обработке.

Наклепанный слой имеет разную глубину при различных способах обработки. Так, при обычных условиях обработки деталей из стали средней твердости глубина наклепанного слоя получается при черновой обработке резцом 0,4-0,5 мм, а при чистовой – только 0,04-0,06 мм.

На глубину наклепа значительное влияние оказывают условия работы и режим резания. Она уменьшается с повышением скорости резания и растет с увеличением толщины среза. Затупленный резец дает в 2-3 раза большую глубину наклепа, чем острый, так как тупой резец труднее внедряется в срезаемый слой, особенно если этот слой тонкий.

На образование наклепа, как и на усадку стружки, влияет величина переднего угла. Так с увеличением переднего угла деформации срезаемого слоя и наружного слоя обработанной поверхности уменьшаются, следовательно, степень и глубина наклепа резко снижаются. Напр., при угле $\gamma = 5^\circ$ глубина наклепанного слоя примерно в 2-3 раза больше, чем при угле $\gamma = 45^\circ$.

Смазочно-охлаждающие технологические средства. При резании металлов смазочно-охлаждающие вещества (СОВ):

- уменьшают трение между резцом и сходящей стружкой, резцом и заготовкой, оказывая смазочное действие;
- снижают работу, затраченную на пластическое деформирование металла, отводят теплоту из зоны резания, охлаждая инструмент и заготовку;
- препятствуют появлению налипов на трущихся рабочих поверхностях инструмента.

Это приводит к уменьшению силы резания, улучшению качества обработанной поверхности, увеличению стойкости инструмента.

В качестве СОВ применяют смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ), газообразные вещества и твердые вещества.

Основные типы СОЖ :

■ водные растворы хозяйственного мыла (2...5%), эмульсии (смеси воды и минерального масла); в эмульсии добавляют поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые оказывают диспергирующие действия, в качестве ПАВ используют мыло, спирт, кислоты;

■ минеральные, растительные, животные масла. К минеральным маслам добавляют для уменьшения коэффициента трения фосфор, хлор, серу: получают сульфорезол;

■ керосин и растворы в нем ПАВ;

■ масла и эмульсии в смеси с твердыми смазочными материалами (графитом, парафином, воском).

Из СОЖ широко применяют эмульсии (охлаждающее действие) и сульфорезолы, оказывающие, в основном, смазывающие действия.

В качестве *газообразных СОВ* применяют газы (углекислый газ, азот и другие газы), пары ПАВ, пену (смесь масла с воздухом), распыленные жидкости (применяются широко).

В качестве твердых СОВ используют порошки и брикеты парафина, воска, мыла.

Жидкие и газообразные СОВ подводят к зоне резания различными способами:

- свободным поливом или струей под давлением на переднюю поверхность и стружку;

- свободным поливом или струей под давлением на заднюю поверхность резца; это самый распространенный и перспективный способ;

- по каналу с выводом в зону резания через переднюю поверхность, при этом способе жидкость или газ используют также для удаления стружки из зоны резания, особенно эффективно это при глубоком сверлении.

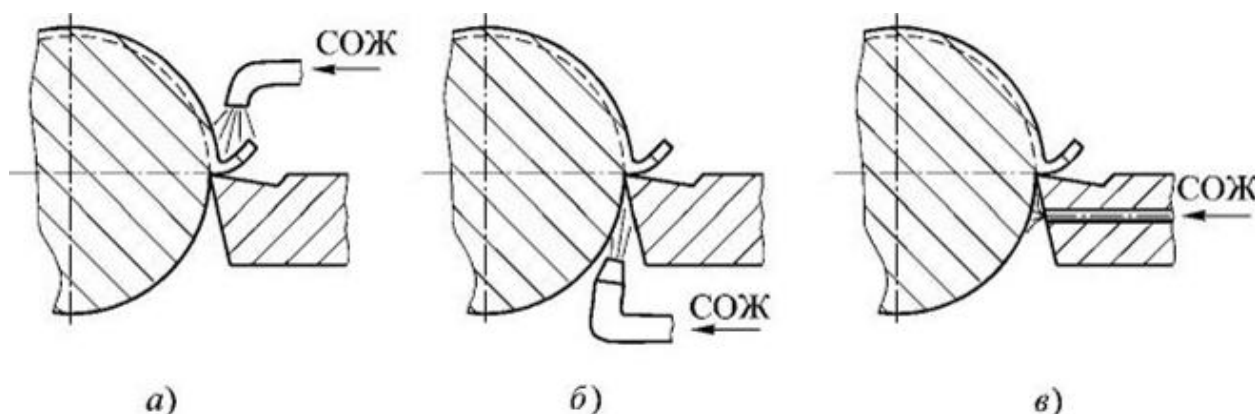


Рис. 3.5. Способы подвода СОЖ

Содержание отчета по работе

Отчет о выполненной практической работе должен содержать:

1. Название и цель работы.
2. Основные понятия физических явлений при токарной обработке (стружкообразование, наростообразование, наклеп) с изображением схем этих явлений.
3. Описание методов борьбы с наростообразованием.
4. Описание смазочно-охлаждающих технологических средств.
5. Ответы на тест, предложенный преподавателем.
6. Ответы на контрольные вопросы.

Примерный тест

1. Расставьте соотношения

- А) Элементарная стружка 1)Образуется в виде лент при обработке пластичных материалов
- Б) Стружка скалывания 2)Состоит из отдельных элементов неопределенной формы
- В) Сливная стружка 3)Образуется при обработке пластичных материалов один край гладкий, второй в зазубринах

Г) Стружка надлома 4)Состоит из отдельных не связанных друг с другом элементов образуется при обработке твердых металлов

2. Нарост образовывается на поверхности.

- А) Задней
- Б) Передней

3. Нарост по отношению к обрабатываемому материалу обладает.....
твердостью

- А) Больше
- Б) Меньше
- В) Равной

4. При образовании нароста стойкость инструмента

- А) Увеличивается
- Б) Уменьшается

5. При обработке детали с наростом качество обработки

- А) Увеличивается
- Б) Уменьшается

6. Сохраняется ли точность размеров при обработке с наростом

- А) Нет
- Б) Да

7. При какой обработке допускают наростообразование

- А) Чистовой
- Б) Черновой

8. Использование СОЖ

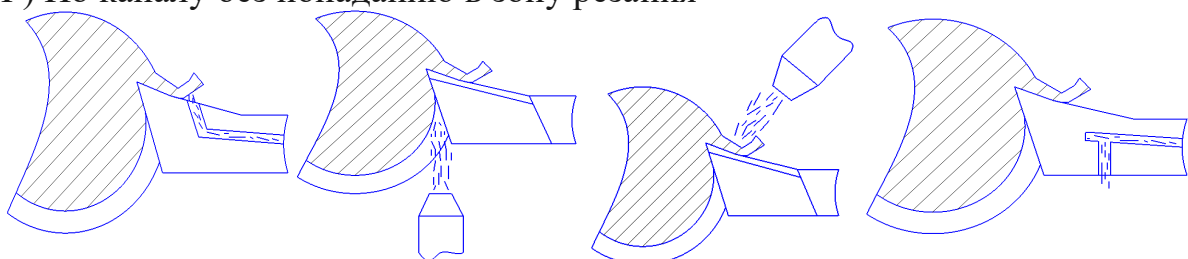
- А) Увеличивает износ инструмента
- Б) Уменьшает износ инструмента

9. Использование СОЖ

- А) Увеличивает качество
- Б) Уменьшает качество

10. Расставьте соответствия

- А) Струйное на переднюю поверхность
- Б) Струйное на заднюю поверхность
- В) По каналу инструмента на переднюю поверхность
- Г) По каналу без попаданию в зону резания



Контрольные вопросы

1. Как происходит процесс образования стружки по Тиме?
2. Какие виды стружки образуются при точении?
3. От чего зависит вид получающейся стружки?
4. Что такое усадка стружки?
5. Какова зависимость усадки стружки от скорости резания и температуры?
6. При каких условиях на резце образуется нарост? От каких факторов зависят его геометрические параметры и как он сам влияет на процесс стружкообразования?
7. Как влияет нарост на шероховатость обрабатываемой поверхности детали?
8. Как влияет нарост на геометрию режущего инструмента?
9. Объясните физический смысл влияния на стружкообразование переднего угла инструмента.
10. Как влияют угол в плане и радиус при вершине резца на деформацию и составляющие силы резания? Объясните физический смысл их влияния.
11. Что такое наклеп? От чего зависит величина наклепа?
12. Что влияет на образование наклепа?
13. Методы борьбы с наростообразованием.

Практическая работа № 4

Соппротивление резанию при токарной обработке

Цель работы – изучение сил резания при токарной обработке, приобретение навыков работы со справочной литературой.

Формируемые результаты освоения учебной дисциплины:

ОК 1. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.

ОК 2. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 3. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.

ОК 9. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

У.3. проектировать режимы резания для механической обработки заготовки.

ОК 1. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.

ОК 2. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 3. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.

ОК 9. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

У.1. использовать теоретические знания при разработке технологических процессов изготовления деталей машин;

У.2. правильно выбирать режущие инструменты для механической обработки заготовки;

У.3. проектировать режимы резания для механической обработки заготовки;

У.4. использовать теоретические знания к процессам резания и быстро решать поставленные задачи в профессиональной деятельности.

Теоретические сведения

Силы резания. При внедрении в материал режущего инструмента на его переднюю и заднюю поверхности (рис. 4.1) действуют четыре силы: нормальная сила N_n на передней поверхности; сила трения F_n на передней поверхности; нормальная сила N_z на задней поверхности и сила трения F_z на задней поверхности.

Равнодействующую, проекцию которой на оси n и z определяют силы P_z и P_N , можно определить векторной суммой всех сил (рис.4.2).

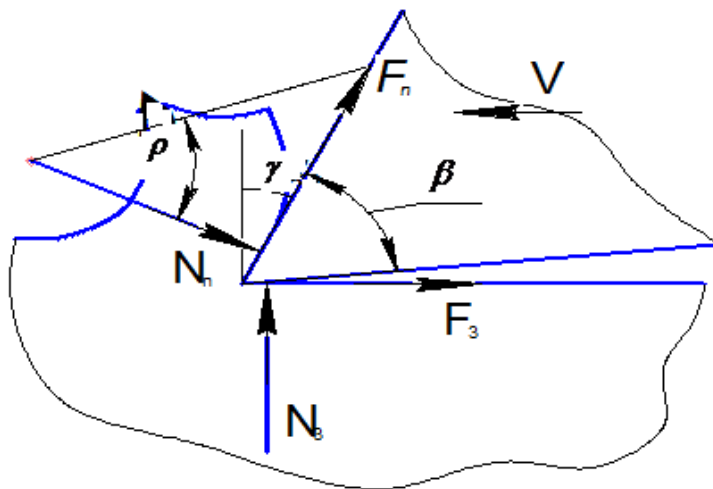


Рис. 4.1. Силы, действующие на режущий клин: V - вектор скорости резания; N_n и N_z - нормальные силы; F_n и F_z - силы трения

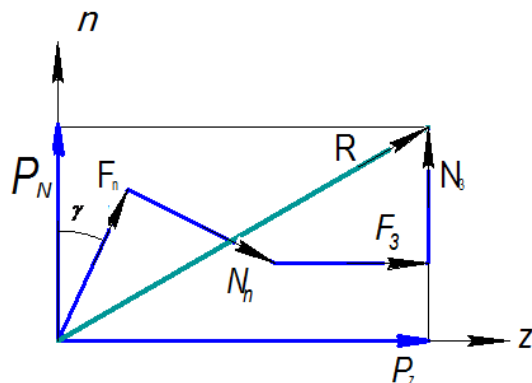


Рис. 4.2. Векторная сумма сил F_n, N_n, F_z, N_z . Силы P_N и P_z - проекции силы R на оси n и z

Из рис. 4.2 видно, что

$$R = \sqrt{P_z^2 + P_N^2}.$$

Для практических целей обычно используется не сама равнодействующая сила R , которая является силой сопротивления резанию, а ее составляющие P_z, P_y, P_x (рис.4.3). Их измеряют динамометром или рассчитывают по эмпирическим формулам.

Три указанные составляющие силы резания взаимно перпендикулярны; поэтому величина и направление равнодействующей силы определяются как диагональ параллелепипеда

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

Величина силы P_z – главная составляющая силы резания, определяет мощность и крутящий момент при резании

Величина силы P_y - радиальная составляющая силы резания, отжимающая резец от заготовки, оказывает влияние на точность и шероховатость обработанной поверхности.

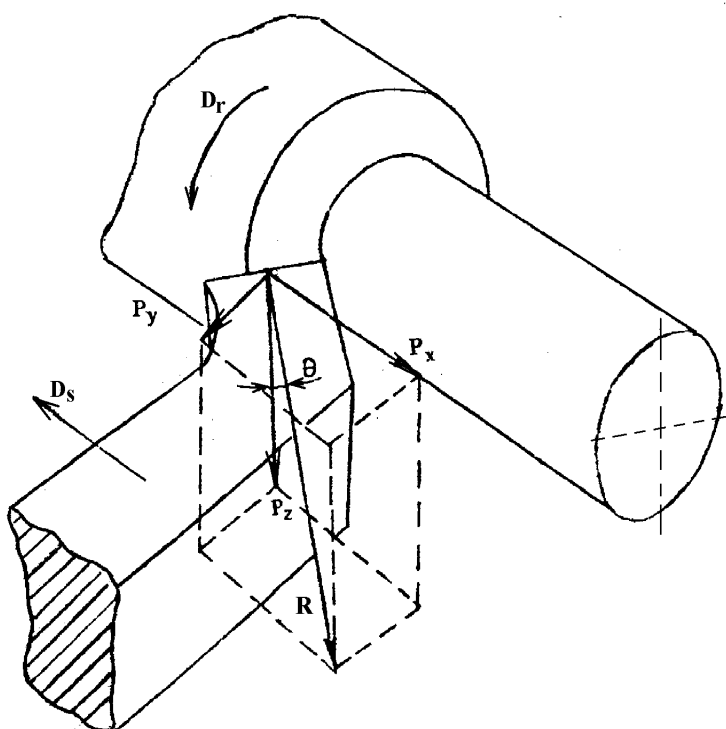


Рис.4.3. Разложение силы резания R на три составляющие.

Величина силы P_x – осевая составляющая силы резания, необходима для расчета параметров деталей механизма продольной подачи станка.

Соотношение величин составляющих сил P_z , P_y , P_x не остается постоянным и зависит от геометрических параметров рабочей части резца, элементов режима резания (v , t , s), износа резца, физико-механических свойств обрабатываемого материала и условий резания.

Для расчета составляющих силы резания используют следующие эмпирические зависимости, полученные на основании экспериментальных исследований:

$$P_z = C_{Pz} t^{X_{Pz}} S^{Y_{Pz}} V^{Z_{Pz}} k_{Pz}$$

$$P_y = C_{Py} t^{X_{Py}} S^{Y_{Py}} V^{Z_{Py}} k_{Py}$$

$$P_x = C_{Px} t^{X_{Px}} S^{Y_{Px}} V^{Z_{Px}} k_{Px}$$

где C_P – постоянный коэффициент, зависящий от свойств инструментального и обрабатываемого материалов и условий обработки;

X, Y, Z , – показатели степени влияния соответственно глубины, подачи и скорости на силу резания;

k_P – общий поправочный коэффициент, на измененные условия резания .

Влияние различных факторов на силу резания. Увеличение силы R происходит:

- 1) с увеличением твердости или прочности обрабатываемого материала, т к возрастает его сопротивляемость процессу снятия стружки,
- 2) с увеличением подачи или глубины резания, т к возрастает объем срезаемого материала,
- 3) с уменьшением заднего угла α , т к увеличивается контакт задней поверхности режущего клина с обрабатываемой деталью.

Мощность резания. Крутящий момент. Силы резания определяют мощность и работу процесса резания, определяют нагрузку на инструмент, влияют на точность обработки.

Учитывая, что скорость в направлении радиальной составляющей P_y равна нулю, мощность резания на преодоление данной силы также будет равна нулю. Мощность на преодоление осевой составляющей P_x существенно меньше по сравнению с мощностью на преодоление главной составляющей.

Мощность, затрачиваемую на резание рассчитывают по силе P_z с учетом скорости резания:

$$N_{рез} = \frac{P_z V}{60 \cdot 1020} \text{ кВт},$$

где P_z – сила резания, Н; V – скорость резания, м/мин.

Расчет скорости и мощности резания по эмпирическим формулам.

Скорость резания V , м/мин: при наружном продольном и поперечном точении и растачивании рассчитывают по эмпирической формуле

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

а при отрезании, прорезании и фасонном точении – по формуле

$$V = \frac{C_v}{T^m S^y} K_v.$$

Среднее значение стойкости T при одноинструментальной обработке – 30 – 60 мин. Значения коэффициента C_v , показателей степени x , y и m приведены (см. табл. 4.1).

Коэффициент K_v является произведением коэффициентов, учитывающих влияние материала заготовки (см. табл. 4.2 – 4.5), состояния поверхности K_{nv} (табл. 4.6), материала инструмента $K_{ив}$ (см. табл. 4.7), углов в плане резцов $K_{\phi v}$, $K_{\phi 1v}$ и радиуса при вершине резца K_{rv} [10]. При многоинструментальной обработке и многостаночном обслуживании период стойкости увеличивают, вводя соответственно коэффициенты K_{Ti} (см. табл. 4.8) и K_{Tc} (см. табл. 4.9).

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{ив} * K_{\phi v} * K_{\phi 1v} * K_{rv} * K_{Ti} * K_{Tc}$$

Отделочная токарная обработка имеет ряд особенностей, отличающих ее от чернового и межоперационного точения, поэтому рекомендуемые режимы резания при тонком (алмазном) точении на быстроходных токарных станках повышенной точности и расточных станках приведены отдельно в [10].

Режимы резания при точении закаленной стали резцами из твердого сплава приведены в [10].

Мощность резания, кВт, рассчитывают по формуле

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

где $P_{z,y,x} = 10 C_p t^x S^y V^n K_p$, при отрезании, прорезании и фасонном точении t – длина лезвия резца.

Постоянная C_p и показатели степени x, y, n для конкретных (расчетных) условий обработки приведены в [10].

Поправочный коэффициент K_p представляет собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактические условия резания

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

Численные значения этих коэффициентов приведены в [10].

При одновременной работе нескольких инструментов эффективную мощность определяют как суммарную мощность отдельных инструментов.

Таблица 4.1.

17. Значения коэффициента C_v и показателей степени в формулах скорости резания при обработке резцами

Вид обработки	Материал режущей части резца	Характеристика подачи	Коэффициент и показатели степени			
			C_v	x	y	m
Обработка конструкционной углеродистой стали, $\sigma_B = 750$ МПа						
Наружное продольное точение проходными резцами	T15K6 *	s до 0,3	420	0,15	0,20	0,20
		s св. 0,3 до 0,7	350		0,35	
		$s > 0,7$	340		0,45	
То же, резцами с дополнительным лезвием	T15K6 *	$s \leq t$ $s > t$	292	0,30 0,15	0,15 0,30	0,18
Отрезание	T5K10 * P18 **	—	47 23,7	—	0,80 0,66	0,20 0,25
Фасонное точение	P18 **		22,7	—	0,50	0,30
Нарезание крепежной резьбы	T15K6 *		244	0,23	0,30	0,20
	P6M5	Черновые ходы: $P \leq 2$ мм $P > 2$ мм	14,8 30	0,70 0,60	0,30 0,25	0,11 0,08
		Чистовые ходы	41,8	0,45	0,30	0,13
Вихревое нарезание резьбы	T15K6 *	—	2330	0,50	0,50	0,50

Продолжение таблицы 4.1

Вид обработки	Материал режущей части резца	Характеристики подачи	Коэффициент и показатели степени			
			C_r	x	y	m
Обработка серого чугуна, HB 190						
Наружное продольное точение проходными резцами	BK6 *	$s \leq 0,40$	292	0,15	0,20	0,20
		$s > 0,40$	243		0,40	
Наружное продольное точение резцами с дополнительным лезвием	BK6 **	$s \geq t$	324	0,40	0,20	0,28
		$s < t$	324	0,20	0,40	0,28
Отрезание	BK6 *	—	68,5	—	0,40	0,20
Нарезание крепежной резьбы			83	0,45	—	0,33
Обработка ковкого чугуна, HB 150						
Наружное продольное точение проходными резцами	BK8 *	$s \leq 0,40$	317	0,15	0,20	0,20
		$s > 0,40$	215	0,15	0,45	0,20
Отрезание	BK6 *	—	86	—	0,4	0,20
Обработка медных гетерогенных сплавов средней твердости, HB 100 – 140						
Наружное продольное точение проходными резцами	P18 *	$s \leq 0,20$	270	0,12	0,25	0,23
		$s > 0,20$	182		0,30	
Обработка силумина и литейных алюминиевых сплавов, $\sigma_B = 100 \div 200$ МПа, HB ≤ 65 ; дюралюминия, $\sigma_B = 300 \div 400$ МПа, HB ≤ 100						
Наружное продольное точение проходными резцами	P18 *	$s \leq 0,20$	485	0,12	0,25	0,28
		$s > 0,20$	328		0,50	

* Без охлаждения.

** С охлаждением.

Примечания: 1. При внутренней обработке (расточивании, прорезании канавок в отверстиях, внутреннем фасонном точении) принимать скорость резания, равную скорости резания для наружной обработки с введением поправочного коэффициента 0,9.

2. При обработке без охлаждения конструкционных и жаропрочных сталей и стальных отливок резцами из быстрорежущей стали вводить поправочный коэффициент на скорость резания 0,8.

3. При отрезании и прорезании с охлаждением резцами из твердого сплава Ti5K6 конструкционных сталей и стальных отливок вводить на скорость резания поправочный коэффициент 1,4.

4. При фасонном точении глубокого и сложного профиля на скорость резания вводить поправочный коэффициент 0,85.

5. При обработке резцами из быстрорежущей стали термообработанных сталей скорость резания для соответствующей стали уменьшать, вводя поправочный коэффициент 0,95 – при нормализации, 0,9 – при отжиге, 0,8 – при улучшении.

6. Подача s в мм/об.

Табл. 4.2. Поправочный коэффициент K_{MV} , учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания.

Обрабатываемый материал	Расчетная формула
Сталь	$K_{MV} = K_r (750/\sigma_B)^{nv}$
Серый чугун	$K_{MV} = K_r (190/HB)^{nv}$
Ковкий чугун	$K_{MV} = K_r (150/HB)^{nv}$
Примечания: 1. σ_B и HB – фактические параметры, характеризующие обрабатываемый материал, для которого рассчитывается скорость резания. 2. Коэффициент K_r , характеризующий группу стали по обрабатываемости, и показатель степени n_v см. в табл.2.	

Табл. 4.3. Значения коэффициента K_g и показатели степени n_v в формуле для расчета коэффициента обрабатываемости стали K_{mv}

Обрабатываемый материал	Коэффициент K_g для материала инструмента		Показатели степени n_v при обработке:					
			резцами		сверлами, зенкерами, развертками		фрезами	
	из быстрорежущей стали	из твердого сплава	из быстрорежущей стали	из твердого сплава	из быстрорежущей стали	из твердого сплава	из быстрорежущей стали	из твердого сплава
Сталь:								
Углеродистая ($C \leq 0,6 \%$), σ_b , МПа:								
< 450	1,0	1,0	-1,0		-0,9		-0,9	
450 – 550	1,0	1,0	1,75		-0,9		-0,9	
> 550	1,0	1,0	1,75		0,9		0,9	
Повышенной и высокой обрабатываемости резанием	1,2	1,1	1,75		1,05		-	
Хромистая	0,85	0,95	1,75				1,45	
Углеродистая ($c > 0,6 \%$), хромоникелевая, хромомолибденовая	0,8	0,9	1,5				1,35	
Хромомарганцовистая, хромкремнистая, хромокремнемарганцовистая, хромоникельмолибденовая, хромомолибденоалюминиевая	0,7	0,8	1,25	1,0		1,0		1,0
Хромованадиевая	0,85	0,8	1,25		0,9			
Марганцовистая	0,75	0,9	1,5				1,0	
Хромоникельвольфрамовая, хромомолибденовая	0,8	0,85	1,25					
Хромоалюминиевая	0,75	0,8	1,25					
Хромоникельванадиевая	0,75	0,85	1,25					
Быстрорежущие	0,6	0,7	1,25					
Чугун:								
Серый			1,7	1,25	1,3	1,3	0,95	1,25
Ковкий			1,7	1,25	1,3	1,3	0,85	1,25

Табл. 4.4. Поправочный коэффициент K_{MV} , учитывающий влияние физико-механических свойств жаропрочных и коррозионно-стойких сталей и сплавов на скорость резания.

Марка стали или сплава	σ_B , МПа	Усредненное значение коэффициента K_{MV}	Марка стали или сплава	σ_B , МПа	Усредненное значение коэффициента K_{MV}
12X18H9T	550	1,0	ХН60ВТ	750	0,48
13X11H2B2MФ	1100-1460	0,8-0,3	ХН88ТЮ		0,40
14X17H2	800-1300	1,0-0,75	ХН77ТЮР	850-1000	0,26
13X14H3B2ФР	700-1200	0,5-0,4	ХН35ВТ	950	0,50
37X12H8Г8МФБ	-	0,95-0,72	ХН70ВМТЮ	1000-1250	0,25
45X14H14B2M	700	1,06	ХН55ВМТКЮ	1000-1250	0,25
10X11H20ТЗР	720-800	0,85	ХН65ВМТЮ	900-1000	0,20
12X21H5Т	820-10000	0,65	ХН35ВТЮ	900-950	0,22
20X23H18	600-620	0,80	ВТ3-1; ВТ3	950-1200	0,40
31X19H9МВБТ		0,40	ВТ5; ВТ4	750-950	0,70
15X18H12C4ТЮ	730	0,50	ВТ6; ВТ8	900-1200	0,35
ХН78Т	780	0,75	ВТ14	900-1400	0,53-0,43
ХН75МБТЮ	-	0,53	12X13	600-1100	1,5-1,2
			30X13; 40X13	850-1100	1,3-0,9

Табл.4.5. Поправочный коэффициент K_{MV} , учитывающий влияние физико-механических свойств медных и алюминиевых сплавов на скорость резания.

Медные сплавы	K_{MV}	Алюминиевые сплавы	K_{MV}
Гетерогенные:		Силумин и литейные сплавы (закаленные), $\sigma_B = 200 \div 300$ МПа, $HB > 60$	0,8
$HB > 140$	0,7	Дюралюминий (закаленный), $\sigma_B = 300 \div 400$ МПа, $HB > 100$	
$HB \ 100 - 140$	1,0	Силумин и литейные сплавы $\sigma_B = 100 \div 200$ МПа, $HB \leq 65$	1,0
Свинцовистые при основной гетерогенной структуре	1,7	Дюралюминий	
Гомогенные	2,0	$\sigma_B = 300 \div 400$ МПа, $HB \leq 100$	
Сплавы с содержанием свинца < 10 %	4,0		
при основной гомогенной структуре			
Медь	8	Дюралюминий, $\sigma_B = 200 \div 300$ МПа	1,2
Сплавы с содержанием свинца > 15 %	12,0		

Табл.4.6. Поправочный коэффициент $K_{пв}$, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания.

Состояние поверхности заготовки					
Без корки	С коркой				
	Прокат	Поковка	Стальные и чугунные отливки при корке		Медные и алюминиевые сплавы
			нормальной	сильно загрязненной	
1,0	0,9	0,8	0,8-0,85	0,5-0,6	0,9

Табл.4.7. Поправочный коэффициент $K_{пв}$, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания.

Обрабатываемый материал	Значения коэффициента $K_{пв}$ в зависимости от марки инструментального материала						
Сталь конструкционная	T5K12 В 0,35	T5K10 0,65	T14K8 0,8	T15K6 1,00	T15K6 1,15	T30K4 1,4	BK8 0,4
Коррозионно-стойкие и жаропрочные стали	BK8 1,0	T5K10 1,4	T15K6 1,9	P18 0,3	-		
Сталь закаленная	HRC 35 - 50				HRC 51 - 62		
	T15K6 1,0	T30K4 1,25	BK6 0,85	BK8 0,83	BK4 1,0	BK6 0,92	BK8 0,74
Серый и ковкий чугун	BK8 0,83	BK6 1,0	BK4 1,1	BK3 1,15	<i>BK3</i> 1,25	-	
Сталь, чугун, медные и алюминиевые сплавы	P6M5 1,0	BK4 2,5	BK6 2,7	9XC 0,6	XBG 0,6	Y12A 0,5	-

Табл.4.8. Коэффициент изменения стойкости $K_{Тн}$ в зависимости от числа одновременно работающих инструментов при средней по равномерности их загрузке.

Число работающих инструментов	1	3	5	8	10	15
$K_{Тн}$	1	1,7	2	2,5	3	4
Примечания: 1. При равномерной загрузке инструментов коэффициент $K_{Тн}$ увеличивать в два раза. 2. При загрузке инструментов с большой неравномерностью коэффициент $K_{Тн}$ уменьшать на 25 – 30 %.						

Табл.4.9. Коэффициент изменения периода стойкости $K_{Тс}$ в зависимости от числа одновременно обслуживаемых станков.

Число обслуживаемых станков	1	2	3	4	5	6	7 и более
$K_{Тс}$	1,0	1,4	1,9	2,2	2,6	2,8	3,1

Содержание отчета по работе

Отчет о выполненной практической работе должен содержать:

1. Название и цель работы.
2. Основные теоретические понятия.
3. Теоретический расчет составляющих силы резания по эмпирическим формулам.
4. Решение задачи I по заданному варианту.
5. Ответы на контрольные вопросы.

Задача I. Определить скорость главного движения, допускаемую режущими свойствами резца, и мощность резания при наружном продольном точении для заданных условий обработки:

- материал заготовки,
- заготовка,
- глубина резания t (мм),
- подача на оборот S_o (мм/об),
- стойкость резца T (мин),
- марка инструментального материала,
- сечение державки,
- форма передней поверхности резца,
- геометрические элементы резца.

Исходные данные:

№ варианта	Материал заготовки	Заготовка	t	S_o	T	Марка инструментального материала	Сечение державки резца	Форма передней поверхности	Геометрические элементы резца		
			мм	мм/об	мин				ϕ	ϕ_1	r
									ϕ		мм
1	Сталь жаропрочная 12X18H9T, HB 141	Поковка, предварительная обработанная	1,5	0,34	60	BK8	16*25	Радиусная с фаской	45	10	2
2	Серый чугун, HB 160	Отливка с коркой	4	0,84	45	BK8	20*30	Плоская	60	10	1
3	Сталь 20 $\sigma_b=500$ МПа	Прокат, предварительная обработанный	3	0,52	90	T15K6	16*25	Радиусная с фаской	90	10	1,5
4	Серый чугун, HB 180	Отливка без корки	1,5	0,28	60	BK6	12*20	Плоская	45	10	1
5	Бронза Бр.АЖ 9-4 HB120	Отливка с коркой	3,5	0,61	60	P18	16*25	Плоская	60	15	1
6	Сталь 40X $\sigma_b=700$ МПа	Поковка	3	0,57	45	T5K10	25*25	Радиусная с фаской	90	10	1
7	Серый чугун HB200	Отливка с коркой	5	0,75	90	BK8	20*30	Плоская	60	10	1
8	Сталь 45ХН $\sigma_b=750$ МПа	Штамповка, предварительная обработанная	0,75	0,17	60	T30K4	16*25	Радиусная с фаской	45	10	2

9	Латунь ЛмцОС 58-2-2-2 НВ 90	Отливка без корки	1	0,25	90	P18	12*1 2	Плоская	45	15	1
10	Серый чугун НВ 220	Отливка без корки	1	0,23	60	ВК3	16*2 5	Плоская	60	10	2

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Поясните причины возникновения сил резания в процессе стружкообразования.
2. На какие составляющие можно разложить силу резания?
3. От чего зависит соотношение величин составляющих сил P_z , P_y , P_x ?
4. Направления сил P_z , P_y , P_x .
5. Факторы, влияющие на силы P_z , P_y , P_x .

Практическая работа № 5

Скорость резания, допускаемая режущими свойствами резца

Цель работы – изучение факторов, влияющих на стойкость резца при токарной обработке, приобретение навыков работы со справочной литературой.

Формируемые результаты освоения учебной дисциплины:

ОК 1. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.

ОК 2. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 3. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.

ОК 9. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

У.3. проектировать режимы резания для механической обработки заготовки.

ОК 1. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.

ОК 2. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 3. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.

ОК 9. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

У.1. использовать теоретические знания при разработке технологических процессов изготовления деталей машин;

- У.2. правильно выбирать режущие инструменты для механической обработки заготовки;
- У.3. проектировать режимы резания для механической обработки заготовки;
- У.4. использовать теоретические знания к процессам резания и быстро решать поставленные задачи в профессиональной деятельности.

Теоретические сведения

Основными факторами, влияющими на стойкость резца, являются: скорость резания; обрабатываемый материал; материал резца; глубина резания; подача; геометрия резца; охлаждение резца; жесткость станка, приспособления, резца, заготовки.

Повышение режимов резания приводит к увеличению нагрузки на режущий инструмент и, в частности, к повышению температуры резания. А это влечет за собой уменьшение твердости и износостойкости рабочих поверхностей инструмента (лезвий и примыкающих к ним участков передней и задней поверхностей) и, следовательно, ускорение его затупления. Продолжительность работы инструмента до затупления, т. е. время резания от переточки до переточки в минутах, называется стойкостью и обозначается буквой Т.

Наиболее сильно влияет на стойкость инструмента изменение скорости резания, так как при увеличении последней температура резания возрастает особенно значительно: при скоростях резания, применяемых для инструментов из быстрорежущей стали, удвоение скорости резания вызывает повышение температуры резания на 30—40%. Кроме того, при увеличении скорости резания соответственно возрастает длина пути, проходимого обрабатываемой поверхностью относительно лезвий инструмента в единицу времени, а это также вызывает ускорение их износа.

Если работать с различными скоростями резания, сохраняя все другие условия неизменными, и учитывать время работы инструмента до достижения износа определенной величины (т. е. соблюдать одинаковый критерий затупления), то полученные результаты, нанесенные на график, покажут закономерность изменения стойкости при увеличении скорости резания. Иногда, в частности, для твердосплавных инструментов, можно обнаружить, что сначала повышение очень низкой скорости вызывает некоторое увеличение стойкости инструмента, но затем стойкость уменьшается и это уменьшение с повышением скорости резания приобретает все более резкий характер.

Выбор отдельных элементов режима резания должен производиться с таким расчетом, чтобы инструмент имел вполне определенный, заранее заданный период стойкости. Чтобы облегчить решение этой задачи, удобно ввести понятие о скорости резания, при которой инструмент имеет определенную (постоянную) стойкость при любом изменении условий резания, в том числе и при изменении глубины резания и подачи.

Таким образом, *стойкостью инструмента* называют его способность сохранять в рабочем состоянии свои контактные поверхности и режущие кромки. Эта способность оценивается *периодом стойкости*, то есть временем работы инструмента от заточки до переточки.

Выбор оптимального периода стойкости является важной технико-экономической задачей. Особенно эта задача важна в автоматизированном

производстве, так как выход из строя одного инструмента может привести к остановке производственного комплекса, включающего несколько единиц оборудования.

Стойкость инструмента зависит от скорости резания:

$$V = \frac{C}{T^m},$$

где C — коэффициент, зависящий от условий обработки и материала заготовки и резца, m — показатель относительной стойкости, $m < 1$ и в зависимости от вида обработки, инструментального и обрабатываемого материалов изменяется в пределах: $m = 0,1 \dots 0,75$.

Применение смазочно-охлаждающих жидкостей способствует повышению стойкости или скорости резания вследствие уменьшения трения на рабочих поверхностях и снижения температуры.

Влияние различных факторов на выбор резца. Выбор режущего инструмента для токарной обработки зависит от поверхностей, образующих контур заданной детали. Для обработки основных наружных цилиндрических, конических и торцовых поверхностей в большинстве случаев используют проходные черновые и чистовые (контурные) резцы.

Для обработки внутренних основных поверхностей используют расточные резцы: черновые и чистовые (контурные). Размеры расточного инструмента устанавливают в соответствии с диаметром и длиной внутренних поверхностей деталей, обрабатываемых в патроне.

Для обработки дополнительных поверхностей используют прорезные резцы (наружные, внутренние и торцевые), внутренние и наружные — для угловых канавок, а также резьбовые наружные и внутренние — для метрических и дюймовых резьб.

При выборе параметров резцов следует обратить внимание на материал режущей части, углы в плане, передний и задний углы, радиус при вершине.

Материал режущей части инструмента выбирают в зависимости от стадии обработки, глубины резания и обрабатываемого материала.

Выбор главного и вспомогательного углов в плане зависит от типа обработки. При черновой обработке необходимо применять резцы с главным углом в плане $30^\circ \dots 45^\circ$, а при чистовой и отделочной — использовать резцы с углами в плане близкими к 90° . При указанных параметрах углов при черновой обработке меньше нагрузка на механизм привода подачи от сил резания, а на чистовой — радиальная составляющая силы резания минимальна.

Вспомогательный угол в плане и радиус вершины резца оказывают влияние на шероховатость обработанных поверхностей: чем меньше вспомогательный угол в плане и чем больше радиус вершины резца, тем меньше шероховатость. Однако при этом снижается виброустойчивость технологической системы.

Передний и задний углы определяют прочность режущей части резца. Для черновой обработки целесообразно применять резцы с малыми (или отрицательными) передними углами, а для чистовой — с большими значениями этих углов. Резцы выполняются правыми и левыми. Использование того или иного резца зависит от направления рабочей подачи, конструктивного положения револьверной головки (за или перед осью центров), а также из следующих соображений:

– правый инструмент располагается в револьверной головке, находящейся перед осью центров, передней поверхностью вверх, что приводит к разлету стружки из зоны резания;

– левый инструмент устанавливается передней пластиной вниз.

Это приводит к надежному падению стружки в стружкосборник станка.

Сущность токарной обработки состоит в формировании цилиндрической поверхности инструментом с одной режущей кромкой, при этом, как правило, происходит вращение заготовки и перемещение резца. Во многих отношениях этот традиционный метод металлообработки является относительно простым для понимания. С другой стороны, этот широко распространенный процесс хорошо поддается оптимизации, путем тщательного изучения различных факторов, оказывающих на него влияние.

Определение поправочных коэффициентов при расчете скорости по справочным таблицам.

Скорость резания V , м/мин: при наружном продольном и поперечном точении и растачивании рассчитывают по эмпирической формуле

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

а при отрезании, прорезании и фасонном точении – по формуле

$$V = \frac{C_v}{T^m S^y} K_v.$$

Среднее значение стойкости T при одноинструментальной обработке – 30 – 60 мин. Значения коэффициента C_v , показателей степени x , y и m приведены (см. табл. 5.1).

Коэффициент K_v является произведением коэффициентов, учитывающих влияние материала заготовки (см. табл. 5.2 – 5.5), состояния поверхности K_{nv} (табл. 5.6), материала инструмента K_{iv} (см. табл. 5.7), углов в плане резцов $K_{\phi v}$, $K_{\phi 1v}$ и радиуса при вершине резца K_{rv} [10]. При многоинструментальной обработке и многостаночном обслуживании период стойкости увеличивают, вводя соответственно коэффициенты K_{Ti} (см. табл. 5.8) и K_{Tc} (см. табл. 5.9).

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{iv} * K_{\phi v} * K_{\phi 1v} * K_{rv} * K_{Ti} * K_{Tc}$$

Отделочная токарная обработка имеет ряд особенностей, отличающих ее от чернового и межоперационного точения, поэтому рекомендуемые режимы резания при тонком (алмазном) точении на быстроходных токарных станках повышенной точности и расточных станках приведены отдельно в [10].

Режимы резания при точении закаленной стали резцами из твердого сплава приведены в [10].

Таблица 5.1.

17. Значения коэффициента C_v и показателей степени в формулах скорости резания при обработке резцами

Вид обработки	Материал режущей части резца	Характеристика подачи	Коэффициент и показатели степени			
			C_v	x	y	m
Обработка конструкционной углеродистой стали, $\sigma_B = 750$ МПа						
Наружное продольное точение проходными резцами	T15K6 *	s до 0,3 s св. 0,3 до 0,7 $s > 0,7$	420 350 340	0,15	0,20 0,35 0,45	0,20
То же, резцами с дополнительным лезвием	T15K6 *	$s \leq t$ $s > t$	292	0,30 0,15	0,15 0,30	0,18
Отрезание	T5K10 * P18 **	—	47 23,7	—	0,80 0,66	0,20 0,25
Фасонное точение	P18 **		22,7	—	0,50	0,30
Нарезание крепежной резьбы	T15K6 *		244	0,23	0,30	0,20
	P6M5	Черновые ходы: $P \leq 2$ мм $P > 2$ мм	14,8 30	0,70 0,60	0,30 0,25	0,11 0,08
		Чистовые ходы	41,8	0,45	0,30	0,13
Вихревое нарезание резьбы	T15K6 *	—	2330	0,50	0,50	0,50

Продолжение таблицы 5.1

Вид обработки	Материал режущей части резца	Характеристика подачи	Коэффициент и показатели степени			
			C_v	x	y	m
Обработка серого чугуна, HB 190						
Наружное продольное точение проходными резцами	BK6 *	$s \leq 0,40$	292	0,15	0,20	0,20
		$s > 0,40$	243	0,15	0,40	0,20
Наружное продольное точение резцами с дополнительным лезвием	BK6 **	$s \geq t$	324	0,40	0,20	0,28
		$s < t$	324	0,20	0,40	0,28
Отрезание	BK6 *	—	68,5	—	0,40	0,20
Нарезание крепежной резьбы			83	0,45	—	0,33
Обработка ковкого чугуна, HB 150						
Наружное продольное точение проходными резцами	BK8 *	$s \leq 0,40$	317	0,15	0,20	0,20
		$s > 0,40$	215	0,15	0,45	0,20
Отрезание	BK6 *	—	86	—	0,4	0,20
Обработка медных гетерогенных сплавов средней твердости, HB 100—140						
Наружное продольное точение проходными резцами	P18 *	$s \leq 0,20$	270	0,12	0,25	0,23
		$s > 0,20$	182	0,12	0,30	0,23
Обработка силумина и литейных алюминиевых сплавов, $\sigma_B = 100 \div 200$ МПа, HB ≤ 65 ; дюралюминия, $\sigma_B = 300 \div 400$ МПа, HB ≤ 100						
Наружное продольное точение проходными резцами	P18 *	$s \leq 0,20$	485	0,12	0,25	0,28
		$s > 0,20$	328	0,12	0,50	0,28

* Без охлаждения.
** С охлаждением.

Примечания: 1. При внутренней обработке (расточивании, прорезании канавок в отверстиях, внутреннем фасонном точении) принимать скорость резания, равную скорости резания для наружной обработки с введением поправочного коэффициента 0,9.
2. При обработке без охлаждения конструкционных и жаропрочных сталей и стальных отливок резцами из быстрорежущей стали вводить поправочный коэффициент на скорость резания 0,8.
3. При отрезании и прорезании с охлаждением резцами из твердого сплава T15K6 конструкционных сталей и стальных отливок вводить на скорость резания поправочный коэффициент 1,4.
4. При фасонном точении глубокого и сложного профиля на скорость резания вводить поправочный коэффициент 0,85.
5. При обработке резцами из быстрорежущей стали термообработанных сталей скорость резания для соответствующей стали уменьшать, вводя поправочный коэффициент 0,95 — при нормализации, 0,9 — при отжиге, 0,8 — при улучшении.
6. Подача s в мм/об.

Табл. 5.2. Поправочный коэффициент K_{MV} , учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания.

Обрабатываемый материал	Расчетная формула
Сталь	$K_{MV} = K_r (750/\sigma_B)^{nv}$
Серый чугун	$K_{MV} = K_r (190/HB)^{nv}$
Ковкий чугун	$K_{MV} = K_r (150/HB)^{nv}$
Примечания: 1. σ_B и HB – фактические параметры, характеризующие обрабатываемый материал, для которого рассчитывается скорость резания. 2. Коэффициент K_r , характеризующий группу стали по обрабатываемости, и показатель степени n_v см. в табл.2.	

Табл. 5.3. Значения коэффициента K_g и показатели степени n_v в формуле для расчета коэффициента обрабатываемости стали K_{mv}

Обрабатываемый материал	Коэффициент K_g для материала инструмента		Показатели степени n_v при обработке:					
			резцами		сверлами, зенкерами, развертками		фрезами	
	из быстрорежущей стали	из твердого сплава	из быстрорежущей стали	из твердого сплава	из быстрорежущей стали	из твердого сплава	из быстрорежущей стали	из твердого сплава
Сталь:								
Углеродистая ($C \leq 0,6 \%$), σ_b , МПа:								
< 450	1,0	1,0	-1,0		-0,9		-0,9	
450 – 550	1,0	1,0	1,75		-0,9		-0,9	
> 550	1,0	1,0	1,75		0,9		0,9	
Повышенной и высокой обрабатываемости резанием	1,2	1,1	1,75		1,05		-	
Хромистая	0,85	0,95	1,75				1,45	
Углеродистая ($c > 0,6 \%$), хромоникелевая, хромомолибденовая	0,8	0,9	1,5				1,35	
Хромомарганцовистая, хромкремнистая, хромокремнемарганцовистая, хромоникельмолибденовая, хромомолибденоалюминиевая	0,7	0,8	1,25	1,0		1,0		1,0
Хромованадиевая	0,85	0,8	1,25		0,9			
Марганцовистая	0,75	0,9	1,5				1,0	
Хромоникельвольфрамовая, хромомолибденовая	0,8	0,85	1,25					
Хромоалюминиевая	0,75	0,8	1,25					
Хромоникельванадиевая	0,75	0,85	1,25					
Быстрорежущие	0,6	0,7	1,25					
Чугун:								
Серый			1,7	1,25	1,3	1,3	0,95	1,25
Ковкий			1,7	1,25	1,3	1,3	0,85	1,25

Табл. 5.4. Поправочный коэффициент K_{MV} , учитывающий влияние физико-механических свойств жаропрочных и коррозионно-стойких сталей и сплавов на скорость резания.

Марка стали или сплава	σ_B , МПа	Усредненное значение коэффициента K_{MV}	Марка стали или сплава	σ_B , МПа	Усредненное значение коэффициента K_{MV}
12X18H9T	550	1,0	ХН60ВТ	750	0,48
13X11H2B2MФ	1100-1460	0,8-0,3	ХН88ТЮ		0,40
14X17H2	800-1300	1,0-0,75	ХН77ТЮР	850-1000	0,26
13X14H3B2ФР	700-1200	0,5-0,4	ХН35ВТ	950	0,50
37X12H8Г8МФБ	-	0,95-0,72	ХН70ВМТЮ	1000-1250	0,25
45X14H14B2M	700	1,06	ХН55ВМТКЮ	1000-1250	0,25
10X11H20ТЗР	720-800	0,85	ХН65ВМТЮ	900-1000	0,20
12X21H5Т	820-10000	0,65	ХН35ВТЮ	900-950	0,22
20X23H18	600-620	0,80	ВТ3-1; ВТ3	950-1200	0,40
31X19H9МВБТ		0,40	ВТ5; ВТ4	750-950	0,70
15X18H12C4ТЮ	730	0,50	ВТ6; ВТ8	900-1200	0,35
ХН78Т	780	0,75	ВТ14	900-1400	0,53-0,43
ХН75МБТЮ	-	0,53	12X13	600-1100	1,5-1,2
			30X13; 40X13	850-1100	1,3-0,9

Табл.5.5. Поправочный коэффициент K_{MV} , учитывающий влияние физико-механических свойств медных и алюминиевых сплавов на скорость резания.

Медные сплавы	K_{MV}	Алюминиевые сплавы	K_{MV}
Гетерогенные:		Силумин и литейные сплавы (закаленные), $\sigma_B = 200 \div 300$ МПа, $HB > 60$	0,8
$HB > 140$	0,7	Дюралюминий (закаленный), $\sigma_B = 300 \div 400$ МПа, $HB > 100$	
$HB \ 100 - 140$	1,0	Силумин и литейные сплавы $\sigma_B = 100 \div 200$ МПа, $HB \leq 65$	
Свинцовистые при основной гетерогенной структуре	1,7	Дюралюминий	1,0
Гомогенные	2,0	$\sigma_B = 300 \div 400$ МПа, $HB \leq 100$	
Сплавы с содержанием свинца < 10 %	4,0		
при основной гомогенной структуре			
Медь	8		
Сплавы с содержанием свинца > 15 %	12,0	Дюралюминий, $\sigma_B = 200 \div 300$ МПа	1,2

Табл.5.6. Поправочный коэффициент K_{nv} , учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания.

Состояние поверхности заготовки

Без корки	С коркой				
	Прокат	Поковка	Стальные и чугунные отливки при корке		Медные и алюминиевые сплавы
			нормальной	сильно загрязненной	
1,0	0,9	0,8	0,8-0,85	0,5-0,6	0,9

Табл.5.7. Поправочный коэффициент $K_{ив}$, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания.

Обрабатываемый материал	Значения коэффициента $K_{ив}$ в зависимости от марки инструментального материала						
Сталь конструкционная	T5K12 В 0,35	T5K10 0,65	T14K8 0,8	T15K6 1,00	T15K6 1,15	T30K4 1,4	BK8 0,4
Коррозионно-стойкие и жаропрочные стали	BK8 1,0	T5K10 1,4	T15K6 1,9	P18 0,3	-		
Сталь закаленная	HRC 35 - 50				HRC 51 - 62		
	T15K6 1,0	T30K4 1,25	BK6 0,85	BK8 0,83	BK4 1,0	BK6 0,92	BK8 0,74
Серый и ковкий чугун	BK8 0,83	BK6 1,0	BK4 1,1	BK3 1,15	<i>BK3</i> 1,25	-	
Сталь, чугун, медные и алюминиевые сплавы	P6M5 1,0	BK4 2,5	BK6 2,7	9XC 0,6	XBG 0,6	Y12A 0,5	-

Табл.5.8. Коэффициент изменения стойкости $K_{ти}$ в зависимости от числа одновременно работающих инструментов при средней по равномерности их загрузке.

Число работающих инструментов	1	3	5	8	10	15
$K_{ти}$	1	1,7	2	2,5	3	4
Примечания: 1. При равномерной загрузке инструментов коэффициент $K_{ти}$ увеличивать в два раза. 2. При загрузке инструментов с большой неравномерностью коэффициент $K_{ти}$ уменьшать на 25 – 30 %.						

Табл.5.9. Коэффициент изменения периода стойкости $K_{тс}$ в зависимости от числа одновременно обслуживаемых станков.

Число обслуживаемых станков	1	2	3	4	5	6	7 и более
$K_{тс}$	1,0	1,4	1,9	2,2	2,6	2,8	3,1

Содержание отчета по работе

Отчет о выполненной практической работе должен содержать:

1. Название и цель работы.
2. Основные теоретические понятия.

3. Теоретический расчет составляющих силы резания по эмпирическим формулам.

4. Решение задач Ии Ппо заданному варианту.

5. Ответы на контрольные вопросы.

Задача I. Определить скорость главного движения, допускаемую режущими свойствами резца, и мощность резания при растачивании отверстия диаметром D (мм) для заданных условий обработки:

- материал заготовки,
- заготовка,
- глубина резания t (мм),
- подача на оборот S_o (мм/об),
- стойкость резца T (мин),
- марка инструментального материала,
- сечение державки,
- форма передней поверхности резца,
- геометрические элементы резца.

Исходные данные:

№ варианта	Материал заготовки	Заготовка	D	t	S_o	T	Марка инструментального материала	Сечение державки резца	Форма передней поверхности	Геометрические элементы резца		
			мм		мм/об	мин				φ	φ ₁	r
										0		мм
1	Сталь Ст5, $\sigma_B=600$ МПа	Поковка	55	3,5	0,26	60	T14K8	20*20	Радиусная с фаской	90	30	1
2	Серый чугун, HB 170	Отливка без корки	120	1,5	0,28	45	BK6	30*30	Плоская	45	20	1,5
3	Сталь 30 $\sigma_B=600$ МПа	Поковка, предварительно обработанная	80	0,75	0,21	60	T15K6	25*25	Радиусная с фаской	60	15	2
4	Серый чугун, HB 190	Отливка с коркой	100	4	0,35	90	BK8	30*30	Плоская	75	30	1
5	Латунь ЛК 80-3 HB 90	Отливка без корки	75	1	0,23	60	P18	25*25	Плоская	45	15	1
6	Сталь 38ХА $\sigma_B=680$ МПа	Штамповка, предварительно обработанная	60	0,5	0,15	60	T30K4	20*20	Радиусная с фаской	45	15	2
7	Серый чугун HB210	Отливка с коркой	95	3,5	0,34	45	BK8	25*25	Плоская	75	30	1
8	Сталь 40ХН $\sigma_B=700$ МПа	Поковка	45	3	0,3	90	T5K10	16*16	Радиусная с	60	30	1

									фаской			
9	Бронза Бр.АЖН 11-6- 6, НВ180	Отливка с коркой	150	4	0,4	60	P18	30*30	Плоская	75	30	1
10	Серый чугун НВ 215	Отливка без корки	65	1	0,23	90	ВК3М	25*25	Плоская	45	15	1,5

Задача II. Определить скорость главного движения, допускаемую режущими свойствами резца, и мощность резания при подрезке торца диаметром D (мм) до диаметра d (мм) для заданных условий обработки:

- материал заготовки,
- заготовка,
- глубина резания t (мм),
- подача на оборот S_o (мм/об),
- стойкость резца T (мин),
- марка инструментального материала,
- сечение державки,
- форма передней поверхности резца,
- геометрические элементы резца.

Исходные данные:

№ варианта	Материал заготовки	Заготовка	D	d	t	S _o мм/об	T мин	Марка инструментального материала	Тип и сечение державки резца	Форма передней поверхности	Геометрические элементы резца		
			мм								Ф	Ф ₁	г
											0		мм
1	Сталь 40X, σ _в =700 МПа	Прокат	60	0	1	0,26	60	ВК6М	Проходной прямой 16*25	Радиусная с фаской	45	10	2
2	Серый чугун, НВ 175	Отливка с коркой	95	70	4	0,7	45	ВК8	Подрезной 20*30	Плоская	75	20	1,5
3	Сталь 40ХН σ _в =700 МПа	Поковка	80	0	3	0,52	90	T14K8	Проходной отогнутый 16*25	Радиусная с фаской	45	45	1,5
4	Серый чугун, НВ 200	Отливка без корки	170	110	1,4	0,3	60	ВК6	Подрезной 16*25	Плоская	75	20	1
5	Сталь 40Л σ _в =500 МПа	Отливка с коркой	110	40	4	0,47	45	T5K10	Подрезной 25*25	Радиусная с фаской	90	20	1,5
6	Бронза Бр.ОЦ 4-3 НВ70	Отливка без корки	135	105	1	0,21	60	P18	Проходной прямой 12*20	Плоская	45	10	1
7	Серый чугун НВ220	Отливка с коркой	140	65	3,5	0,6	90	ВК8	Проходной отогнутый 25*25	Плоская	45	45	1
8	Сталь 45ХН σ _в =750 МПа	Штамповка предварительно обработанная	160	70	0,75	0,17	60	T30K4	Проходной прямой 16*25	Радиусная с фаской	45	10	2
9	Латунь ЛКС 80-3-3 НВ 90	Отливка с коркой	120	90	3	0,57	60	P18	Подрезной 20*30	Плоская	75	20	1
10	Серый чугун НВ 160	Отливка без корки	70	40	1	0,23	90	ВК3	Проходной прямой	Плоская	45	10	2

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Факторы, влияющие на стойкость резца.
2. Влияние скорости резания на стойкость резца.
3. Взаимосвязь между стойкостью и скоростью.
4. Влияние различных факторов на выбор резца.
5. Что такое поправочные коэффициенты и для чего они нужны?

Практическая работа № 6 Обработка материалов зенкерованием и развертыванием

Цель работы – изучение конструкции, элементов режимов резания и сил резания при зенкеровании и развертывании.

Формируемые результаты освоения учебной дисциплины:

ОК 1. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.

ОК 2. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 3. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.

ОК 9. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

У.1. использовать теоретические знания при разработке технологических процессов изготовления деталей машин;

У.2. правильно выбирать режущие инструменты для механической обработки заготовки;

У.3. проектировать режимы резания для механической обработки заготовки;

У.4. использовать теоретические знания к процессам резания и быстро решать поставленные задачи в профессиональной деятельности.

Теоретические сведения

Элементы и геометрические параметры зенкера и развертки

Элементы зенкера. На рис. 6.1 показаны элементы и части цилиндрического зенкера. По форме режущей части зенкер напоминает спиральное сверло, но в отличие от сверла он имеет не две, а три или четыре главные режущие кромки, расположенные на режущей части; кроме того, зенкер не имеет поперечной кромки.

Цилиндрический зенкер имеет следующие части: 1) *режущая* (заборная) часть, несущая режущие кромки, расположенные под углом в плане $\varphi = 45...60^\circ$; она выполняет основную работу резания; 2) *калибрующая* (направляющая) часть,

имеющая узкие фаски и служащая для направления зенкера в отверстии в процессе резания; 3) *хвостовик*, служащий для закрепления зенкера.

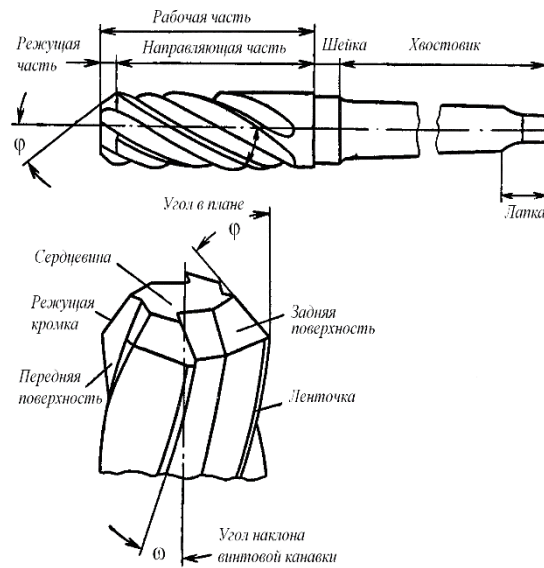


Рис. 6.1. Элементы и части цилиндрического зенкера

Геометрические параметры зенкера показаны на рис. 6.2. Передний угол измеряется в главной секущей плоскости $P_\tau - P_\tau$, перпендикулярной к проекции режущей кромки на основную плоскость; в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала и материала зенкера γ назначается от 0 до 15° . Задний угол α измеряется также в плоскости $P_\tau - P_\tau$ и делается в пределах $8...10^\circ$. Угол наклона винтовой канавки ω принимают в пределах $10...30^\circ$. Зенкер имеет обратный конус под углом $\varphi_1 = 1...2,0^\circ$.

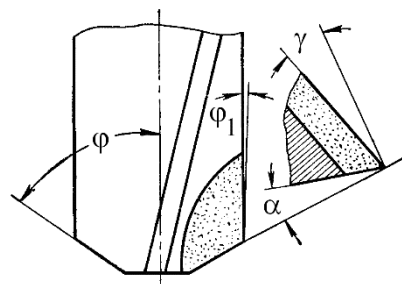


Рис. 6.2. Геометрические параметры зенкера

Элементы развертки. Развертка (6.3) внешне похожа на зенкер, но отличается от него большим числом режущих кромок (от 6 до 12) и более пологой режущей (заборной) частью; нагрузка, приходящаяся на режущие кромки развертки, значительно меньше, чем у зенкера. Все это влияет на повышение точности и уменьшение шероховатости стенок отверстия после развертывания.

Развертка, как и зенкер, состоит из рабочей части, шейки и хвостовика.

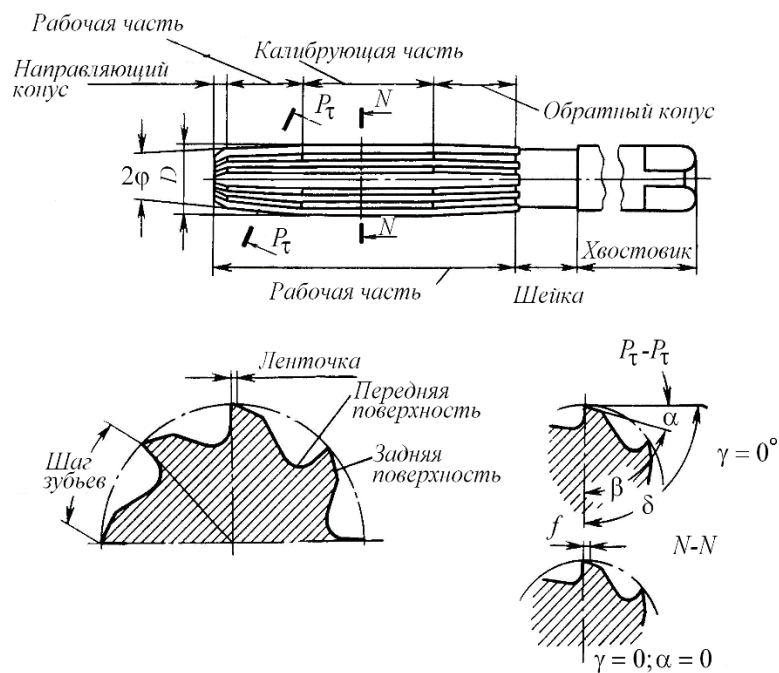


Рис. 6.3. Элементы цилиндрической развертки

Рабочая часть развертки состоит из трех элементов: режущей части, цилиндрической (калибрующей) части и обратного конуса; в длину рабочей части входит и направляющий конус, имеющий угол при вершине 90° . Режущая часть является главным элементом рабочей части зуба; она производит основную работу развертывания с помощью главных режущих кромок, наклоненных к оси под углом в плане φ и образующих угол заборного конуса 2φ . У ручных разверток $\varphi = 0,5 \dots 1,5^\circ$, а у машинных при обработке сквозных отверстий в стальных заготовках $\varphi = 15^\circ$ и в чугунных заготовках $\varphi = 5^\circ$. Для твердосплавных разверток $\varphi = 30 \dots 45^\circ$.

Цилиндрическая часть служит для калибрования отверстия и направления развертки в отверстии. Обратный конус делают для уменьшения трения рабочей части развертки о стенки отверстия.

Режущие зубья развертки должны иметь правильно подобранные углы – передний γ и задний α . Эти углы измеряют в плоскости $P_\tau - P_\tau$, перпендикулярной к режущей кромке; выбирают их в зависимости от обрабатываемого материала и назначения развертки.

Для разверток из инструментальных сталей при черновой обработке вязких металлов передний угол γ выбирают в пределах $5 \dots 10^\circ$, а при чистовой обработке $\gamma = 0^\circ$. Для разверток, оснащенных пластинками из твердого сплава, оптимальным передним углом, является $\gamma = 0 \dots 15^\circ$. Задний угол на режущей части измеряют также в плоскости $P_\tau - P_\tau$; выбирают этот угол в зависимости от обрабатываемого материала: от 10 до 12° для алюминия и его сплавов и от 6 до 10° для углеродистой и легированной сталей с $\sigma_B > 500$ МПа.

Углы на калибрующей части развертки измеряют в плоскости $N-N$.

Элементы режима резания, силы, износ и стойкость при зенкеровании и развертывании

Глубина резания, мм, равна полуразности диаметров отверстия до и после обработки (рис. 6.4), т.е.

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

Подача при зенкеровании или развертывании выражается в миллиметрах за один оборот инструмента (мм/об). Если обозначить подачу зенкера или развертки через s , а число зубьев через z , то подача на один зуб, мм/зуб (режущую кромку)

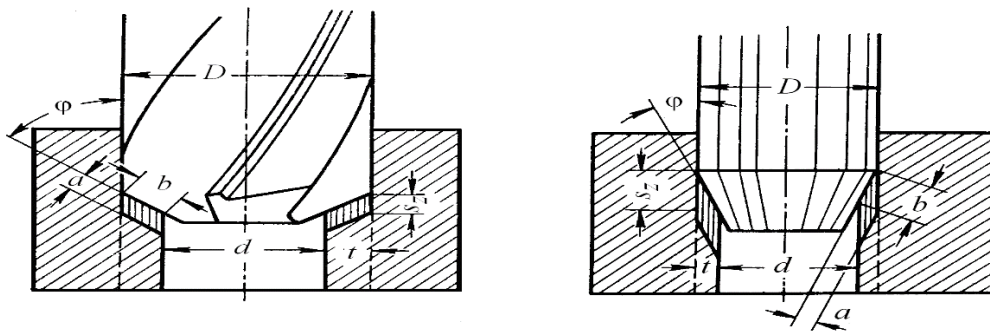
$$s_z = \frac{s}{z}.$$

Толщина среза, мм, снимаемая каждым зубом зенкера (развертки),

$$a = s_z \sin \phi = \frac{s \sin \phi}{z}.$$

Ширина среза, мм,

$$b = \frac{t}{\sin \phi} = \frac{D - d}{2 \sin \phi}.$$



а) б)

Рис. 6.4. Схема работы зенкера (а) и развертки (б)

Площадь поперечного сечения среза, мм², приходящаяся на одну режущую кромку зенкера (развертки),

$$f_z = s_z t = \frac{s(D - d)}{2z}.$$

Общая площадь поперечного сечения среза, мм²,

$$f = f_z z = \frac{s(D - d)}{2}.$$

Скорость резания, м/мин, при зенкеровании (развертывании) определяется по той же формуле, что и при сверлении, т.е.

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

где D – диаметр зенкера (развертки), мм; n – число оборотов в мин.

Основное машинное время, мин, при зенкеровании (развертывании) определяется по формуле

$$T_0 = \frac{L}{sn} = \frac{l + y + l_1}{sn},$$

где L – полная длина пути, проходимая зенкером (разверткой) в направлении движения подачи, мм; l – глубина зенкерования (развертывания), мм; y – путь врезания, мм, определяемый по формуле

$$y = t \tan \phi,$$

здесь φ – главный угол в плане; l_1 – перебег инструмента, равный 1...3 мм.

Силы резания. Равнодействующую сил сопротивления резанию при зенкеровании (развертывании) можно разложить так же, как и при сверлении, на составляющие силы P_z , P_y и P_x , действующие в трех направлениях.

Касательные силы, действующие в плоскости вращения зенкера (развертки), создают момент сопротивления резанию M , преодолеваемый механизмом главного движения станка. Силы, действующие вдоль оси, преодолеваются приложением в механизме подачи соответствующей осевой силы P_0 . Силы P_y , противоположные по направлению, взаимно уравниваются.

Момент, Н·м, и силу подачи, Н, при зенкеровании (развертывании) можно определить по формулам

$$M = C_M D^{x_M} s^{y_M} t^{u_P} ;$$
$$P_0 = C_P D^{x_P} s^{y_P} t^{u_P} ,$$

где C_M и C_P – коэффициенты, характеризующие обрабатываемый материал и условия резания; D – диаметр зенкера (развертки), мм; s – подача, мм/об; t – глубина резания (припуск на обработку), мм; x_M , y_M , u_M , x_P , y_P и u_P – показатели степеней.

Значения коэффициентов и показателей степеней приведены в соответствующих справочниках[9], [10].

При зенкеровании стальных заготовок, имеющих $\sigma_B = 750$ Н/мм², зенкером, оснащенным пластинками из сплава Т15К6, $C_M = 943$; $x_M = 0,75$; $y_M = 0,95$; $u_M = 0,8$.

Эффективную мощность, кВт, затрачиваемую на зенкерование (развертывание), определяют по формуле

$$N_э = \frac{M_n}{9750} .$$

Износ зенкеров. Зенкеры обычно изнашиваются по задней поверхности, по передней поверхности (с образованием небольшой лунки), по уголкам и по ленточке (рис. 6.5). За критерий затупления зенкеров из быстрорежущей стали принимают:

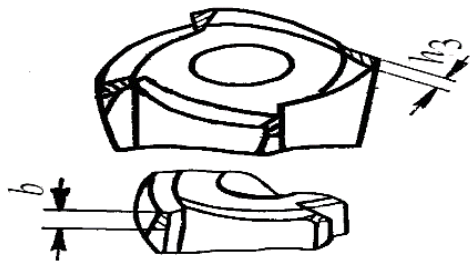
а) при обработке конструкционных углеродистых и легированных сталей с охлаждением – износ по задней поверхности $h_3 = 1,2...1,5$ мм;

б) при обработке жаропрочной стали Х18Н9Т с охлаждением – износ по задней поверхности $h_3 = 0,4$ мм;

в) для зенкеров, оснащенных пластинками из твердого сплава, за критерий затупления принимают износ по задней поверхности у ленточки; величина допустимого износа приведена в промышленных нормативах.

Например, при обработке хромокремнемарганцовистой стали, имеющей $\sigma_B = 1150...1700$ МПа с охлаждением, допустимый износ $h_3 = 0,6$ мм.

а)



б)

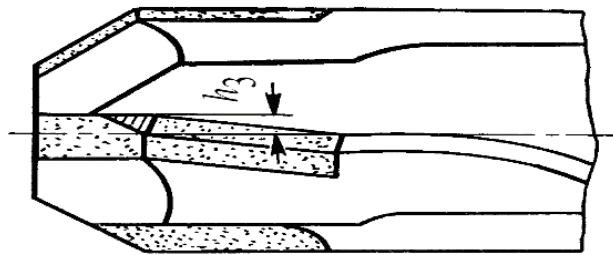


Рис. 6.5. Износ зенкоров: а) быстрорежущего; б) оснащенного пластинками из твердых сплавов

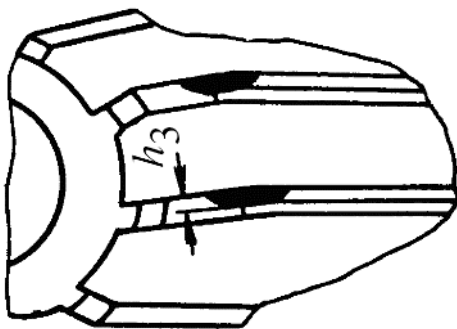


Рис. 6.6. Износ зубьев развертки

Износ разверток. Развертки, срезающие очень тонкие слои металла, изнашиваются в основном по задней поверхности и углу в месте перехода режущей части в цилиндрическую (калибрующую) часть (рис. 6.6). При этом вследствие изменения размеров развертки увеличивается шероховатость обработанной поверхности и уменьшается точность размеров отверстия. Поэтому за критерий затупления развертки принимают такую величину износа, при которой обработанное разверткой отверстие перестает удовлетворять техническим условиям, т.е. выходит за пределы допуска и перестает удовлетворять требованиям шероховатости. Это так называемый *технологический критерий* износа инструмента.

Максимально допустимыми величинами износа разверток из быстрорежущей стали являются $h_3 = 0,6 \dots 0,8$ мм при обработке углеродистых и легированных машиноподелочных сталей с охлаждением и $h_3 = 0,25 \dots 0,3$ мм при обработке жаропрочной стали Х18Н10Т с охлаждением.

За критерий затупления твердосплавных разверток принимают:

а) при обработке незакаленных машиноподелочных сталей износ по задней поверхности $h_3 = 0,4 \dots 0,7$ мм;

б) при обработке закаленной стали с $\sigma_B = 1800 \text{ Н/мм}^2$ $h_3 = 0,4 \dots 0,35$ мм.

Скорость резания при зенкеровании и развертывании зависит от обрабатываемого материала и материала инструмента, диаметра инструмента D , периода стойкости T , глубины резания t , подачи s и других факторов.

Скорость резания, м/мин, допускаемая режущими свойствами зенкоров и разверток, определяется по формуле

$$V = \frac{C_V D^{x_V}}{T^m s^{y_V} t^{u_V}}$$

Значения коэффициентов, показателей степеней и рекомендуемой стойкости приводятся в справочниках по режимам резания[9], [10].

Содержание отчета по работе

Отчет о выполненной практической работе должен содержать:

1. Название и цель работы.
2. Основные теоретические понятия.
3. Сделать эскизы зенкера и развертки.
4. Описать элементы конструкции зенкера и развертки.
5. Ответы на тест, предложенный преподавателем.
6. Ответы на контрольные вопросы.

Примерный тест

Вопрос 1

Сколько режущих кромок имеет зенкер?

Вопрос 2

Сколько режущих кромок имеет развертка?

Вопрос 3

Укажите правильный ответ: рабочая часть сверла =?

Варианты ответов

- = режущая часть + калибрующая часть
- = калибрующая часть + хвостовик
- = режущая часть + шейка

Вопрос 4

Укажите правильный ответ: рабочая часть зенкера =?

Варианты ответов

- = режущая часть + калибрующая часть
- = режущая часть + хвостовик
- = режущая часть + рабочая часть

Вопрос 5

Для чего предназначен хвостовик сверла и зенкера?

Варианты ответов

- Для передачи крутящего момента от инструмента к шпинделю станка
- Для передачи крутящего момента от шпинделя станка к инструменту
- Для передачи крутящего момента от шпинделя станка к заготовке

Вопрос 6

Для чего предназначена винтовая канавка зенкера?

Варианты ответов

- Для выхода стружки
- Для выполнения основной работы резания
- Для направления инструмента в отверстие

Вопрос 7

Укажите один или несколько правильных вариантов ответов: классификация зенкеров по конструкции.

Варианты ответов

- Цельные
- Сборные
- Регулируемые по диаметру
- Все варианты ответов верны

Вопрос 8

Какая часть инструмента выполняет основную работу резания при зенкеровании?

Варианты ответов

- Режущая часть
- Калибрующая часть
- Хвостовик
- Винтовая канавка
- Вершина инструмента

Вопрос 9

Какая часть инструмента зачищает отверстие зенкерования и развертывания?

Варианты ответов

- Калибрующая часть
- Режущая часть
- Рабочая часть
- Хвостовик

Контрольные вопросы

1. Назначение зенкерования и развертывания.
2. Особенности процессов зенкерования и развертывания.
3. Опишите конструкцию осевых инструментов зенкера и развертки.
4. Для чего служит цилиндрическая часть развертки?
5. Опишите элементы срезаемого слоя при зенкеровании и развертывании.
6. Опишите элементы режимов резания при зенкеровании и развертывании.
7. Опишите процесс износа осевых инструментов.
8. Опишите особенности геометрии разверток для обработки вязких и хрупких материалов.

Практическая работа № 7

Расчет и табличное определение режимов резания при сверлении, зенкеровании и развертывании

Цель работы – научиться выбирать и назначать по справочным данным параметры режима резания при сверлении, зенкеровании и развертывании, а также выбирать коэффициенты и показатели степеней для расчета мощности резания по эмпирическим формулам.

Формируемые результаты освоения учебной дисциплины:

ОК 1. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.

ОК 2. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 3. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.

ОК 9. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

У.1. использовать теоретические знания при разработке технологических процессов изготовления деталей машин;

У.2. правильно выбирать режущие инструменты для механической обработки заготовки;

У.3. проектировать режимы резания для механической обработки заготовки;

У.4. использовать теоретические знания к процессам резания и быстро решать поставленные задачи в профессиональной деятельности.

Теоретические сведения

Отверстия на сверлильных станках обрабатывают сверлами, зенкерами и развертками. Все эти инструменты — осевые.

При обработке осевыми инструментами возможны следующие кинематические схемы:

■ главное движение и движение подачи передают инструменту. Такую схему реализуют на сверлильных, координатно-расточных, агрегатно-сверлильных и агрегатно-расточных станках (рис. 7.1);

■ главное движение передают заготовке, а движение подачи — заготовке или инструменту. Используют на токарных, токарно-револьверных станках и токарных автоматах.

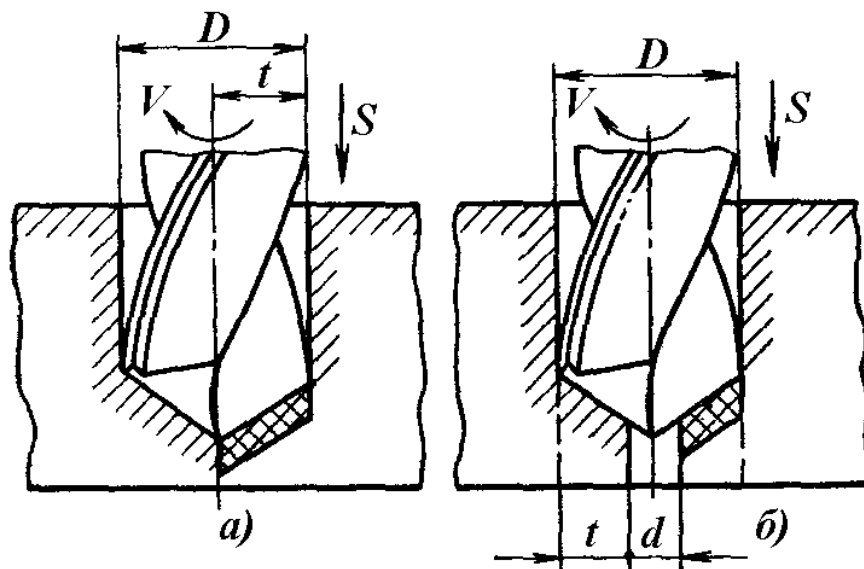


Рис. 7.1. Схемы резания при сверлении и рассверливании

Скорость резания на периферии инструмента

$$v = \frac{\pi D n}{1000} \text{ м/минилин } v = \frac{\pi D n}{1000 \times 60} \text{ м/с } ,$$

где D — диаметр обработанной поверхности, мм; n — частота вращения инструмента, об/мин.

Подача S — величина перемещения инструмента вдоль оси за один оборот. Подача S_z , приходящаяся на один зуб инструмента

$$S_z = \frac{S}{z} \text{ мм/зуб,}$$

где z — число зубьев инструмента.

При сверлении под глубиной резания t подразумевают расстояние от обработанной поверхности до оси сверла

$$t = \frac{D}{2}, \text{ мм,}$$

а при рассверливании, зенкерования и развертывании — расстояние от обработанной до обрабатываемой поверхности:

$$t = \frac{D-d}{2}, \text{ мм.}$$

При сверлении осевую силу P_0 (силу подачи, Н), подсчитывают по формуле:

$$P_0 = C_p D^{z_p} S^{y_p} k_p, \text{ Н.}$$

Крутящий момент $M_{кр}$ резания при сверлении:

$$M_{кр} = C_m D^{z_m} S^{y_m} k_m, \text{ Нм}$$

При рассверливании, зенкерования и развертывании на инструмент действует осевая сила (обычно незначительной величины) и крутящий момент $M_{кр}$ резания

$$M_{кр} = C_m D^{z_m} t^{x_m} S^{y_m} k_m, \text{ Нм.}$$

Мощность резания: $N = \frac{M_{кр} n}{9750}, \text{ кВт,}$

где $M_{кр}$ — крутящий момент резания, Нм;

n — частота вращения инструмента, об/мин.

Проверка достаточности мощности электродвигателя станка проводится по формуле: $N_{рез} < N_{шпинд}$

$$N_{шпинд} = N_{ст} \cdot \eta.$$

Если при расчетах получается, что мощность резания больше мощности на шпинделе станка, то необходимо либо уменьшить скорость резания, либо снижать значения величин глубины резания или подачи.

Рациональная эксплуатация осевых инструментов. Осевое биение режущих кромок в наружной точке сверла имеет исключительно важное значение для эксплуатации сверл. Сверла с осевым биением, равным или превышающим половину оптимальной подачи срезают стружку только одной режущей кромкой. Подобные случаи встречаются довольно часто. Износ таких сверл чрезмерно большой. При этом особенно интенсивно изнашивается неработающая режущая кромка, так как под действием возникшей радиальной силы со стороны работающей кромки значительно возрастает трение сверла о дно и стенки отверстия. Как показали наблюдения и опыты, такие сверла помимо пониженной стойкости увеличивают диаметр отверстия значительно больше, чем сверла симметрично заточенные.

Основными средствами предотвращения поломок являются правильная заточка сверла, обоснованный выбор режима резания, правильная эксплуатация сверл, надежное их закрепление, своевременная переточка сверл, своевременное регулирование шпинделя с целью ликвидации биения сверла. Все

это снижает количество поломок сверл, повышает производительность труда и качество обработки отверстий.

Процесс зенкерования проходит в строгом соответствии с технологией.

Несоответствие процесса установленной технологии часто выступает причиной брака. При большом износе инструмента получившееся отверстие будет меньше, чем по проекту. Когда мастер завысил подачу, или на зубья зенкера налипли отходы, чистота обработки может не удовлетворять качеству. Другие дефекты: часть поверхности не обработана, полученный диаметр больше требуемого, являются следствием неправильного выбора зенкера или его неправильной установки.

По той причине, что развёртка срезает при обработке меньше металла, она не используется для исправления направления отверстия, подобное просто не рационально. Следовательно, перед чистовой операцией развёртывания должна идти более грубая обработка, зенкерование или растачивание. Исключение составляют отверстия до 10 мм диаметром, расточка которых сложна, а зенкеров подходящих габаритов попросту нет, тогда развёртка идёт сразу после сверления и выполняется особо аккуратно.

Чтобы достичь высоких показателей качества нужно обеспечить чёткую соосность обрабатываемого отверстия и инструмента. Выполнение сразу после зенкерования на том же станке помогает избежать погрешностей при переустановке заготовки в патроне.

Для достижения более высокой точности необходим более точный метод предшествующей обработки. Таким методом может служить само развёртывание после зенкерования или растачивания резцом. По отношению к последующему более точному (чистовому) развёртыванию оно будет черновым. Чистовым развёртыванием возможно получать отверстия с точностью до 7 квалитета при шероховатости до Ra 0,63.

Как процесс более тонкий, чем зенкерование, развёртывание более чувствительно не только к колебаниям величины припуска, но и к другим факторам, влияющим на точность обработки. В частности, помимо высокой точности и тщательной заточки самой развертки, обязательным условием для получения высокой точности отверстия является строгое совпадение оси развертки с осью отверстия, подлежащего развёртыванию.

Несовпадение осей приводит к разбиванию отверстия, поэтому развертку связывают со станком не жестко, а с помощью державки (*качающейся или плавающей*), позволяющей развертке самоустанавливаться по отверстию. Таким образом, развёртывание принадлежит к процессам, позволяющим улучшать только точность диаметра и чистоту обработки, положение оси отверстия остается практически прежним.

Применение смазочно-охлаждающих технологических средств при обработке отверстий. Сверление на станке невозможно без использования специальных смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ). Применение правильных СОЖ отвечает за решение ряда задач:

- улучшает чистоту обработки заготовки;
- повышает производительность станка;
- охлаждает инструмент, который сильно нагревается при металлообработке.

Сильный разогрев при сверлении — это серьезная проблема. В месте контакта инструмента и заготовки температура достигает сотен градусов

Цельсия. При сильном разогреве материалы начинают гореть или плавиться. Это касается как сверл, так и обрабатываемых металлов:

- Сталь, из которой изготовлен инструмент, при сильном разогреве теряет твердость. В результате режущие кромки быстро изнашиваются. Это приводит к значительному повышению силы трения. Из-за этого эффективность обработки уменьшается, а сверла быстро выходят из строя. Применять СОЖ необходимо даже при использовании твердосплавных сверл.
- Сильный разогрев, если деталь начнет плавиться, повлияет на качество и геометрию отверстия. Это во многих случаях недопустимо.
- Еще один побочный эффект от сверления металла без смазки — быстрый износ двигателей сверлильных станков. К нему приводят постоянные перегрузки. Итог — дорогостоящий ремонт.

Назначение режимов резания на станках с ЧПУ. Эффективность эксплуатации станков с ЧПУ во многом определяется их правильным технологическим использованием – рациональным построением технологического процесса и, в частности, выбором режимов резания, обеспечивающих увеличение надежности и производительности обработки.

В станках с ЧПУ режущие инструменты работают с различным направлением рабочей подачи и различными глубиной резания и подачей при обработке совокупности деталей, что сказывается на скорости нарастания износа, и тем самым на времени работы до допустимого износа.

В связи с высокой стоимостью станков с ЧПУ, использованием инструментов с предварительной настройкой на размер и быстросменной оснасткой периоды стойкости инструментов выбирают более низкими, чем это рекомендуется справочной литературой, а режимы обработки – выше.

Назначение центрирования. Перед сверлением отверстия определяют положение его центра на заготовке. На пересечении линий, проведенных чертилкой, керном пробивают положение центра отверстия.

Центр отверстия накернивают кернером с углом заострения, примерно равным углу при вершине сверла. Обрабатываемую заготовку закрепляют так, чтобы центр отверстия и вершина сверла совпадали.

Вначале при небольшой ручной подаче просверливают отверстие на глубину, равную примерно $1/4$ диаметра сверла, и затем осматривают полученную окружность. Если полученная окружность не сместилась относительно центра разметки, то сверление продолжают. Если же центр сверления сместился, то слесарным канавочником с полукруглым лезвием прорубают канавку от центра сверления в сторону, куда нужно сместить центр сверла. После этого вновь накернивают в прорубленной канавке смещенный центр отверстия и начинают сверление.

Уменьшение величины подачи на входе и выходе инструмента из отверстия. Уменьшение величины подачи на входе инструмента обусловлено тем, что инструмент должен коснуться поверхности заготовки с небольшой нагрузкой, иначе могут быть повреждены режущие кромки. Уменьшение величины подачи при выходе сверла из отверстия обусловлено тем, что вследствие наличия упругих деформаций в шпинделе, механизме подачи станка, в сверле, а также наличии мертвого хода шпинделя, фактическая подача может увеличиваться, что приведет к заеданию сверла и выкрашиванию режущих кромок.

Содержание отчета по работе

Отчет о выполненной практической работе должен содержать:

1. Название и цель работы.
2. Конспект теоретической части.
3. Рассчитать режимы резания по заданному варианту (табл.7.2) и заполнить таблицу 7.1.
4. Ответы на контрольные вопросы.

Табл. 7.1.

№ вар	t, мм	S, мм	v, м/мин	T, мин	M _{кр} , Нм	P _о , Н	N, кВт

Табл.7.2.Задания для выполнения расчета режимов резания приведены в таблице

№ вар	D, мм	d, мм	l, мм	Материал заготовки	Инстр. материал	Жесткость СПИД	Наименование операции
1	6Н12	-	15	Сталь 20, σв=500 МПа	P6M5	жесткая	Сверление
2	28Н9	27,8	30	Серый чугун СЧ 20, HB160	BK8	средняя жесткость	Развертывание
3	28Н11	26	30	Серый чугун СЧ 20, HB210	P6M5	средняя жесткость	Зенкерование
4	8Н12	-	25	Сталь 38ХА, σв=680 МПа	P6M5	жесткая	Сверление
5	30Н11	28,4	40	Сталь 35, σв=560 МПа	T15K6	жесткая	Зенкерование
6	20Н9	19,6	60	Серый чугун СЧ 15, HB170	BK8	средняя жесткость	Развертывание
7	29,8Н11	28	35	Серый чугун СЧ 10, HB160	BK8	жесткая	Зенкерование
8	10Н12	-	18	Сталь 40ХН, σв=700 МПа	P6M5	жесткая	Сверление
9	33,8Н11	31	60	Сталь Ст3, σв=600 МПа	T15K6	средняя жесткость	Зенкерование
10	4Н12	-	50	Сталь 40Х, σв=750 МПа	P6M5	средняя жесткость	Сверление
11	30Н9	29,8	35	Сталь Ст5,	T15K6	средняя	Развертывание

				$\sigma_B=600$ МПа		жесткость	
12	46Н11	43,6	30	Серый чугун СЧ 20, HB180	P6M5	жесткая	Зенкерование
13	42Н9	41,8	60	Серый чугун СЧ 20, HB200	P6M5	жесткая	Развертывание
14	46Н9	45,7	70	Сталь 20Х, $\sigma_B=580$ МПа	P6M5	жесткая	Зенкерование
15	8Н12	-	40	Сталь 50, $\sigma_B=750$ МПа	P6M5	средняя жесткость	Сверление
16	20,8Н11	19	70	Серый чугун СЧ 30, HB220	BK8	жесткая	Зенкерование
17	35Н9	34,8	55	Серый чугун СЧ 20, HB220	BK8	жесткая	Развертывание
18	27Н11	25	45	Сталь 30ХН3А, $\sigma_B=800$ МПа	T15K6	средняя жесткость	Зенкерование
19	7Н12	-	55	Сталь 30ХМ, $\sigma_B=780$ МПа	P6M5	жесткая	Сверление
20	48Н9	47,8	60	Сталь 45, $\sigma_B=650$ МПа	T15K6	средняя жесткость	Развертывание

Контрольные вопросы

1. Проверка по мощности станка в процессе работы с осевыми инструментами.
2. В чем заключается рациональная эксплуатация осевых инструментов?
3. Что такое «плавающая» развертка? Для чего она применяется?
4. Применение смазочно-охлаждающих технологических средств при обработке отверстий.
5. Назначение режимов резания на станках с ЧПУ.
6. Назначение центрирования осевых инструментов.
7. Уменьшение величины подачи на входе и выходе инструмента из отверстия.
8. Для чего увеличивают жесткость укороченных сверл?

Практическая работа №8

Конструкции сверл, зенкеров, разверток.

Высокопроизводительные инструменты для обработки отверстий

Цель работы – научиться правильно выбирать режущие инструменты для механической обработки заготовки, проектировать режимы резания для механической обработки заготовки.

Формируемые результаты освоения учебной дисциплины:

ОК 1. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.

ОК 2. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 3. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.

ОК 9. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

У.1. использовать теоретические знания при разработке технологических процессов изготовления деталей машин;

У.2. правильно выбирать режущие инструменты для механической обработки заготовки;

У.3. проектировать режимы резания для механической обработки заготовки;

У.4. использовать теоретические знания к процессам резания и быстро решать поставленные задачи в профессиональной деятельности.

Теоретические сведения

Заточка сверл

Признаки, что сверло затупилось. Перед тем как точить сверла, необходимо удостовериться, что они на самом деле затупились. Какие признаки это показывают:

- режущий инструмент сильно нагревается;
- металлическая стружка, вылетающая из-под кромки, имеет мелкую фракцию;
- повышается шум проводимых операций.

Особенно отметим последний признак, потому что повышается сила трения между затупившейся кромкой сверла и плоскостью заготовки. Поэтому, как только произошло повышения шумности при сверлении, надо работу тут же прекратить. Если работу не прекращать, то режущий инструмент сильно перегреется, изменится структура металла, что приведёт к утрате инструмента окончательно, после чего затачивать его не имеет смысла.

Правила заточки свёрл. Для проведения этого процесса потребуется или специальное оборудование, или специальные приспособления в виде насадок к дрелям или перфораторам. К первой группе относится заточной станок, на который насажен точильный камень.

Технология заточки зависит от типа сверла. Оно может быть коническим, винтовым, цилиндрически или одно- или двухплоскостным. Но необходимо понимать, что затачивать надо в любом случае только задние грани инструмента. При этом каждая грань должна быть одинаково заточена.

Есть некоторые отличия заточки свёрл разного типа. К примеру, одноплоскостное сверло отличается от других тем, что у него задняя стенка пера

имеет всего одну плоскость. А угол наклона этой плоскости варьируется в диапазоне 28-30°. Именно эту плоскость и надо заточить. Здесь важно сверло подносить к вращающемуся точильному камню параллельно этой задней плоскости. При этом инструмент вращать нельзя, даже небольшое отклонение приведёт к неправильно проведённой операции.

Точно также затачиваются и двухплоскостные сверла. Только точить придётся две плоскости по отдельности. Здесь те же требования.

Что касается конических моделей, то главная задача – не нарушить конусность конструкции затачиваемой кромки. Поэтому инструмент подносят к вращающемуся точильному камню, прижимают сверло и делают им колебательные движения по конусу. Здесь важно не отрывать оснастку от камня. То есть процесс проводится в одно касание. И ещё одно условие – строго придерживаться формы кромки.

Что касается свёрл большого диаметра, то кроме заточки кромок по плоскостям с точным выдерживанием угла, необходимо проточить переднюю плоскость, тем самым улучшив конструкцию. Такие сверла более эффективны при сверлении.

Заточка и переточка зенкеров и разверток

Заточка по передней поверхности. Передняя поверхность зуба двузубого зенкера (рис. 8.1) или передняя поверхность развертки затачивается кругом тарельчатой формы. Для инструментов с прямыми зубьями используется торец круга (рис. 8.2, а), а винтовые зубья обрабатываются конической поверхностью круга. Радиальная установка рабочей поверхности круга обеспечивается специальным шаблоном (рис. 8.2, б).

Если передняя поверхность имеет отклонение от радиальности, т.е. передний угол на калибрующей части не равен нулю, например, при наличии отрицательной фаски (рис. 8.2, в), то необходимо сместить круг от радиального положения.

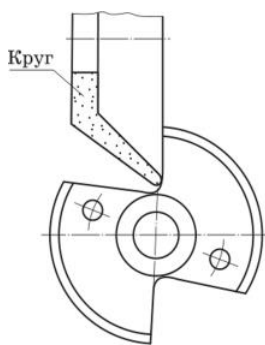


Рис. 8.1. Схема заточки передней поверхности двузубого зенкера

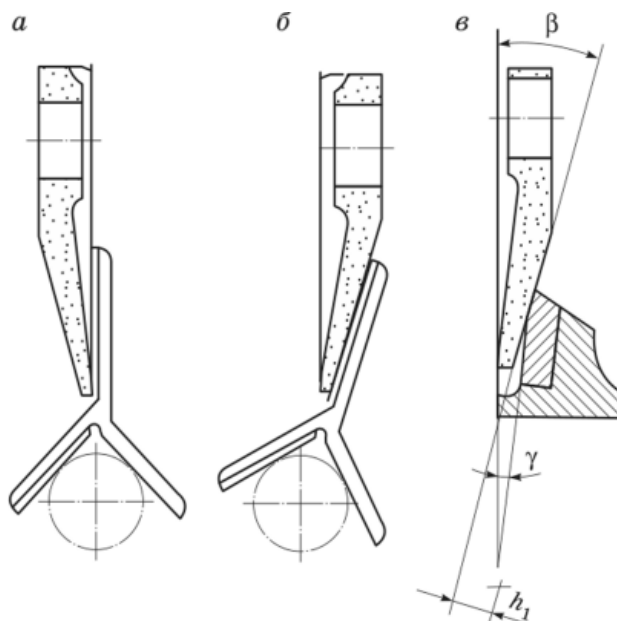


Рис. 8.2. Установка шлифовального круга при заточке передней поверхности развертки

Заточку передних поверхностей зенкеров и разверток выполняют в центрах без делительных приспособлений, прижимая вручную зуб инструмента к упорке.

При заточке прямозубого инструмента упорку используют только для деления, закрепляя ее на столе станка. В процессе заточки она перемещается вместе с инструментом. Затачиваемый зуб прижимают к упорке вручную.

При заточке инструмента с винтовыми зубьями упорка служит как для деления, так и для придания инструменту винтового движения. Упорку закрепляют на заточной головке, и в процессе заточки инструмент перемещается относительно нее.

Заточка по задней поверхности. Задние поверхности зенкера затачивают торцом круга, имеющего форму конической чашки (рис. 8.3).

При заточке задних поверхностей развертки торцом круга (рис. 8.4, а) вершину зуба с помощью упорки устанавливают ниже горизонтальной осевой плоскости затачиваемой развертки. При заточке периферией круга (рис. 8.4, б) упорку располагают в горизонтальной осевой плоскости затачиваемого инструмента, а ось шлифовального круга смещают вверх.

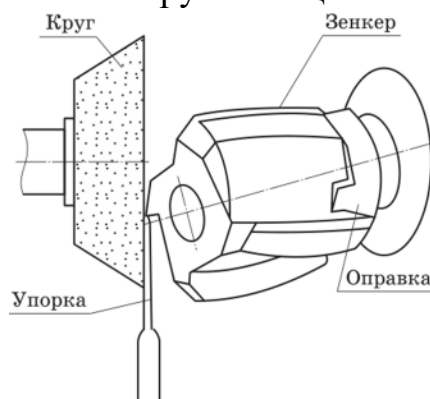


Рис. 8.3. Схема заточки задней поверхности зенкера

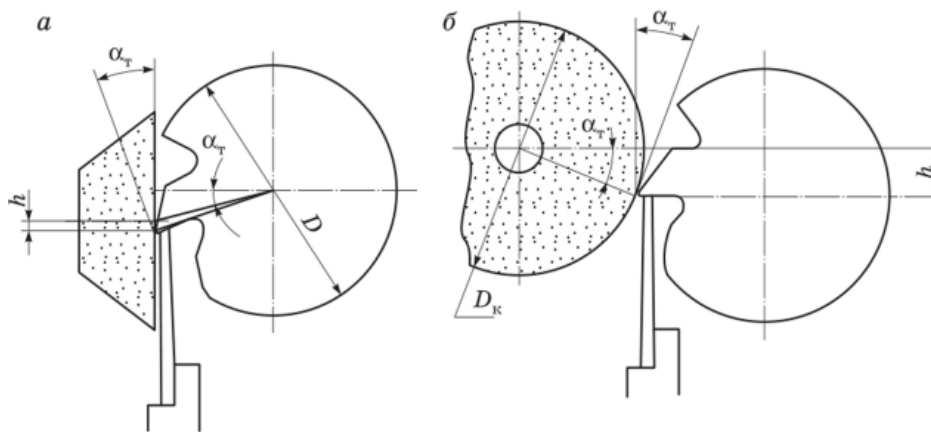


Рис.8.4. Схемы заточки задних поверхностей разверток торцом (а) и периферией (б) круга

Развертка является чистовым инструментом, и к качеству ее заточки предъявляются очень высокие требования. Рабочие поверхности зубьев развертки должны иметь шероховатость не ниже $Ra\ 0,63...0,32\ \mu\text{м}$, поэтому после заточки развертка подвергается *доводке*. Припуск под доводку обычно составляет $0,005...0,008\ \text{мм}$. Станок подобен заточному станку, а схема доводки аналогична схеме заточки. Развертка устанавливается в центрах, опирается передней поверхностью на упор; доводочный круг, обычно мелкозернистый из эльбора, устанавливается на шпинделе станка.

Переточка режущей части зенкера или развертки производится в большинстве случаев по задней поверхности. Передняя поверхность подвергается переточке только в случае ее износа или повреждения.

Контроль качества заточки зенкеров и разверток. После заточки осуществляют контроль геометрических параметров режущих частей зенкеров и разверток. Радиальное биение режущих кромок не должно превышать $0,01\ \text{мм}$ для разверток и $0,02\ \text{мм}$ для зенкеров, оно контролируется в центрах с помощью индикатора. Передний и задний углы режущей части не должны отличаться от номинальных значений более чем на $\pm 1^\circ$. Контроль осуществляют с помощью угломеров, индикаторных устройств, инструментального микроскопа, шаблонов или других измерительных средств (рис. 8.5).

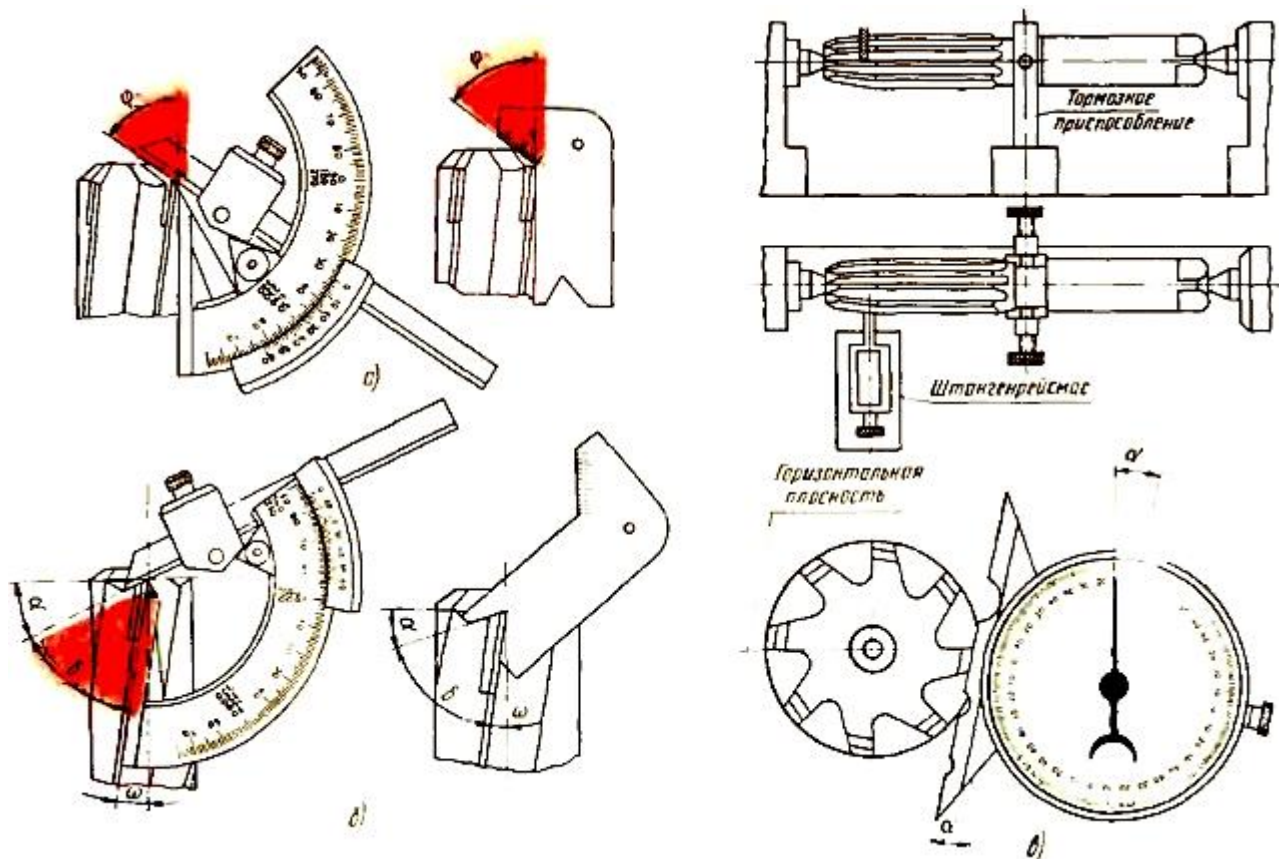


Рис. 8.5. Контроль геометрических параметров зенкеров и разверток; а — главного угла в плане φ универсальным угломером и шаблоном, б — заднего угла α универсальным угломером и шаблоном, в — заднего угла маятниковым угломером

Длина режущей и переходной частей имеет допускаемое отклонение $\pm 0,2$ мм и контролируется штангенциркулем или шаблоном. Шероховатость поверхности контролируется по эталонам или непосредственным измерением на приборе МИС-11. Визуально контролируют отсутствие трещин, выкрошенных мест, заусенцев, следов коррозии, черновин и цветов побежалости. В случае необходимости контролируют наличие остаточного аустенита на соответствующих установках, отсутствие трещин — люминесцентными или другими методами.

Содержание отчета по работе

Отчет о выполненной практической работе должен содержать:

1. Название и цель работы.
2. Составить конспект на тему «Назначение осевых инструментов и их классификация», используя ГОСТ 25751-83.
3. Решение задач 1-6 (Пр. 8.1).
4. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Назначение осевых инструментов и их классификация.
2. Заточка сверл и контроль заточки сверла.
3. Заточка зенкеров разверток и контроль их заточки.

Приложение 8.1.

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. На вертикально – сверлильном станке 2Н125 сверлят сквозное отверстие $\varnothing 20$ мм на глубину $L = 65$ мм. Материал заготовки – сталь 40Х, $\sigma_v = 700$ МПа. Прокат горячекатаный. Охлаждение эмульсией. Шероховатость $R_z = 40$ мкм. Сверло Р6М5 с двойной подточкой поперечной кромки.

1. Определить подачу.
2. Проверить принятую подачу по осевой составляющей силы резания P_o (По эмпирической формуле).

Задача 2. На вертикально – сверлильном станке 2Н125 сверлят сквозное отверстие $\varnothing 30$ мм на глубину $L = 45$ мм. Материал заготовки – сталь 40Х, $\sigma_v = 700$ МПа. Прокат горячекатаный. Охлаждение эмульсией. Шероховатость $R_z = 40$ мкм.

1. Выбрать материал режущей части сверла.
2. Выбрать конструкцию и геометрические параметры сверла.

Задача 3. На вертикально – сверлильном станке 2Н125 сверлят сквозное отверстие $\varnothing 10$ мм на глубину $L = 40$ мм. Материал заготовки – чугун серый, НВ 200. Заготовка - отливка. Охлаждение эмульсией. Шероховатость $R_z = 80$ мкм. Определить:

1. тип сверла,
2. материал режущей части сверла,
3. его конструкцию и геометрические параметры.

Задача 4.

1. Определить основное время при растачивании на проход заготовки диаметром $D = 71$ мм, до диаметра $D = 72$ мм на длине $l = 50$ мм., частота вращения шпинделя $n = 1250$; подача резца $S_o = 0,21$ мм/об.
2. Определить возможность резания. Растачивание производится за один рабочий ход. Резец расточной с главным углом в плане $\phi = 45^\circ$. Станок 16К20. Материал заготовки: бронза НВ 180

Задача 5. На вертикально – сверлильном станке 2Н125 сверлят сквозное отверстие $\varnothing 12$ мм на глубину $L = 45$ мм. Материал заготовки – сталь 50, $\sigma_v = 680$ МПа, прокат. Заготовка - прокат. Охлаждение эмульсией. Шероховатость $R_z = 40$ мкм. Сверло Р6М5 с одинарной заточкой. Подача $S_o = 0,28$ мм/об.

1. Определить конструкцию и геометрические параметры сверла,
2. материал его режущей части,
3. форму заточки.

Задача 6. На вертикально – сверлильном станке 2Н125 сверлят сквозное отверстие $\varnothing 15$ мм на глубину $L = 45$ мм. Материал заготовки – чугун серый, 160 НВ. Заготовка - отливка. Охлаждение эмульсией. Шероховатость $R_z = 80$ мкм. Сверло Р6М5 с двойной заточкой и подточкой поперечной кромки. Подача $S_o = 0,61$ мм/об.

1. Определить скорость главного движения резания $V = ?$

Практическая работа № 9

Обработка материалов торцевыми фрезами

Цель работы – ознакомиться с основными геометрическими параметрами фрез, научиться правильно выбирать режущие инструменты для механической

обработки заготовки, проектировать режимы резания для механической обработки заготовки.

Формируемые результаты освоения учебной дисциплины:

ОК 1. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.

ОК 2. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 3. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.

ОК 9. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

У.1. использовать теоретические знания при разработке технологических процессов изготовления деталей машин;

У.2. правильно выбирать режущие инструменты для механической обработки заготовки;

У.3. проектировать режимы резания для механической обработки заготовки;

У.4. использовать теоретические знания к процессам резания и быстро решать поставленные задачи в профессиональной деятельности.

Теоретические сведения

Виды торцевого фрезерования. Основное отличие торцевого фрезерования от цилиндрического заключается в следующем. Ось торцевой фрезы перпендикулярна обрабатываемой поверхности. Торцовые фрезы имеют зубья как на цилиндрической поверхности, так и на торце. Основную работу резания производят режущие кромки, находящиеся на цилиндрической поверхности торцевой фрезы. Режущие кромки, находящиеся на торце, производят зачистку. Это повышает производительность и уменьшает параметры шероховатости.

Торцовое фрезерование может быть *симметричным* (рис. 9.1, а, б), когда ось фрезы расположена симметрично относительно средней линии обработанной поверхности, и *несимметричным* (рис. 9.1, в), когда ось фрезы смещена относительно линии обработанной поверхности.

Симметричное неполное торцовое фрезерование представлено на рис. 9.2.

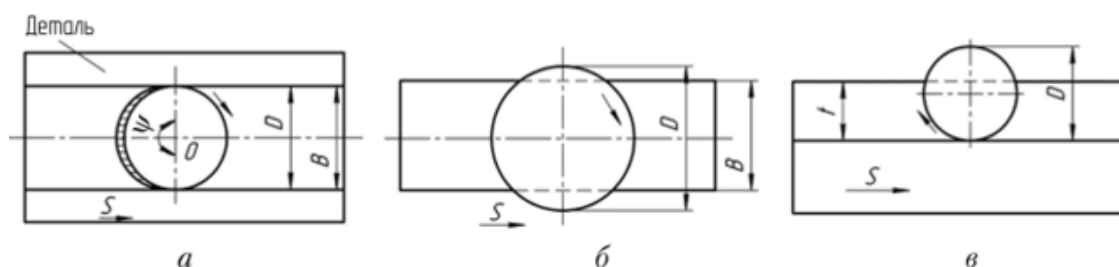


Рис. 9.1. Схемы торцевого фрезерования:

а — симметричного неполного; б — симметричного полного; в — несимметричного

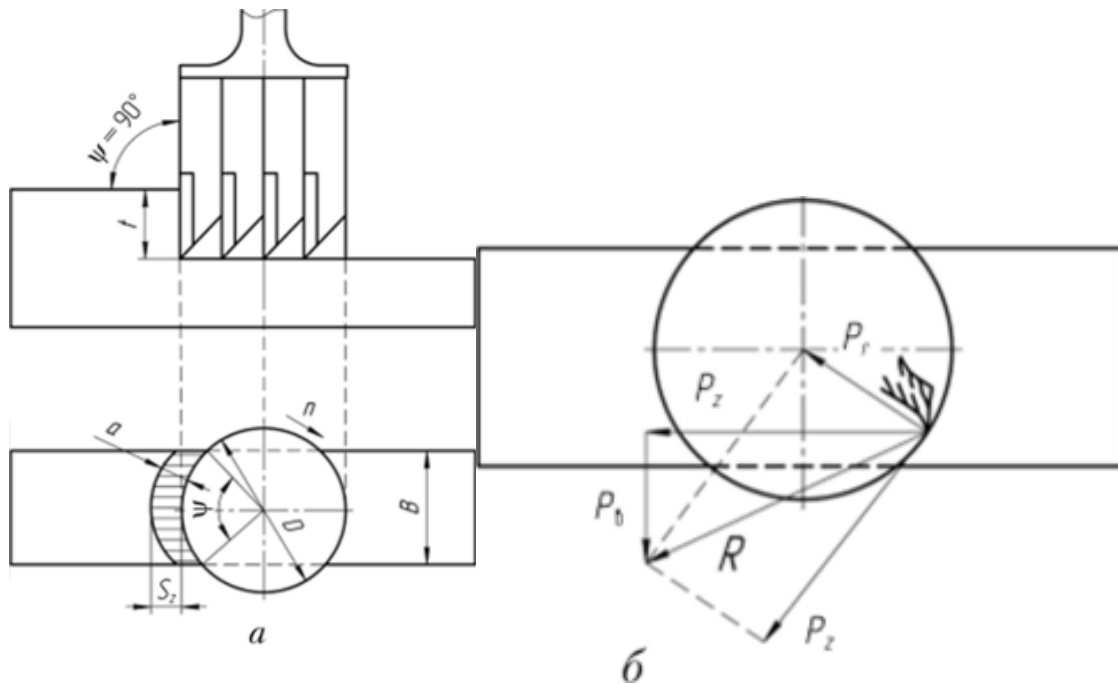


Рис. 9.2. Симметричное неполное торцовое фрезерование:
 а — геометрия срезаемого слоя; б — схема действия сил резания при фрезеровании: P_r — радиальная составляющая; P_z — окружная, тангенциальная, главная составляющая; P_γ — горизонтальная составляющая; P_β — вертикальная составляющая; R — равнодействующая сила резания, действующая на один зуб

Фрезерование концевыми и дисковыми фрезами.

Концевые фрезы (рис.9.3) выбираются для обработки коротких, не глубоких и, главным образом, закрытых пазов и канавок. Хорошим примером является шпоночный паз. Концевыми фрезами возможна обработка следующего типа канавок:

- прямолинейных, изогнутых и расположенных под углом
- с шириной, превышающей диаметр предполагаемой для обработки фрезы.

Обработка паза, также называемая трехсторонним фрезерованием, подразумевает формирование трех поверхностей.

- Пазы, закрытые с обоих концов, требуют применения фрез, способных работать с осевой подачей.
- Обработка паза на полную глубину концевой фрезой непростая операция. Глубина резания в осевом направлении, как правило, должна составлять 70% длины режущей кромки. При выборе метода обработки паза необходимо учитывать характеристики станка по жесткости и условия эвакуации стружки.
- Концевые фрезы чрезвычайно чувствительны к колебаниям усилий резания.

Поэтому риск возникновения отклонений инструмента и вибраций зачастую являются ограничивающими параметрами, особенно при фрезеровании с большими скоростями и с большим вылетом.



Концевые фрезы

применяются для обработки глубоких пазов в корпусных деталях контурных выемок, уступов, взаимно перпендикулярных плоскостей. Такие фрезы, как правило, изготавливаются с винтовыми или наклонными зубьями. Модульные фрезы предназначены для обработки зубьев колес в индивидуальном производстве методом копирования. Различают два типа модульных фасонных фрез: дисковые и пальцевые.

Рис.9.3. Концевые фрезы

Конструкция концевой фрезы включает (рис 9.4):

- режущую часть (рабочая часть с режущими кромками);
- хвостовик (крепление для фиксации в шпинделе станка).

Основные геометрические параметры фрезы:

- общая длина;
- диаметр режущей рабочей части;
- тип, длина и диаметр хвостовика.

Режущая часть концевой фрезы может быть монолитной или оснащенной съемными режущими элементами. Применение съемных конструкций позволяет ускорить процесс обработки металлических заготовок, т.к. нет нужды менять всю деталь в станке.

Режущие зубья и отделяющие их канавки для отвода стружки расположены по спирали на цилиндрической поверхности фрезы. Кромки могут иметь левое или правое направление. Сверху рабочей части размещена либо острая кромка, либо съемные режущие пластины. Монолитные концевые фрезы производят из HSS стали, быстросъемные пластины – из твердых сплавов.

Хвостовики. Фрезы оснащают цилиндрическим или коническим хвостовиком. Согласно ГОСТ 53937-2010, хвостовики концевых фрез могут быть:

- цилиндрические гладкие;
- цилиндрические с резьбой;
- цилиндрические с лысками;
- конический (Конус Морзе);
- конический (конус 7:24);
- конический (полый конус HSK).

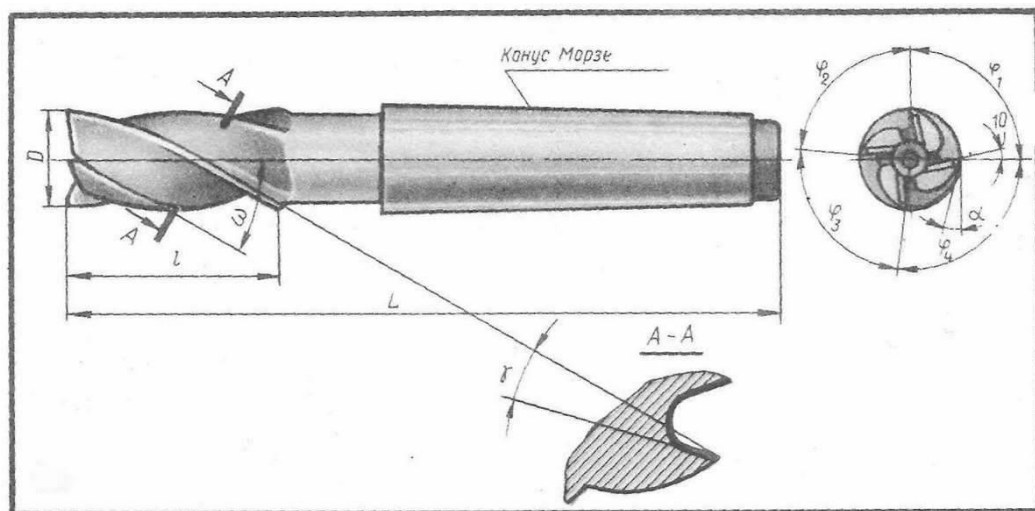


Рис.9.4. Конструкция концевой фрезы с коническим хвостовиком

Особенности. Размеры концевых фрезеров определены ГОСТ. Инструмент из стали HSS с цилиндрическим хвостовиком имеет размеры 3-32 мм, инструмент среднего и большого диаметра с коническим хвостовиком – 14-63 мм, фрезы для фрезерных станков с ЧПУ – 14-50 мм. В редких случаях встречаются удлиненные фрезы до 100 мм.

Чем длиннее рабочая часть фрезы, тем меньше ее жесткость. При длительной работе с инструментом с удлиненной рабочей частью, возможно появление изгиба, что приведет к поломке изделия.

Дисковые фрезы предназначены для обработки узких поверхностей, прорезки пазов, подрезки уступов, отрезки заготовок и т.п. Дисковые фрезы работают в тяжелых условиях несвободного (закрытого с нескольких сторон) резания; процесс фрезерования часто сопровождается вибрациями.

Различают следующие виды дисковых фрез: двухсторонние, трехсторонние, пазовые, прорезные и отрезные (рис. 9.5).

У двухсторонних дисковых фрез (рис. 9.5, а) зубья размещены на цилиндрической и одной торцевой поверхностях, а у трехсторонних (рис. 9.5, б) – на обоих торцах. Соответственно эти фрезы могут обрабатывать две или три взаимно перпендикулярные поверхности в пазах и уступах.

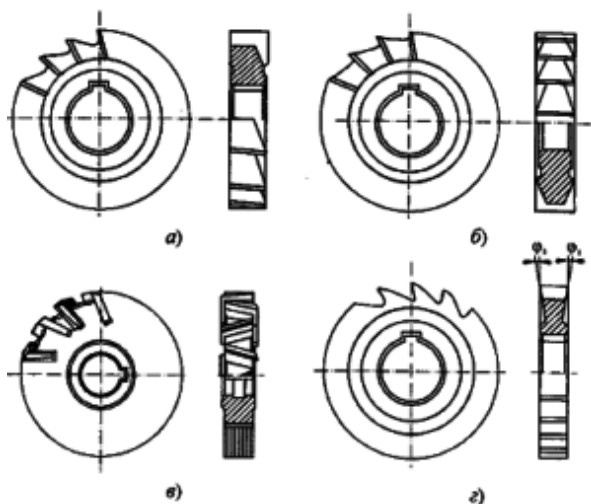


Рис. 9.5. Виды дисковых фрез: а – двухсторонние; б – трехсторонние; в – трехсторонние с разнонаправленными зубьями; г – пазовые; — угол поднутрения

Фрезы изготавливаются с крупными зубьями (для черновой обработки) и мелкими (для чистовой обработки). Первые характеризуются удалением больших объемов металла из глубоких пазов, выемок, поэтому они имеют большой объем стружечных канавок. Зубья у этих фрез при малой ширине режущих кромок или прямые, или наклонные к оси. Наклонные зубья к тому же обеспечивают более равномерное фрезерование, имеют благоприятную геометрию торцовых зубьев и лучшее удаление стружки.

Трехсторонние фрезы изготавливают с разнонаправленными зубьями, что позволяет создать на торцовых режущих кромках положительные передние углы $\gamma > 0$ (рис. 9.5, в). При переточке ширина такой фрезы уменьшается, поэтому используют также сдвоенные фрезы, состоящие из двух половинок, между которыми закладывают мерное кольцо. Геометрические параметры трехсторонней дисковой фрезы с равнонаправленными зубьями показаны на рис. 9.6.

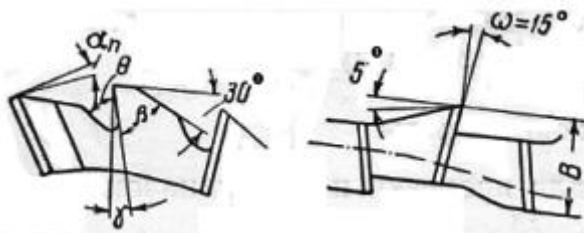


Рис. 9.6. Трехсторонняя дисковая фреза с равнонаправленными зубьями

Пазовые фрезы предназначены для фрезерования пазов точных по ширине. Пазовые фрезы имеют меньшую длину режущих кромок с геометрическими параметрами зубьев $\gamma = 10 \dots 15^\circ$, $\alpha = 20^\circ$. Вспомогательные режущие кромки на торцах получают заточкой с углом в плане $\phi_1 = 1 \dots 2^\circ$. Пазовые фрезы изготавливают диаметром 50...100 мм и шириной 3...16 мм.

Фрезы прорезные и отрезные по форме зуба подобны пазовым и используются для прорезки неглубоких и узких пазов шириной $B = 0,2 \dots 6,0$ мм, а также для разрезки заготовок любого профиля и толщины. Целые фрезы диаметром 20...315 мм изготавливают с мелкими, средними и крупными зубьями, у которых углы $\gamma = 0 \dots 10^\circ$, $\alpha = 20^\circ$, $\phi_1 = 30' \dots 1^\circ$ (рис. 9.7, а).

Сборные фрезы диаметром 250...2000 мм оснащаются вставными ножами (рис. 9.7, б) или сегментами из быстрорежущей стали. Сегменты состоят из 4...8 зубьев и закрепляются заклепками на диске пилы, который изготавливается из обычной конструкционной стали (рис. 9.7, в).

Условия работы прорезных и отрезных фрез достаточно сложные, что связано с их небольшой шириной и недостаточной жесткостью. Для повышения стойкости фрез их зубья, которые могут иметь форму без ленточки (рис. 9.10, а) и с ленточкой (рис. 9.10, б) затачиваются без ленточки.

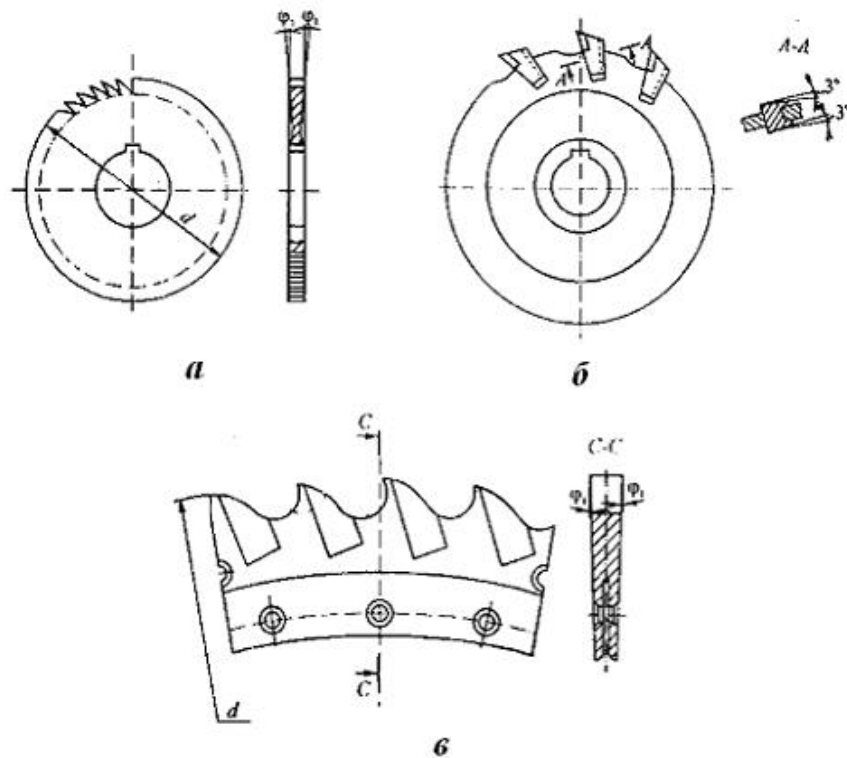


Рис. 9.7. Фрезы прорезные и отрезные: а – прорезная (шлицевая) и отрезная цельная; б – отрезная сборная (пила со вставными ножами); в – сегментные; d- диаметр фрезы; ϕ_1 — угол поднутрения

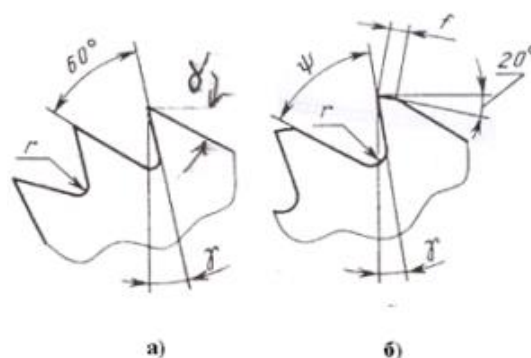


Рис. 9.10. Формы зуба отрезной фрезы; без ленточки (а); с ленточкой(б)

Машинное или основное технологическое время обработки (T_o) определяется по уже известным элементам режима резания:

$$T_o = \frac{L * i}{S_m}, \text{ мин,}$$

где L - расчетная длина прохода фрезы, определяемая как:

$$L = l + y + y_1, \text{ мм,}$$

l - длина фрезеруемой поверхности, мм;

y - величина врезания фрезы, мм;

y_1 - величина перебега (выхода) фрезы, принимается по диаметру фрезы в пределах 1...5 мм;

S_m - минутная подача, мм/мин;

$$S_m = S_z \times Z \times n \text{ (табл.9.3)}$$

i - число рабочих проходов фрезы.

Величина врезания фрезы (y) определяется по схемам обработки (рис.9.11) в зависимости от вида фрезерования.

Формулы для определения величины (y) при фрезеровании:

- по схеме I на рис. 9.11, а:

$$y = \sqrt{t * (D - t)}, \text{ мм};$$

- по схеме II на рис. 9.11, б:

$$y = 0.5 * (D - \sqrt{D^2 - B^2}), \text{ мм};$$

- по схеме III на рис. 9.11, в:

$$y = \sqrt{B * (D - B)}, \text{ мм}.$$

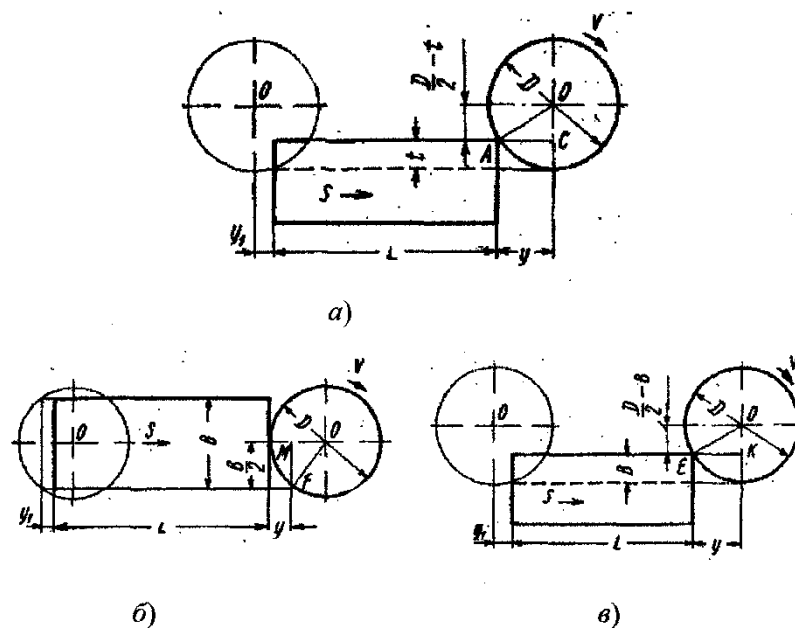


Рис. 4.3. Схемы к расчету величины врезания (y) при фрезеровании:
а) цилиндрическими, дисковыми, угловыми и модульными фрезами;
б) торцевыми фрезами при симметричном фрезеровании;
в) концевыми и торцевыми фрезами при несимметричном фрезеровании

Содержание отчета по работе

Отчет о выполненной практической работе должен содержать:

1. Название и цель работы.
2. Теоретические понятия торцевого фрезерования.
3. Теоретические понятия фрезерования концевыми и дисковыми фрезами и их конструктивные особенности.
4. Определение диаметра фрезы по заданной схеме (9.2) и решение задачи по заданному варианту (табл. 9.1).
5. Ответы на контрольные вопросы.

Задача: определить основное технологическое время обработки (T_0) детали при черновом фрезеровании по заданному варианту.

Табл. 9.1.

№ вар	Обр-мый материал	Длина фрезеруемой поверхности l, мм	Ширина поверхности фрезерования B, мм	Глубина резания t, мм	Число зубьев фрезы	Мощность станка, кВт	Схема фрез-ния
1	Сталь	15	-	2	4	2	I

	T15K6						
2	Сталь T5K10	20	30	6	6	4	II
3	Чугун BK6	30	40	4	8	6	III
4	Чугун BK8	40	-	6	4	8	I
5	Сталь T15K6	18	30	4	6	10	III
6	Сталь T5K10	25	40	8	8	2	II
7	Чугун BK6	60	30	4	4	4	III
8	Чугун BK8	120	40	10	6	6	II
9	Сталь T15K6	75	30	6	8	8	III
10	Сталь T5K10	90	-	4	4	10	I

Таблицы 9.2

Рекомендуемые диаметры цилиндрических фрез

Ширина фрезерования <i>B</i> в мм до	Диаметр фрезы <i>D</i> в мм при глубине резания <i>t</i> в мм			
	до 2	до 5	до 8	до 10
70	63	80	100	100
100	80	100	100	100
150*	100	110	110	130

* Применять сборные составные фрезы по ГОСТ 1979—52.

Рекомендуемые диаметры торцовых фрез

Глубина резания <i>t</i> в мм до	4	4	6	6	6	8	10
Ширина фрезерования <i>B</i> в мм до	40	70	90	120	180	250	350
Диаметр фрезы <i>D</i> в мм	50—63	80—100	125—160	160—200	250	315—400	400—500

Рекомендуемые диаметры дисковых фрез

Ширина фрезерования B в мм до	Диаметр фрезы D в мм при глубине резания t в мм					
	до 5	до 10	до 20	до 30	до 60	до 100
10	50	63	80	100	160	—
20	63	80	100	125	200	315
40	80	100	125	160	200	315

Таблица 9.3.

Подачи при черновом фрезеровании торцовыми, цилиндрическими и дисковыми фрезами из быстрорежущей стали

Мощность станка или фрезерной головки, кВт	Жесткость системы заготовка-приспособление	Фрезы			
		торцовые и дисковые		цилиндрические	
		Подача на один зуб S_z , мм, при обработке			
		Конструкционной стали	Чугуна и медных сплавов	Конструкционной стали	Чугуна и медных сплавов
Фрезы с крупным зубом и фрезы со вставными ножами					
Св. 10	Повышенная	0,20 – 0,30	0,40 – 0,60	0,40 – 0,60	0,60 – 0,80
	Средняя	0,15 – 0,25	0,30 – 0,50	0,30 – 0,40	0,40 – 0,60
	Пониженная	0,10 – 0,15	0,20 – 0,30	0,20 – 0,30	0,25 – 0,40
5 – 10	Повышенная	0,12 – 0,2	0,30 – 0,50	0,25 – 0,40	0,30 – 0,50
	Средняя	0,08 – 0,15	0,20 – 0,40	0,12 – 0,20	0,20 – 0,30
	Пониженная	0,06 – 0,10	0,15 – 0,25	0,10 – 0,15	0,12 – 0,20
До 5	Средняя	0,06 – 0,07	0,15 – 0,30	0,08 – 0,12	0,10 – 0,18
	Пониженная	0,04 – 0,06	0,10 – 0,20	0,06 – 0,10	0,08 – 0,15
Фрезы с мелким зубом					
5 – 10	Повышенная	0,08 – 0,12	0,20 – 0,35	0,10 – 0,15	0,12 – 0,2
	Средняя	0,06 – 0,10	0,15 – 0,30	0,06 – 0,10	0,10 – 0,15
	Пониженная	0,04 – 0,08	0,10 – 0,20	0,06 – 0,08	0,08 – 0,12
До 5	Средняя	0,04 – 0,06	0,12 – 0,2	0,05 – 0,08	0,06 – 0,12
	Пониженная	0,03 – 0,05	0,08 – 0,15	0,03 – 0,06	0,05 – 0,10
Примечания: 1. Большее значение подач брать для меньшей глубины и ширины фрезерования, меньшее – для больших значений глубины и ширины. 2. При фрезеровании жаропрочной и коррозионно-стойкой стали подачи брать те же, что и для конструкционной стали, но не выше 0,3 мм/зуб.					

Контрольные вопросы

1. Виды торцевого фрезерования.
2. Фрезерование концевыми и дисковыми фрезами.
3. Основные элементы концевой фрезы.
4. Особенности конструкции концевой фрезы.
5. Основные элементы дисковой фрезы.
6. Классификация дисковых фрез.

Практическая работа №10

Расчет и табличное определение режимов резания при фрезеровании

Цель работы – научиться выбирать и назначать по справочным данным параметры режима резания при фрезеровании.

Формируемые результаты освоения учебной дисциплины:

ОК 1. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.

ОК 2. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 3. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.

ОК 9. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

У.1. использовать теоретические знания при разработке технологических процессов изготовления деталей машин;

У.2. правильно выбирать режущие инструменты для механической обработки заготовки;

У.3. проектировать режимы резания для механической обработки заготовки;

У.4. использовать теоретические знания к процессам резания и быстро решать поставленные задачи в профессиональной деятельности.

Режимы резания при работе различных видов фрез

Глубина t и ширина B фрезерования. Во всех видах фрезерования, кроме торцевого, t определяет продолжительность контакта зуба фрезы с заготовкой. Глубина резания при цилиндрическом фрезеровании зависит от припуска, а так же от жесткости и мощности станка. Ширина фрезерования B определяет длину лезвия зуба фрезы, участвующую в резании. При торцевом фрезеровании эти понятия меняются местами.

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

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

где n – частота вращения фрезы, об/мин;

z – число зубьев фрезы.

Исходной величиной подачи при черновом фрезеровании является величина ее на один зуб S_z , при чистовом фрезеровании – на один оборот фрезы S , по которой для дальнейшего использования вычисляют величину подачи на один зуб $S_z = S/z$. Рекомендуемые подачи для различных фрез и условий резания приведены в таблицах 2.78 – 2.83

Скорость резания – окружная скорость фрезы, м/мин,

$$v = \frac{C_v D^q}{T^{m_t} S_z^y B^u z^p} K_v$$

Значения коэффициента C_v и показателей степени приведены в таблице 2.84, а периода стойкости T – в таблице 2.85

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания,

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

где K_{Mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала (см. таблицы 2.1 – 2.4);

K_{nv} - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки (см. таблицу 2.5);

K_{uv} - коэффициент, учитывающий материал инструмента (см. таблицу 2.6).

Сила резания. Составляющая силы резания при фрезеровании – окружная сила, Н

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^u z}{D^q n^v} K_{MP}$$

где z - число зубьев фрезы;

n - частота вращения фрезы, об/мин.

Значение коэффициента и показателей степени приведены в таблице 2.86, поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала для стали и чугуна – таблица 2.8, а для медных и алюминиевых сплавов – таблица 2.7. Величины остальных составляющих силы резания устанавливают из соотношения с главной составляющей по таблице 2.87.

Крутящий момент, Нм, на шпинделе

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \times 100}$$

где D - диаметр фрезы, мм.

Мощность резания. Эффективная мощность резания, кВт

$$N_{\varepsilon} = \frac{P_z v}{1020 \times 60}$$

Содержание отчета по работе

Отчет о выполненной практической работе должен содержать:

1. Название и цель работы.
2. Основные понятия режимов резания.
3. Основную теорию расчета режимов резания при фрезеровании.
4. Решение задачи по заданному варианту (табл. 10.1).
5. Ответы на контрольные вопросы.

Задание: По заданным исходным данным подберите инструмент, определите режимы резания при фрезеровании (подачу, скорость резания, общий поправочный коэффициент на скорость резания, силу резания, крутящий момент и мощность резания)

Табл.10.1.Исходные данные для расчета:

№ варианта	Мощность станка	Обрабатываемый материал	Способ обработки	Глубина фрезерования t , мм	Число зубьев фрезы	Ширина фрезерования B , мм
------------	-----------------	-------------------------	------------------	-------------------------------	--------------------	------------------------------

1.	2 кВт	Сталь Т15К6	Черновое фрезерование	3	4	30
2.	4 кВт	Сталь Т5К10	Черновое фрезерование	5	6	40
3.	6 кВт	Чугун ВК6	Черновое фрезерование	8	8	30
4.	8 кВт	Чугун ВК8	Черновое фрезерование	12	4	40
5.	10 кВт	Сталь Т15К6	Черновое фрезерование	3	6	30
6.	2 кВт	Сталь Т5К10	Черновое фрезерование	5	8	40
7.	4 кВт	Чугун ВК6	Черновое фрезерование	8	4	30
8.	6 кВт	Чугун ВК8	Черновое фрезерование	12	6	40
9.	8 кВт	Сталь Т15К6	Черновое фрезерование	3	8	30
10.	10 кВт	Сталь Т5К10	Черновое фрезерование	5	4	40

Контрольные вопросы

1. Каковы основные элементы режима резания при фрезеровании?
2. Опишите инструменты для фрезерования.
3. Перечислите основные виды фрезерных работ.
4. Как осуществляется обработка плоских поверхностей?

Таблица 2.1

Поправочный коэффициент K_{mv} , учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания

Обрабатываемый материал	Расчетная формула
Сталь	$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$
Серый чугун	$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v}$
Ковкий чугун	$K_{mv} = \left(\frac{150}{HB} \right)^{n_v}$

Примечание: 1. σ_B и HB – фактические параметры, характеризующие обрабатываемый материал, для которого рассчитывается скорость резания.
2. Коэффициент K_r , характеризующий группу стали по обрабатываемости и показатель степени n_v , см. в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Значения коэффициента K_r и показателя степени n_v в формуле для расчёта коэффициента обрабатываемости стали K_{mv} , приведённого в табл. 2.1

Обрабатываемый материал	Коэффициент K_r для материала инструмента		Показатели степени n_v при обработке					
			резцами		сверлами, зенкерами, развертками		фрезами	
	из быстрорежущей стали	из твердого сплава	из быстрорежущей стали	из твердого сплава	из быстрорежущей стали	из твердого сплава	из быстрорежущей стали	из твердого сплава
Сталь: углеродистая ($C < 0,6\%$), σ_B МПа: < 450 450-550 > 550 повышенной и высокой обрабатываемости резанием хромистая углеродистая ($C > 0,6\%$) хромоникелевая, хромомолибденованадиевая хромомарганцовистая, хромокремнемарганцовистая, хромоникельмолибденовая, хромомолибденоалюминиевая хромованадиевая марганцовистая хромоникелевольфрамовая, хромомолибденовая хромомолибденоалюминиевая хромоникельванадиевая быстрорежущая	1,0	1,0	–1,0		–0,9		–0,9	
	1,0	1,0	1,75		–0,9		–0,9	
	1,0	1,0	1,75		0,9		0,9	
	1,2	1,1	1,75		1,05		–	
	0,85	0,95	1,75				1,45	
	0,8	0,9	1,5		0,9		1,35	
	0,7	0,8	1,25	1,0		1,0		1,0
	0,85	0,8	1,25					
	0,75	0,9	1,5					
	0,8	0,85	1,25				1,0	
	0,75	0,8	1,25					
	0,75	0,85	1,25					
	0,6	0,7	1,25					
	–	–	1,7					
	–	–	1,7					
				1,25 1,25	1,3 1,3	1,3 1,3	0,95 0,85	1,25 1,25
Чугун: серый ковкий								

Таблица 2.3

Поправочный коэффициент K_{mv} , учитывающий влияние физико-механических свойств жаропрочных и коррозионно-стойких сталей на скорость резания

Марка стали или сплава	σ_B , МПа	Усредненное значение коэффициента K_{mv}	Марка стали или сплава	σ_B , МПа	Усредненное значение коэффициента K_{mv}
12X18H9T	550	1,0	ХН60ВТ	750	0,48
13X11H2B2MФ	1100 – 1460	0,8 – 0,3	ХН77ТЮ	850 – 1000	0,40
14X17H2	800 – 1300	1,0 – 0,75			
13X14H3B2ФР	700 – 1200	0,5 – 0,4	ХН77ТЮР	950	0,26
37X12H8Г8МФБ	–	0,95 – 0,72	ХН35ВТ	1000 – 1250	0,50
45X14H14B2М	700	1,06	ХН70ВМТЮ	1000 – 1250	0,25
10X11H20ТЗР	720 – 800	0,85	ХН55ВМТКЮ	900 – 1000	0,25
12X21H5Т	820 – 10000	0,65	ХН65ВМТЮ	900 – 950	0,20
20X23H18	600 – 620	0,80	ХН35ВТЮ	950 – 1200	0,22
			ВТЗ-1; ВТЗ	750 – 950	0,40
31X19H9МВБТ	730	0,40	ВТ5; ВТ4	900 – 12	0,70
15X18H12C4ТЮ	780	0,50	ВТ6; ВТ8	900 – 1400	0,35
ХН78Т	–	0,75	ВТ14	600 – 1100	0,53 – 0,43
ХН75МБТЮ		0,53	12X13	850 – 1100	1,5 – 1,2
			30X13; 40X13	–	1,3 – 0,9

Таблица 2.4

Поправочный коэффициент K_{mv} , учитывающий влияние физико-механических свойств медных и алюминиевых сплавов на скорость резания

Медные сплавы	K_{mv}	Алюминиевые сплавы	K_{mv}
Гетерогенные: $HB > 140$ $HB100 – 140$	0,7 1,0	Силумин и литейные сплавы (закаленные), $\sigma_B = 200 – 300$ МПа, $HB > 60$	0,8
Свинцовистые при основной гетерогенной структуре	1,7	Дюралюминий (закаленный), $\sigma_B = 400 – 500$ МПа, $HB > 100$	
Гомогенные	2,0	Силумин и литейные сплавы, $\sigma_B = 100 – 200$ МПа, $HB < 65$. Дюралюминий, $\sigma_B = 300 – 400$ МПа, $HB < 100$	1,0
Сплавы с содержанием свинца < 10 % при основной гомогенной структуре	4,0		
Медь	8,0		
Сплавы с содержанием свинца > 15 %	12,0	Дюралюминий, $\sigma_B = 200 – 300$ МПа	1,2

Поправочный коэффициент K_{nv} , учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания

Состояние поверхности заготовки					
Без корки	с коркой				
	Прокат	Поковка	Стальные и чугунные отливки при корке		Медные и алюминие- вые сплавы
			нормальной	сильно загрязненной	
1,0	0,9	0,8	0,8 – 0,85	0,5 – 0,6	0,9

Поправочный коэффициент K_{nv} , учитывающий влияние инструментально-го материала на скорость резания

Обрабатываемый материал	Значения коэффициента K_{nv} в зависимости от марки инструментального материала						
Сталь конструкционная	T5K12B	T5K10	T14K8	T15K6	T15K6	T30K4	BK8
	0,35	0,65	0,8	1,00	1,15	1,4	0,4
Коррозионно-стойкие и жаропрочные стали	BK8	T5K10	T15K6	P18	—		
	1,0	1,4	1,9	0,3			
Сталь закаленная	HRC35-50				HRC51-62		
	T15K6	T30K4	BK6	BK8	BK4	BK6	BK8
	1,0	1,25	0,85	0,83	1,0	0,92	0,74
Серый и ковкий чугун	BK8	BK6	BK4	BK3	BK3	—	
	0,83	1,0	1,1	1,15	1,25		
Сталь, чугун, медные и алюминиевые сплавы	P6M5	BK4	BK6	9XC	XBG	Y12A	—
	1,0	2,5	2,7	0,6	0,6	0,5	

Коэффициент изменения стойкости $K_{ТИ}$ в зависимости от числа
одновременно работающих инструментов при средней по равномерности
их нагрузке

Число работающих инструментов	1	3	5	8	10	15
$K_{ТИ}$	1	1,7	2	2,5	3	4

Примечания: 1. При равномерной загрузке инструментом коэффициент $K_{ТИ}$ увеличивать в 2 раза. 2. При загрузке инструментов с большой неравномерностью коэффициент $K_{ТИ}$ уменьшать на 25 – 30 %

Таблица 2.79

Подачи при черновом фрезеровании торцовыми, цилиндрическими и дисковыми фрезами из быстрорежущей стали

Мощность станка или фрезерной головки, кВт	Жесткость системы заготовка-приспособление	Фрезы			
		торцовые и дисковые		цилиндрические	
		Подача на один зуб S_z , мм, при обработке			
		Конструкционной стали	Чугуна и медных сплавов	Конструкционной стали	Чугуна и медных сплавов
Фрезы с крупным зубом и фрезы со вставными ножами					
Св. 10	Повышенная	0,20 – 0,30	0,40 – 0,60	0,40 – 0,60	0,60 – 0,80
	Средняя	0,15 – 0,25	0,30 – 0,50	0,30 – 0,40	0,40 – 0,60
	Пониженная	0,10 – 0,15	0,20 – 0,30	0,20 – 0,30	0,25 – 0,40
5 – 10	Повышенная	0,12 – 0,2	0,30 – 0,50	0,25 – 0,40	0,30 – 0,50
	Средняя	0,08 – 0,15	0,20 – 0,40	0,12 – 0,20	0,20 – 0,30
	Пониженная	0,06 – 0,10	0,15 – 0,25	0,10 – 0,15	0,12 – 0,20
До 5	Средняя	0,06 – 0,07	0,15 – 0,30	0,08 – 0,12	0,10 – 0,18
	Пониженная	0,04 – 0,06	0,10 – 0,20	0,06 – 0,10	0,08 – 0,15
Фрезы с мелким зубом					
5 – 10	Повышенная	0,08 – 0,12	0,20 – 0,35	0,10 – 0,15	0,12 – 0,2
	Средняя	0,06 – 0,10	0,15 – 0,30	0,06 – 0,10	0,10 – 0,15
	Пониженная	0,04 – 0,08	0,10 – 0,20	0,06 – 0,08	0,08 – 0,12
До 5	Средняя	0,04 – 0,06	0,12 – 0,2	0,05 – 0,08	0,06 – 0,12
	Пониженная	0,03 – 0,05	0,08 – 0,15	0,03 – 0,06	0,05 – 0,10
Примечания: 1. Большее значение подач брать для меньшей глубины и ширины фрезерования, меньшее – для больших значений глубины и ширины. 2. При фрезеровании жаропрочной и коррозионно-стойкой стали подачи брать те же, что и для конструкционной стали, но не выше 0,3 мм/зуб.					

Таблица 2.9

Поправочный коэффициент K_{MP} для стали и чугуна, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости

Обрабатываемый материал	Расчетная формула	Показатель степени n при определении		
		составляющей силы резания P_z при обработке резцами	крутящего момента M и осевой силы P_o при сверлении, рассверливании и зенкеро-вании	окружной силы резания P_z при фрезеро-вании
Конструкционная углеродистая и легированная сталь, σ_B , МПа: < 600 > 600	$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n$	0,75/0,35 0,75/0,75	0,75/0,75 0,75/0,75	0,3/0,3 0,3/0,3
Серый чугун	$K_{MP} = \left(\frac{HB}{190} \right)^{n_1}$	0,4/0,55	0,6/0,6	1,0/0,55
Ковкий чугун	$K_{MP} = \left(\frac{HB}{150} \right)^n$	0,4/0,55	0,6/0,6	1,0/0,55
Примечание: В числителе приведены значения показателя степени n для твердого сплава, в знаменателе – для быстрорежущей стали.				

Таблица 2.84

Значения коэффициента C_v и показателей степени в формуле скорости резания при фрезеровании

Фреза	Материал режущей части	Обрабатываемые поверхности	Параметры срезаемого слоя, мм			Коэффициент и показатели степени в формуле скорости резания							
			B	t	S _z	C _v	q	x	y	u	p	m	
Обработка конструкционной углеродистой стали, σ _B = 750 МПа													
Торцовые	T15K6	Плоскости	—	—	—	332	0,2	0,1	0,4	0,2	0	0,2	
	P6M5*		—	—	≤ 0,1 > 0,1	64,7 41	0,25	0,1	0,2 0,4	0,15	0	0,2	
Цилиндрические	T15K6	Плоскости	≤ 35	≤ 2	—	390	0,17	0,19	0,28	—0,05	0,1	0,33	
			> 35	> 2		446		0,38		5			
				≤ 2 > 2		616 700		0,19 0,38		0,08			
	P6M5*	—	—	≤ 0,1 > 0,1	55 35,4	0,45	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,33		
Дисковые вставные ножи	T15K6	Плоскости и уступы	—	—	≤ 0,12 > 0,12	1340 740	0,2	0,4	0,12 0,4	0	0	0,35	
		Пазы	—	—	≤ 0,06 > 0,06	1825 690	0,2	0,3	0,12 0,4	0,1	0	0,35	
	P6M5*	Плоскости, уступы и пазы	—	—	≤ 0,1 > 0,1	75,5 48,5	0,25	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,2	
	Дисковые цельные	P6M5*		—	—	—	68,5	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2

Таблица 2.85

Среднее значение предела стойкости T фрезы

Фрезы	Стойкость T , мин, при диаметре фрезы, мм												
	20	25	40	60	75	90	110	150	200	250	300	400	
Торцовые	—		120	180					240		300	400	
Цилиндрические цельные с крупным зубом и со вставными ножами	—				180				240	—			
Цилиндрические цельные с мелким зубом	—		120		180		—						
Дисковые	—					120		150	180	240	—		
Концевые	80	90	120	180	—								
Прорезные и отрезные	—				60	75	120		150	—			
Фасонные и угловые	—		120			180	—						

Продолжение Табл. 2.84

Концевые с коронками	T15K6	Плоскости, уступы и пазы	—	—	—	145	0,44	0,24	0,26	0,1	0,1	0,37
Концевые с напаянными пластинами			—	—	—	234	0,44	0,24	0,26	0,1	0,1	0,37
Концевые цельные	P6M5*		—	—	—	46,7	0,45	0,5	0,5	0,1	0,1	0,33
Прорезные и отрезные	P6M5*	Пазы и отрезание	—	—	—	53	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2
Фасонные с выпуклым профилем		Фасонное фрезерование	—	—	—	53	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
Фасонные с вогнутым профилем			—	—	—	44	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
Угловые		Нарезание угловых канавок	—	—	—	44	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
Шпоночные двухперые		Шпоночные пазы	—	—	—	12	0,3	0,3	0,25	0	0	0,26
Обработка жаропрочной стали 12X18H9T в состоянии поставки												
Торцовые	BK8	Плоскости	—	—	—	108	0,2	0,06	0,3	0,2	0	0,32
	P6M5*		—	—	—	49,6	0,15	0,2	0,3	0,2	0,1	0,14
Цилиндрические	P6M5*		—	—	—	44	0,26	0,3	0,34	0,1	0,1	0,14
Концевые	P6M5*	Плоскости и уступы	—	—	—	22,5	0,35	0,21	0,48	0,03	0,1	0,27
Обработка серого чугуна, HB 190												
Торцовые	BK6		—	—	—	445	0,2	0,15	0,35	0,2	0	0,32
	P6M5		—	—	—	42	0,2	0,1	0,4	0,1	0,1	0,15
Цилиндрические	BK6	Плоскости	—	< 2,5 ≥ 2,5	≤ 0,2	923	0,37	0,13	0,19	0,23	0,1	0,15
					> 0,2	588			0,47			
					≤ 0,2	1180		0,4	0,19			
					> 0,2	750			0,47			
Дисковые вставные ножи	P6M5	Плоскости, уступы и пазы	—	—	—	85	0,2	0,5	0,4	0,1	0,1	0,15
	P6M5		—	—	—	72	0,2	0,5	0,4	0,1	0,1	0,15
Концевые	P6M5	Плоскости и уступы	—	—	—	72	0,7	0,5	0,2	0,3	0,3	0,25
Прорезные и отрезные	P6M5	Пазы и отрезание	—	—	—	30	0,2	0,5	0,4	0,2	0,1	0,15
Обработка ковкого чугуна, HB 150												
Дисковые: вставные ножи	P6M5*	Плоскости, уступы и пазы	—	—	≤ 0,1	105,8	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
					> 0,1	68			0,4			
Дисковые цельные	P6M5*	Плоскости, уступы и пазы	—	—	—	95,8	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2

Окончание табл. 2.84

Торцовые	ВК6	Плоскости	—	—	$\leq 0,18$ 0,18	994 695	0,22	0,17	0,1 0,32	0,22	0	0,33
	P6M5*		—	—	$\leq 0,1$ > 0,1	90,5 57,4	0,25	0,1	0,2 0,4	0,15	0,1	0,2
Цилиндрические	P6M5*		—	—	$\leq 0,1$ > 0,1	77 49,5	0,45	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,33
Концевые	P6M5*	Плоскости и уступы	—	—	—	68,5	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
Прорезные и отрезные		Пазы и отрезание	—	—	—	74	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
Обработка гетерогенных медных сплавов средней твердости, $HB\ 100\dots140$												
Торцовые	P6M5*	Плоскости	—	—	0,1	136 86,2	0,25	0,1	0,2 0,4	0,15	0,1	0,2
Цилиндрические			—	—	0,1	115,5 74,3	0,45	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,33
Дисковые со вставными ножами	P6M5*	Плоскости, уступы и пазы	—	—	0,1	158,5 102	0,25	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,2
Дисковые цельные			—	—	—	144	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
Концевые		Плоскости и уступы	—	—	—	103	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
Прорезные и отрезные	P6M5*	Пазы и отрезание	—	—	—	111,3	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2
Обработка силумина и легированных алюминиевых сплавов, $\sigma_B = 100\dots200\text{ МПа}$, $HB \leq 65$ и дюралюминия, $\sigma_B = 300\dots400\text{ МПа}$, $HB \leq 100$												
Торцовые	P6M5*	Плоскости	—	—	$\leq 0,1$ > 0,1	245 155	0,25	0,1	0,2 0,4	0,15	0,1	0,2
Цилиндрические			—	—	$\leq 0,1$ > 0,1	208 133,5	0,45	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,33
Концевые		Плоскости и уступы	—	—	—	185,5	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
Дисковые: вставные ножи		Плоскости, уступы и пазы	—	—	$\leq 0,1$ > 0,1	285 183,4	0,25	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,2
Дисковые цельные			—	—	—	259	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
Прорезные и отрезные		Пазы и отрезание	—	—	—	200	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2

Примечание: 1. Скорость резания для торцовых фрез: рассчитанных по табличным данным, действительна при главном угле в плане $\varphi = 60^\circ$. При других величинах этого угла значение скорости следует умножать на коэффициент: при $\varphi = 15^\circ$, $K_\varphi = 1,6$; при $\varphi = 30^\circ$, $K_\varphi = 1,25$; при $\varphi = 45^\circ$, $K_\varphi = 1,1$; при $\varphi = 75^\circ$, $K_\varphi = 0,93$; при $\varphi = 90^\circ$, $K_\varphi = 0,87$.

2. * — обработка с охлаждением.

Таблица 2.86

Значения коэффициента C_p и показателей степени в формуле окружной силы P_z при фрезеровании

Фрезы	Материал инструмента	Коэффициент и показатели степени					
		C_p	x	y	n	q	w
Обработка конструкционной углеродистой стали $\sigma_B = 750$ МПа							
Торцовые	Твердый сплав	825	1,0	0,75	1,1	1,3	0,2
	Быстрорежущая сталь		0,95	0,8		1,1	0
Цилиндрические	Твердый сплав	101	0,88	0,75	1,0	0,87	0
	Быстрорежущая сталь	68,2	0,86	0,72		0,86	
Дисковые, прорезные и отрезные	Твердый сплав	261	0,9	0,8	1,1	1,1	0,1
	Быстрорежущая сталь	68,2	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Концевые	Твердый сплав	12,5	0,85	0,75	1,0	0,73	-0,13
	Быстрорежущая сталь	68,2	0,86	0,72		0,86	0
Фасонные и угловые	Быстрорежущая сталь	47	0,86	0,72	0,1	0,86	0
Обработка жаропрочной стали 12X18 Н9Т в состоянии поставки, HB141							
Торцовые	Твердый сплав	218	0,92	0,78	1,0	1,15	0
Концевые	Быстрорежущая сталь	82	0,75	0,6	1,0	0,86	0
Обработка серого чугуна, HB190							
Торцовые	Твердый сплав	54,5	0,9	0,74	1,0	1,0	0
	Быстрорежущая сталь	50		0,72	1,14	1,14	
Цилиндрические	Твердый сплав	58	0,9	0,8	1,0	0,9	0
	Быстрорежущая сталь	30	0,83	0,65		0,83	
Дисковые, прорезные и отрезные	Быстрорежущая сталь	30	0,83	0,65	1,0	0,83	0
Обработка ковкого чугуна, HB150							
Торцовые	Твердый сплав	491	1,0	0,75	1,1	1,3	0,2
	Быстрорежущая сталь	50	0,95	0,8		1,1	0
Фрезы*	Быстрорежущая сталь	30	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Обработка гетерогенных медных сплавов средней твердости, HB100-140							
Фрезы*	Быстрорежущая сталь	22,6	0,86	0,72	1,0	0,86	0

Приложения: 1. Окружную силу при фрезеровании алюминиевых сплавов рассчитывать как для стали, с введением коэффициента $K = 0,25$.

2. Окружная сила P_z , рассчитанная по табличным данным, соответствует работе фрезой без затупления. При затуплении фрезы до допустимой величины износа сила возрастает: при обработке мягкой стали ($\sigma_B < 600$ МПа) в 1,75 – 1,9 раза; во всех остальных случаях – в 1,2 – 1,4 раза.

3.* Цилиндрические, дисковые, концевые, прорезные и отрезные фрезы.

Практическая работа № 11

Расчет и табличное определение режимов резания при зубонарезании

Цель работы – ознакомиться с основными геометрическими параметрами инструмента для зубонарезания, научиться правильно выбирать режущие инструменты для механической обработки заготовки, проектировать режимы резания для механической обработки заготовки, изучить методику расчета режима резания при зубонарезании по таблицам нормативов. Приобрести навыки работы по нормативам.

Формируемые результаты освоения учебной дисциплины:

ОК 1. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.

ОК 2. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 3. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.

ОК 9. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

У.1. использовать теоретические знания при разработке технологических процессов изготовления деталей машин;

У.2. правильно выбирать режущие инструменты для механической обработки заготовки;

У.3. проектировать режимы резания для механической обработки заготовки;

У.4. использовать теоретические знания к процессам резания и быстро решать поставленные задачи в профессиональной деятельности.

Теоретические сведения

Классификация червячных фрез

Фреза червячная эвольвентная –это специальный металлорежущий инструмент, предназначенный для нарезки цилиндрических зубчатых колес и шлицевых валов с эвольвентным или прямобочным профилем. Материалом является быстрорежущая твердосплавная сталь, обеспечивающая высокую стойкость и производительность инструмента.

В зависимости от характера обработки данный тип оснастки подразделяется на несколько типов:

- *Черновые фрезы.* Используются для предварительной обработки заготовки. Имеет передний угол в 5-7° и небольшую толщину зубьев.

- *Чистовая оснастка.* Необходима для чистовой обработки стальных зубьев.

- *Прецизионные фрезы.* Преимущественно используются для изготовления турбинных передач.

- *Питчевые червячные фрезы* (единицей измерения служит дюйм). Используются для шевингования и нарезания звездочек.

Также фрезы подразделяются на одно- и многозаходные, лево- и правосторонние, цельные и сборные. В маркировке инструмента указывается угол зацепления, модуль, высота зуба и угол подъема линии винтов.

Червячная фреза предназначена для создания шлицевых валов разного профиля, а также зубчатых цилиндрических колес и звездочек. Подобные изделия выполняются из быстрорежущих, твердосплавных марок стали.

Червячная фреза представляет собой исходный червяк, с точечным мгновенным касанием с поверхностью обрабатываемой детали, превращенный в режущий инструмент (рис. 11.1). Червячные зуборезные фрезы – это многолезвийные инструменты реечного типа, работающие по методу обката. Червячные фрезы применяют для обработки прямозубых, косозубых и шевронных цилиндрических колес, а также для нарезания зубьев червячных колес с различными видами зацепления. Червячная фреза как инструмент получается из червяка путем прорезания канавок, образующих переднюю поверхность зубьев и пространство для размещения стружки и затылования зубьев для создания задних углов по всему контуру. Так как рейки находятся на витках червяка, то при вращении последнего режущие кромки зубьев получают не только движение вокруг оси фрезы, но и непрерывное смещение вдоль оси. Таким образом, червячная фреза является инструментом с конструктивным движением обката и инструментом с бесконечной рейкой, находящейся в зацеплении с нарезаемым колесом (рис. 11.2).

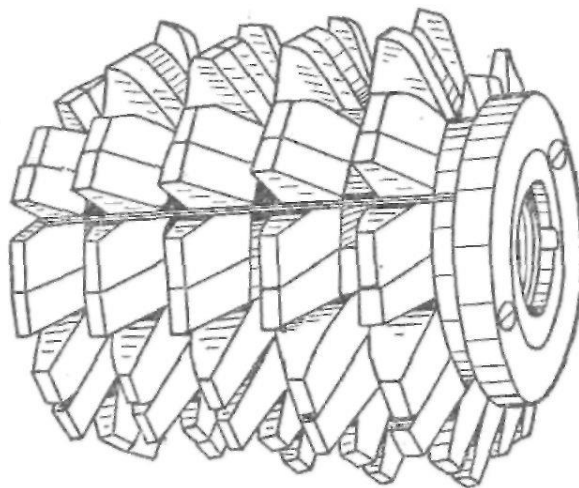


Рис. 11.1. Червячная фреза

Червячные фрезы для шлицевых валов. Наибольшее распространение получили червячные шлицевые фрезы, предназначенные для обработки различных шлицевых валов, имеющих прямолинейный профиль. Эти фрезы можно подразделить по конструкции и по методу получения профиля на несколько основных видов: *червячные фрезы без усиков; червячные фрезы с усиками; червячные фрезы с удлиненным зубом; фрезы определенной установки;*

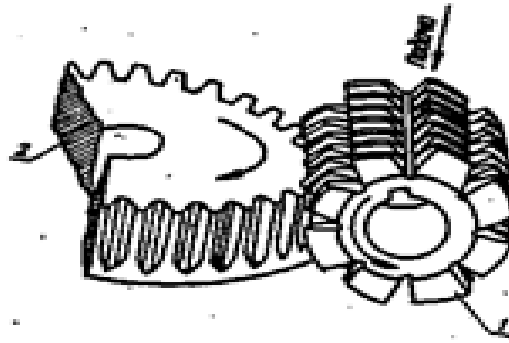


Рис. 11.2. Схема нарезания зубчатого колеса червячной фрезой

фрезы-улитки. В основе конструкции всех перечисленных червячных фрез лежит обычная червячная фреза, работающая по методу обкатки.

Обыкновенные шлицевые червячные фрезы без усиков обеспечивают прямолинейный профиль стороны выступа валика, причем прямолинейный профиль обеспечивается не на всей глубине выступа.

Чтобы обеспечить прямолинейный выступ валика, применяют шлицевые червячные фрезы с усиками. Зуб такой фрезы в нормальном сечении имеет небольшие выступы (усики) на углах, которые при фрезеровании валика врезаются глубже, чем вершина зуба фрезы, и тем самым обеспечивают в углах, у основания шлицев, небольшие углубления. Фрезы с усиками, обеспечивая правильную геометрию (прямолинейность стороны шлица), не дают возможности применять высокие скорости резания и большие подачи, так как усики фрезы являются слабым местом и быстро изнашиваются.

Задачу получения прямолинейного шлица по всей глубине (до основания) можно решить, применяя червячную фрезу с удлиненным зубом. Боковые стороны профиля зубьев этой фрезы работают по методу обкатки, как боковые стороны обычной шлицевой червячной фрезы. Но в отличие от обычной фрезы вершины зубьев такой фрезы обработаны по внутреннему диаметру валика и обрабатывают профиль впадины копированием профиля фрезы. Фрезы с удлиненным зубом применяют для шлицевых валиков, у которых требуется сохранить прямолинейный профиль до внутреннего диаметра.

Червячные фрезы с удлиненным зубом определенной установки представляют собой, строго говоря, режущий инструмент, не полностью работающий по методу обкатки. Такую фрезу необходимо также установить на оправке в строго определенном положении в заданной точке оси фрезеруемого валика, т. е. нельзя перемещать произвольно вдоль оси оправки, как это можно делать с обычной червячной фрезой. Зубья ее будут обрабатывать деталь путем постепенного врезания в материал.

Имеются также конструкции червячных фрез короткой длины, имеющих всего-навсего один или два витка. У этих фрез работа распределена между отдельными зубьями, имеющими разную высоту. Они несколько напоминают завиток панциря улитки и поэтому носят название *фрез-улиток*. *Фрезы-улитки* получили распространение при фрезеровании эвольвентных колес или различных не эвольвентных профилей, их применяют большей частью при фрезеровании крупных деталей. Фреза-улитка представляет собой как бы винтовую протяжку. Каждый зуб фрезы срезает определенный слой металла, и только последний зуб, в точности соответствующий профилю требуемой впадины, обрабатывает впадину окончательно.

При производстве червячных фрез для нарезки зубьев звездочек используют несколько типов образования винтовых поверхностей: закрытая архимедова винтовая поверхность, открытая конволютная винтовая поверхность и эвольвентная винтовая поверхность. Кроме того, фрезы должны изготавливаться только из быстрорежущей стали, так как твердосплавному инструменту будет тяжело работать на удар ввиду его хрупкости.

Зуборезные долбяки. Долбяк представляет собой режущий инструмент, выполненный в виде зубчатого колеса, у которого вершины и боковые стороны зубьев снабжены передними и задними углами. Долбяки предназначены для нарезания зубьев цилиндрических прямозубых, косозубых и шевронных колес, а также колес внутреннего зацепления.

В зависимости от размера и назначения существуют следующие конструктивные разновидности долбяков:

- дисковые прямозубые, применяемые для нарезания прямозубых цилиндрических колес, главным образом наружного зацепления. Стандартные дисковые долбяки по ГОСТ 9323-79 делают с номинальным делительным диаметром $D_o = 80-200$ мм, модулем 1-12 мм;

- чашечные, применяемые для нарезания наружных блочных колес в упор и для изготовления внутренних колес средних модулей. Стандартные долбяки этого вида имеют номинальный диаметр 50-125 мм и модуль 1-9 мм. Они отличаются от дисковых более глубокой выточкой для размещения крепежной гайки. При обработке блочных шестерен в ряде случаев гайка не должна выступать за плоскость, проходящую через вершинные режущие кромки;

- концевые, или хвостовые, долбяки, применяемые для нарезания колес внутреннего зацепления, имеют $D_o = 25; 38$ мм, $m = 1,4$ мм.

Зубострогальные резцы. Такие резцы применяют для обработки прямозубых конических колес модулями 0,3...20 мм. Нарезание производится на специальных зубострогальных станках методом прерывистого обкатывания.

Зубострогальный резец показан на рис. 11.3. Он представляет собой призматическое тело, рабочая часть которого выполнена в виде зуба прямобоочной асимметричной рейки высотой $A_n = 3m$. Зажимная часть резца выполняется в виде клина с углом 73° . Резец крепится винтами, прилегая к державке плоскостью I . Размеры резцов для разных моделей станков приведены в ГОСТ 5392—80. Для модулей 0,3... 10 мм резцы имеют длину $L = 40...100$ мм, высоту $H = 27...43$ мм. Величина C является постоянной для каждой модели станка. Толщина S_B резца на вершине a должна быть такой, чтобы резец проходил во впадине между зубьями колеса на узком торце, и была бы больше половины ширины впадины на широком торце. Радиус при вершине $r = 0,25m$, т. е. принимается в пределах радиального зазора передачи. Толщина резца B зависит от толщины зуба нарезаемого колеса по окружности начального конуса.

Передний угол для вершинной режущей кромки равен нулю. Эта кромка вспомогательная, но наиболее нагруженная по условиям резания. Создать другой передний угол для вершинной кромки конструктивно трудно. Передний угол в плоскости, нормальной к главной режущей кромке, $10...25^\circ$. Задний угол α_B в рабочем положении резца принимается равным 12° .

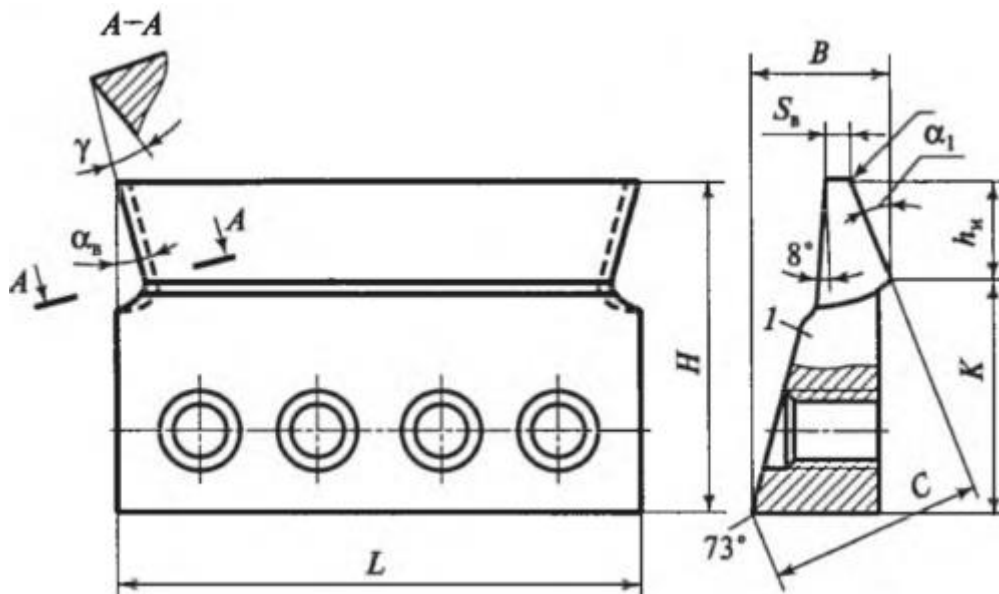


Рис. 11.3. Зубострогальный резец

Заточка зуборезных инструментов. Режущие элементы зуборезных инструментов изнашиваются по задней и передней поверхностям. Обычно лимитирующим износом, влияющим на точность нарезаемого колеса и шероховатость поверхности, является износ у вершины зуба по задней поверхности h_z , величина которого определяет припуск h (мм) при заточке инструмента по передней поверхности: $h = h_z + (0,1—1,15)$.

Для заточки червячной фрезы по передней поверхности необходимы следующие движения: подача на врезание, деление на зуб, продольная подача и относительный поворот образующей для формообразования винтовой поверхности.

При заточке фрез с прямолинейными стружечными канавками дополнительного поворота не требуется, так как винтовая передняя поверхность становится плоской и ее можно шлифовать торцом круга. Конструкция станка для заточки таких фрез значительно упрощается, а точность и жесткость станка повышаются. Съем припуска осуществляется по схеме многопроходного шлифования с делением на зуб после каждого двойного хода. Более современные станки предусматривают однопроходное (глубинное) шлифование, т. е. полную обработку передней поверхности с последующим поворотом для заточки следующего зуба. Продольная подача может осуществляться либо подвижным столом, на котором устанавливается фреза, либо подвижной шлифовальной бабкой. Обе схемы используются в разных моделях станков.

При заточке фрез с винтовыми стружечными канавками дополнительное вращательное движение фрезы осуществляется поворотом шпинделя посредством одного из следующих устройств: синусной линейки, шестеренчато-реечной зубчатой передачи, шариковым винтом, специальным электрогидравлическим следящим приводом.

Наиболее сложные станки для заточки червячных фрез имеют следующий цикл работы: грубое шлифование, предварительное выхаживание, тонкое шлифование, тонкое выхаживание. Параметры, определяющие продолжительность цикла: подача на оборот фрезы, частота вращения фрезы при грубом, тонком шлифовании и выхаживании, число затачиваемых зубьев между

подачами на глубину резания и между двумя правками, скорость подач при правке, устанавливаются соответствующими устройствами при наладке станка.

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

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

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

Подачи выбирают с учетом качества и точности нарезаемого колеса, мощности станка, модуля и числа зубьев нарезаемого колеса [10].

Скорость резания устанавливают в зависимости от режущих свойств инструмента, размеров нарезаемого зуба, глубины резания, подачи и других факторов по таблицам нормативов, или по эмпирической формуле.

Основное время при зубофрезеровании червячной фрезой

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

где z - число зубьев нарезаемого колеса;

n - частота вращения фрезы, об/мин;

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

K - число заходов фрезы.

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

L – величина хода фрезы

$$L=b+l_1,$$

где b – ширина венца нарезаемого колеса, мм;

l_1 – величина врезания и перебега, мм

Основное время при зубодолблении

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

где m – модуль нарезаемого колеса, мм;

z – число зубьев нарезаемого колеса;

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

S – круговая подача, мм/дв.ход;

S_p – радиальная подача, мм/дв.ход;

i – число проходов;

h – припуск на обработку, мм.

Пример решения задачи

На зубодолбежном станке 5122 нарезают долбяком прямозубое зубчатое колесо модуля $m=3$ мм с числом зубьев $z=40$, шириной венца $b=40$ мм. Обработка чистовая ($Ra=1,6$ мкм) по сплошному металлу. Материал заготовки – сталь 40Х, твердость HB190.

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

Решение

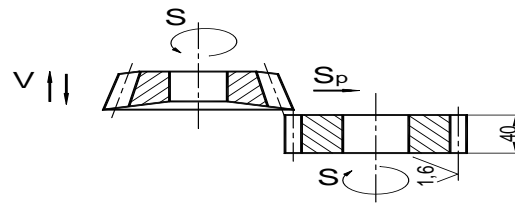


Рис. 11.4. Эскиз обработки

1. Выбор инструмента

Для зубодолбления цилиндрического колеса принимаем дисковый прямозубый долбяк модуля 3 тип 1 ГОСТ 9323-79 из быстрорежущей стали Р6М5[10].

Угол заточки по передней поверхности зубьев $\gamma_z = 5^\circ$ [10].

2. Режим резания.

2.1 Круговая подача для станка модели 5122 с мощностью двигателя 3 кВт, т.е. III классификационной группы [10], для чистовой обработки по сплошному металлу, обработки стали с твердостью до HB207, при модуле нарезаемого колеса до $m=3$ мм, $S=0,25 \div 0,3$ мм/дв.ход [10].

С учетом поправочных коэффициентов $K_{ms}=1$ и паспортных данных станка принимаем $S=0,25$ мм/ дв.ход.

2.2 Радиальная подача. $S_p = (0,1 \div 0,3) \cdot S$ [10],

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

С учетом паспортных данных станка принимаем $S_p = 0,036$ мм/дв.ход.

2.3 Период стойкости долбяка для чистовой обработки $T=240$ мин. [10].

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

$$V = 20,5 \text{ м/мин.}$$

С учетом поправочных коэффициентов $K_{mv}=1$; $K_{\beta v}=1$

$$V_p = V \cdot K_{mv} \cdot K_{\beta v} = 20,5 \text{ м/мин.}$$

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

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

где L – величина хода долбяка, мм

$$L = b + l_1 = 40 + 8 = 48 \text{ мм,}$$

Где l_1 – перебег долбяка на две стороны.

При ширине венца до 51 мм

$$l_1 = 8 \text{ мм [10],}$$

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

В соответствии с паспортными данными принимаем

$$K_d = 200 \text{ мм/дв.ход.}$$

Действительная скорость резания

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

3. Проверка достаточности мощности станка

3.1 Мощность, затрачиваемая на резание

При чистовой обработке по сплошному металлу для данных условий обработки

$$N = 1,1 \text{ кВт [5]},$$

С учетом поправочных коэффициентов $K_M N = 1$; $K_\beta N = 1$; $K_z N = 1,1$

$$N_p = N \cdot K_M N \cdot K_\beta N \cdot K_z N = 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 = 1,21 \text{ кВт.}$$

3.2 Мощность на шпинделе станка $N_{ш} = N_d \cdot \eta$ кВт,

где $N_d = 3$ кВт; $\eta = 0,65$ – паспортные данные станка

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

Так как $N_{ш} = 1,95 \text{ кВт} > N_p = 1,21 \text{ кВт}$, то обработка возможна.

4. Основное время

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

где i – число проходов

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

Содержание отчета по работе

Отчет о выполненной практической работе должен содержать:

1. Название и цель работы.
2. Основные понятия.
3. Решение задачи по заданному варианту (табл. 11.1).
4. Ответы на контрольные вопросы.

Таблица 11.1.

№	Материал заготовки и его свойства	Вид обработки и шероховатость поверхности, мкм	Мо ду ль, мм	Чис ло зубь ев, z	Шир и-на венц а, b	Угол накло на зубье в, β°	Число одно- времен но обраба ты- ваемых	Мо- дель станк а
---	---	--	-----------------------	----------------------------	-----------------------------	---------------------------------------	---	---------------------------

							зубьев	
1	Сталь 12ХН3А, HB210	Окончательная (по сплошному металлу) Ra=3,2	3	20	30	0	6	53A50
2	Сталь 30ХГТ, HB200	Окончательная (по предварительно прорезанному зубу)* Ra=1,6	8	25	40	0	1	5122
3	Серый чугун СЧ25, HB210	Предварительное (под последующее зубодолбление)	6	30	32	15	5	53A50
4	Серый чугун СЧ20, HB200	Предварительное (под последующее шевингование)	3	60	50	0	1	5122
5	Сталь 45, HB190	Окончательная (по сплошному металлу) Ra=1,6	2,5	80	60	0	3	5122
6	Сталь 40Х, HB200	Предварительное (под шевингование)	7	28	55	0	1	5122
7	Сталь 35Х, HB185	Окончательная (по сплошному металлу) Ra=1,6	2	54	20	30	10	53A50
8	Сталь 12Х18Н9Т, HB180	Предварительное (под шевингование)	4	45	32	0	1	5122
9	Бронза Бр АЖН 10-4, HB170	Предварительное (под последующее зубодолбление)	2,5	65	35	15	6	53A50
10	Латунь ЛМцЖ 52-4-1, HB220	Окончательная (по сплошному металлу) Ra=1,6	1,5	84	25	0	1	5122
11	Сталь 14Х17Н2, HB220	Окончательная (по предварительно прорезанному зубу)* Ra=1,6	5	32	50	0	1	5122

12	Сталь 20X, HB170	Предварительное (под шевингование)	5,5	24	24	0	1	5122
13	Серый чугун СЧ10, HB170	Предварительное (под последующее зубодолбление)	8	46	25	15	8	53A5 0
14	Серый чугун СЧ15, HB190	Окончательная (по предварительно прорезанному зубу)* Ra=1,6	6	30	38	0	1	5122
15	Сталь 38XA, HB190	Окончательная (по сплошному металлу) Ra=1,6	1,5	55	24	0	1	5122
16	Сталь 35, HB180	Предварительное (под шевингование)	4	42	40	0	1	5122
17	Сталь 20, HB200	Окончательная (по сплошному металлу) Ra=1,6	1,5	120	60	0	3	53A5 0
18	Серый чугун СЧ30, HB220	Предварительное (под последующее зубодолбление)	5	66	18	15	10	53A5 0
19	Сталь 20X, HB165	Окончательная (по предварительно прорезанному зубу)* Ra=1,6	8	22	30	0	1	5122
20	Сталь 45, HB210	Окончательная (по сплошному металлу) Ra=3,2	2	85	50	0	1	5122
21	Сталь 35X, HB185	Предварительное (под шевингование)	3	65	42	0	1	5122
22	Сталь 45ХН, HB220	Окончательная (по предварительно прорезанному зубу)* Ra=1,6	6	24	28	0	1	5122
23	Серый чугун СЧ30, HB220	Предварительное (под последующее зубодолбление)	8	50	45	30	4	53A5 0
24	Серый чугун	Окончательная (по	2,5	70	65	15	3	53A5

	СЧ10, HB160	сплошному металлу) Ra=1,6						0
25	Сталь 45, HB215	Окончательная (по сплошному металлу) Ra=1,6	2	80	30	0	6	53A5 0
26	Серый чугун СЧ20, HB240	Окончательная (по сплошному металлу) Ra=1,6	3	22	45	0	6	53A5 0
* В вариантах окончательной обработки по предварительно прорезанному зубу принять припуск на зубодолбление по межцентровому расстоянию $h=1\div 1,4$ мм.								

Контрольные вопросы

1. Опишите классификацию червячных фрез и их назначение.
2. Что указывается в маркировке червячной фрезы?
3. Что представляет собой червячная фреза?
4. Опишите классификацию червячных фрез для нарезания шлицевых валов.
5. Какой материал используют для изготовления червячных фрез?
6. Опишите конструкцию зубострогального резца.
7. Заточка зуборезных инструментов.

Практическая работа № 12

Расчет и определение рациональных режимов резания при протягивании

Цель работы – научиться выбирать и назначать по справочным данным параметры режима резания при протягивании, а также рассчитывать силу резания P_z и выбирать поправочные коэффициенты на силу резания учитывающие измененные условия работы.

Формируемые результаты освоения учебной дисциплины:

- ОК 1. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.
- ОК 2. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.
- ОК 3. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.
- ОК 9. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.
- У.1. использовать теоретические знания при разработке технологических процессов изготовления деталей машин;

- У.2. правильно выбирать режущие инструменты для механической обработки заготовки;
- У.3. проектировать режимы резания для механической обработки заготовки;
- У.4. использовать теоретические знания к процессам резания и быстро решать поставленные задачи в профессиональной деятельности.

Теоретические сведения

Процессы протягивания. Протягивание — метод обработки внутренних и наружных поверхностей, обеспечивающий высокую точность формы и размеров обрабатываемой поверхности. Протягивание применяется как окончательный вид обработки деталей. Метод высоко производительный, поскольку полная обработка изделия производится за один проход инструмента.

Процесс протягивания осуществляют многозубым инструментом — протяжкой на горизонтально- и вертикально-протяжных станках и на станках непрерывной обработки.

Основными параметрами протяжного станка являются наибольшая сила протягивания (может достигать 290...390 кН у средних станков и 1 170 кН у крупных станков); максимальная длина хода протяжки для средних станков колеблется в пределах 350...2300 мм.

Режущий инструмент

По характеру обрабатываемых поверхностей протяжки подразделяют на две основные группы: внутренние и наружные. Внутренними протяжками обрабатывают различные замкнутые поверхности, а наружными — полузамкнутые и открытые поверхности различного профиля.

По форме различают круглые, шлицевые, шпоночные, многогранные и плоские протяжки.

По конструкции зубьев протяжки бывают режущими, выравнивающими и деформирующими. В первом случае зубья имеют режущие кромки, в двух последних — скругленные, работающие по методу пластического деформирования.

Различают также *сборные протяжки* со вставными ножами, оснащенными пластинами из твердого сплава.

Конструкция круглых внутренних протяжек (рис. 8.3.). Режущая часть 4 протяжки состоит из черновой и чистовой частей. На черновой части толщина a срезаемого каждым зубом слоя достигает 0,2 мм, а на чистовой $a = 0,005...0,020$ мм. Передний γ и задний α углы протяжки измеряют в плоскости, перпендикулярной главной режущей кромке. Угол γ выбирают в зависимости от свойств обрабатываемого материала, угол α — в зависимости от требуемой точности обработки.

Калибрующая часть 5 протяжки удаляет и сглаживает отдельные неровности на протянутой поверхности, полученные режущими зубьями, а также служит резервом для пополнения режущих зубьев при изменении их размеров при переточках и обеспечивает правильное направление и центрирование протяжки при выходе из резания последних режущих зубьев. Калибрующие зубья не имеют подъема на зуб. В обычных конструкциях протяжек количество зубьев на калибрующей части принимают в пределах $Z_k = 4...8$.

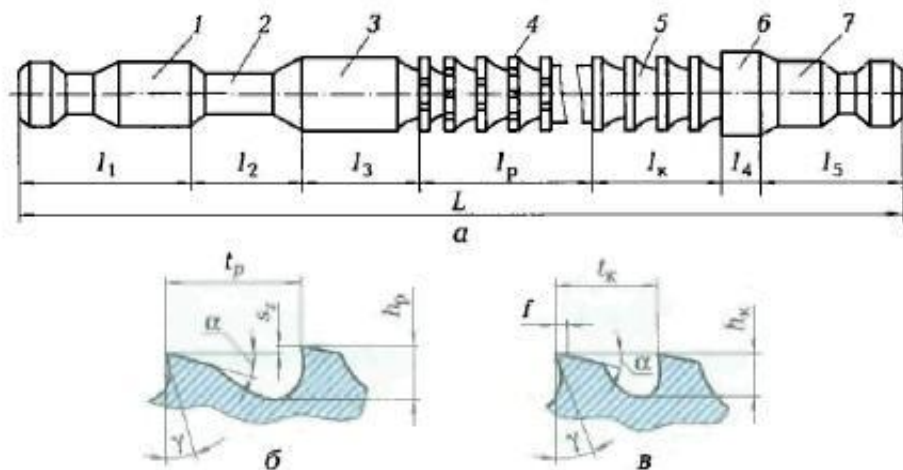


Рис. 8.3. Составные части внутренних круглых протяжек (а) и фрагменты продольного сечения режущей (б) и калибрующей (в) частей:

1 — передняя замковая часть (l_1); 2 — шейка (l_2); 3 — передняя направляющая часть (l_3); 4 — режущая часть (l_p); 5 — калибрующая часть (l_k); 6 — задняя направляющая часть (l_4); 7 — задняя замковая часть (l_5); γ , α — передний и задний угол; s_z — подъем на зуб; t_p , t_k — шаги; h_p , h_k — высота зубьев соответственно на режущей и калибрующей частях; f — ширина ленточки

Шаг режущих зубьев t_p протяжки определяют в зависимости от длины L_p протягиваемой поверхности таким образом, чтобы в резании участвовало не менее трех зубьев.

Размеры передней замковой части 1 и передней направляющей части 3 принимают в зависимости от формы и размеров предварительно подготовленного отверстия под протягивание. Шейка 2 — это переходная часть от замковой к передней направляющей.

Кинематика процесса резания. Скорость главного движения при протягивании — это скорость продольного перемещения инструмента относительно обрабатываемой заготовки. Движение подачи отсутствует и осуществляется самой конструкцией инструмента на глубину резания. Каждый последующий зуб режущей части протяжки выше предыдущего на величину подачи S_z (подъем на зуб), равной толщине срезаемого слоя (a) каждым зубом. Таким образом, за величину подачи принимают подъем на зуб, т.е. разность размеров по высоте двух соседних зубьев протяжки; является одновременно и глубиной резания.



Рис. 12.1. Схема срезания припуска при протягивании.

Срезание припуска производится последовательно (послойно) режущими зубьями протяжки (рис.12.1), при этом первый зуб не срезает припуск, так как его размер меньше размера отверстия протягивания. Второй зуб срезает слой

припуска, расположенный против этого второго зуба и обозначенный цифрой 2. Третий зуб срежет слой 3 и так далее. Последние зубья протяжки имеют одинаковый размер и потому срезания припуска не производят, а лишь зачищают поверхность и калибруют ее. Эти зубья называются калибрующими (рис.12.2).



Рис. 12.2. Профиль: а) режущих и б) калибрующих зубьев протяжки.

Последовательность срезания припуска определяется конструкцией протяжки и схемой резания. Различают три схемы резания: профильную, генераторную и прогрессивную.

Профильная схема резания предусматривает последовательное срезание припуска зубьями, профиль которых подобен профилю обрабатываемой поверхности (рис. 12.3, а).

Генераторная схема характеризуется тем, что каждый зуб не повторяет, а формирует (генерирует) профиль обрабатываемой поверхности (рис.12. 3, б).

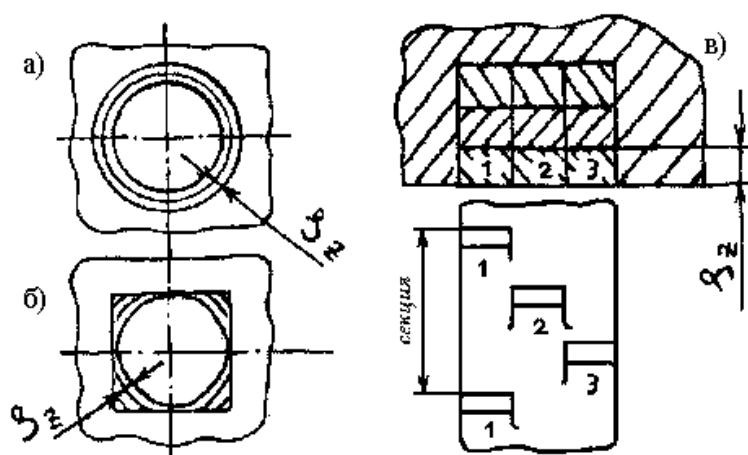


Рис. 12.3. Схемы резания при протягивании: а) профильная, б) генераторная, в) прогрессивная.

Прогрессивная схема резания заключается в разделении ширины срезаемого слоя между несколькими зубьями одной секции (рис.12.3,в). Высота зубьев одной секции одинакова.

Цилиндрические отверстия протягивают круглыми протяжками после сверления, растачивания или зенкерования, а также литые или штампованные отверстия. Длина отверстий не превышает трех диаметров. Для установки заготовки с необработанным торцом применяют приспособление со сферической опорной поверхностью (может самоустанавливаться по оси инструмента), либо упор в жесткую поверхность (рис.12.4, а).

Шпоночные и другие пазы протягивают протяжками, форма зубьев которых в поперечном сечении соответствует профилю протягиваемого паза, с

применением специального приспособления – направляющей втулки 3 (рис.12.4, д).

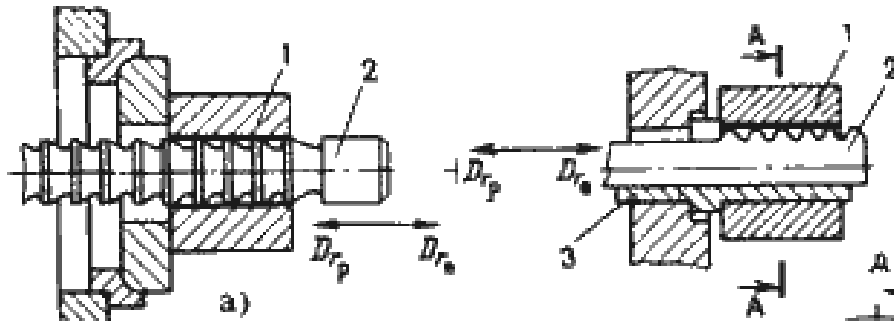


Рис.12.4. Схемы обработки заготовок на протяжных станках

Режимы резания. Скорость главного движения резания зависит от условия получить обработанную поверхность высокого качества и от технологических возможностей протяжных станков.

Подача в основном зависит от обрабатываемого материала, конструкции протяжки и жесткости заготовки и составляет 0,01 ...0,20 мм/зуб.

Оптимальные параметры режима резания либо выбирают из справочников, либо подсчитывают по формулам.

Сила резания P_z должна быть не более силы, допустимой прочностью протяжки. Силу резания P_z , Н, рассчитывают по формуле

$$P_z = P_0 \sum b,$$

где P_0 — сила резания, отнесенная к 1 мм длины режущего лезвия, Н/мм;

$\sum b$ — суммарная длина режущих кромок всех одновременно работающих режущих зубьев, мм.

Значение P_0 зависит от величины подачи на зуб S_z обрабатываемого материала и приводится в нормативах режимов резания при протягивании.

Скорость резания при протягивании влияет на условие получить высококачественную обработанную поверхность и рассчитывается по формуле

$$v = \frac{C_v}{T^m S_z^y} k, \text{ м/мин},$$

где C_v — коэффициент, характеризующий условия обработки (обрабатываемый материал, его твердость);

T — стойкость протяжки, мин;

k — коэффициент, учитывающий влияние марки инструментальной стали;

m и y — показатели степени при стойкости и подаче, зависящие от обрабатываемого материала, материала протяжки и других условий.

Основное время при протягивании рассчитываем по формуле:

$$t_o = \frac{l_{p.x.}}{1000 \cdot v \cdot q} \cdot i \cdot K_1 ;$$

где $l_{p.x.}$ — ход протяжки, мм;

v — скорость резания, м/мин;

q — число одновременно обрабатываемых деталей;

i — число проходов;

K_1 — коэффициент, учитывающий соотношение скоростей рабочего и вспомогательного ходов, ($K_1 = 1,14 \dots 1,5$);

$$l_{p.x.} = l_{det.} + l_{p.ч.} + l_{доп.}, \text{ мм}$$

где $l_{дет.}$ – длина обрабатываемой поверхности в направлении резания, мм;
 $l_{р.ч.}$ – длина режущей части протяжки, мм;
 $l_{доп.}$ – перебеги протяжки, в зависимости от размеров детали, мм, ($l_{доп.} = 30...50$ мм);

$$l_{р.ч.} = t_{z_p}, \text{ мм}$$

где t – шаг зубьев протяжки, мм (0,010...0,015 мм);

z_p – число режущих зубьев, шт. (15...70).

Усилие P протягивания подсчитывается по формуле:

$$P_{max} = C_p \cdot S_z^x \cdot B \cdot Z_{imax} \cdot K_\gamma \cdot K_\epsilon \cdot K_u$$

где C_p – величина, зависящая от обрабатываемого материала и формы протяжки,

S_z – подъем на зуб;

x – показатель степени.

Значения C_p и x приведены в [10].

B – длина режущего лезвия;

Z_{imax} – наибольшее число одновременно работающих зубьев.

$$Z_{imax} = \frac{Z_q}{t_p} + 1 \cdot K_\gamma \cdot K_\epsilon \cdot K_u \cdot S_z^x$$

– поправочные коэффициенты, характеризующие влияние переднего угла, состава смазочно-охлаждающей жидкости и степени износа зубьев протяжки на усилие протягивания. Значения этих коэффициентов помещены в [10].

Содержание отчета по работе

Отчет о выполненной практической работе должен содержать:

1. Название и цель работы.
2. Основные понятия.
3. Решение задачи по заданному варианту (табл. 12.1) и заполнение таблицы 12.2.
4. Ответы на контрольные вопросы.

Задание: на горизонтально-протяжном станке 7523 (тяговая сила станка $Q=10\,000$ Н) производится протягивание предварительно обработанного цилиндрического отверстия длиной l и диаметром D . Параметр шероховатости обработанной поверхности Ra 2 мкм. Обрабатывается одна заготовка. Производство – массовое. Протяжка круглая, переменного – резания. Материал протяжки Р18. Подача черновых зубьев на сторону S_z , шаг черновых зубьев t_p . Общая длина протяжки L , длина протяжки до первого зуба l_1 , передний угол γ . Необходимо назначить режим резания и определить машинное время. Нарисовать эскиз обработки. Заполнить таблицу 12.2.

Табл. 12.1. Задания по вариантам

№ вар	Материал заготовки	Размеры отверстия, мм		Конструктивные элементы протяжки					
		D	l	S_z , мм/зуб	L, мм	l_1 , мм	t_p , мм	z_c	γ
1	Сталь 20Х,	50Н9	45	0,02	600	265	8	-	5

Справочные данные

52. Скорости резания, м/мин, для протяжек из быстрорежущей стали Р6М5

Группа скорости резания (см. табл. 53)	Протяжки			
	цилиндрические	шлицевые	шпоночные и для наружного протягивания	всех типов
I	8/6	8/3	10/7	4
II	7/5	7/4,5	8/6	3
III	6/4	6/3,5	7/5	2,5
IV	4/3	4/2,5	4/3,5	2

Примечания: 1. В числителе приведены скорости резания при $Ra = 3,2 \div 6,3$ мкм и точности 8–9-го квалитетов, в знаменателе — при $Ra = 1,6$ мкм и точности 7-го квалитета; для протяжек всех типов — при $Ra = 0,8 \div 0,4$ мкм.

2. При протягивании наружных поверхностей с допуском до 0,03 мм секциями протяжек с фасонным профилем скорость резания снижать до 4–5 м/мин.

3. Для протяжек из стали ХВГ табличные скорости резания снижать на 25–30 %.

53. Группы скорости резания при протягивании стали и чугуна

Твердость HV	Сталь						
	углеродистая и автоматная	марганцовистая и хромовыманганцовистая	хромистая	хромомолибденовая	хромокремнистая и кремнемарганцовистая	хромомарганцовистая	хромокремнемарганцовистая
До 156	IV	—	—	—	—	—	—
Св. 156 до 187	III	III	II	II	—	II	—
» 187 » 197	II	—	I	II	—	I	—
» 197 » 229	I	II	—	—	II	—	II
» 229 » 269	—	—	II	III	III	II	—
» 269 » 321	II	III	III	—	IV	III	III

Твердость HV	Сталь						Чугун	
	никелевая	хромоникелевая	хромомарганцовомолибденовая	никельмолибденовая	хромомарганцовоститановая	хромоникельмолибденовая	серый	ковкий
До 156	—	—	—	—	—	—	—	—
Св. 156 до 187	—	III	—	—	—	—	I	I
» 187 » 197	IV	—	—	—	—	—	—	—
» 197 » 229	III	II	I	III	—	—	II	—
» 229 » 269	III	—	II	II	II	III	—	—
» 269 » 321	—	III	III	III	—	IV	—	—

Рекомендуемые составы смазочно-охлаждающих жидкостей

Обрабатываемый материал	Виды протягивания		
	обычное протягивание	протягивание с повышенным требованием к чистоте поверхности	протягивание со снятием толстых срезов
Углеродистая (0,3% С) и малолегированная сталь	Б, В, Г, И, П	Л, Г, К, Л	Г, К
Среднеуглеродистая и легированная сталь (HB 180—240, $\sigma_B=60-80$ кг/мм ²)	Б, Г, И, К, Л	Е, К, Л	Г
Высокоуглеродистая и легированная сталь (HB 240, $\sigma_B=80$ кг/мм ²), Нержавеющая сталь	А, Г, Е, П, К	Г, Е, Л, К	Г
Чугунное литье, ковкий чугун	О, И, А, П	О, И, К	А, О, П
Алюминий	Т, Р, О	Т, Р	—
Латунь, бронза, медь	О, И, К	О, К, Л	—

Обозначения: А— 10%-ная эмульсия; Б — 15%-ная эмульсия; В — 20%-ная эмульсия; Г — сульфифрезол; Е — осерненное минеральное (веретенное) масло; И — смесь: 8% касторового масла, 25% эмульсола, 0,5% кальцинированной соды, 66,5% воды; К — смесь: 15% касторового масла, 30% эмульсола, 0,5% кальцинированной соды, 54,5% воды; Л—смесь: 30% -касторового масла, 30% эмульсола, 0,5% кальцинированной соды, 39,5% воды; Р — смесь авиационного масла и керосина 1:1; О — без смазочно-охлаждающей жидкости.

54. Сила резания P_z , Н, приходящаяся на 1 мм длины лезвия зуба протяжки

Подача на один зуб s_z , мм	Обрабатываемый материал							
	Углеродистая сталь			Легированная сталь			Чугун	
							серый	
	HB ≤ 197	HB 198—229	HB > 229	HB ≤ 197	HB 198—229	HB > 229	HB ≤ 180	HB > 180
								ковкий
0,01	65	71	85	76	85	91	55	75
0,02	95	105	125	126	136	158	81	89
0,03	123	136	161	157	169	186	104	115
0,04	143	158	187	184	198	218	121	134
0,06	177	195	232	238	255	282	151	166
0,08	213	235	280	280	302	335	180	200
0,10	247	273	325	328	354	390	207	236
0,12	285	315	375	378	407	450	243	268
0,14	324	357	425	423	457	505	273	303
0,16	360	398	472	471	510	560	305	336
0,18	395	436	520	525	565	625	334	370
0,20	427	473	562	576	620	685	360	402
0,22	456	503	600	620	667	738	385	427
0,25	495	545	650	680	730	810	421	465
0,30	564	615	730	785	845	933	476	522

Примечание. Значения силы резания приведены для нормальных условий эксплуатации: а) передние и задние углы зубьев оптимальные; б) величина износа не превышает допускаемую.

Контрольные вопросы:

1. При каком типе производства наиболее рационально использование протяжек и почему?

2. Чему равна глубина резания при протягивании?
3. За сколько проходов осуществляется процесс обработки отверстия при протягивании?

Практическая работа № 13

Расчет и конструирование протяжек

Цель работы – научиться выбирать и назначать по справочным данным конструктивные элементы протяжки, а также производить прочностной расчет на разрыв.

Формируемые результаты освоения учебной дисциплины:

- ОК 1. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.
- ОК 2. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.
- ОК 3. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.
- ОК 9. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.
- У.1. использовать теоретические знания при разработке технологических процессов изготовления деталей машин;
- У.2. правильно выбирать режущие инструменты для механической обработки заготовки;
- У.3. проектировать режимы резания для механической обработки заготовки;
- У.4. использовать теоретические знания к процессам резания и быстро решать поставленные задачи в профессиональной деятельности.

Теоретические сведения

Протяжки являются многозубыми металлорежущими инструментами, осуществляющими снятие припуска без движения подачи за счет превышения высоты или ширины последующего зуба по отношению к высоте или ширине предыдущего. Они применяются для чистовой обработки различных по форме внутренних и наружных поверхностей деталей. Протяжки - узкоспециализированный инструмент, предназначенный для обработки одной и, редко, нескольких деталей, мало отличающихся размерами. Из-за высокой стоимости их применение эффективно в массовом и серийном производстве.

Различают протяжки для внутреннего (для обработки отверстий) и наружного протягивания. Наибольшее применение находят протяжки диаметром 10...75 мм, однако они могут быть также диаметром 3...300 мм.

Рассмотрим расчет и конструирование протяжек 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 качества ($H7 - H9$), 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 из-за сложности изготовления. Протяжки из быстрорежущей стали диаметром 50 мм и более допускается изготавливать цельными или с механическим креплением хвостовика.

В зависимости от типа патрона, применяемого для крепления протяжки на станке (см. ГОСТ 16885—71*), хвостовик протяжки выполняют различной конструкции. Хвостовики для круглых протяжек могут быть выполнены по ГОСТ 4044-70* (табл. 13.1). В нормалях приводятся конструкции хвостовиков других типов. Технические требования к протяжкам для цилиндрических отверстий — в ГОСТ 9126—76.

У рабочей и задней направляющей частей должна быть HRC_3 62...65.

Поверхности и все сопряжения радиусов впадины зуба должны быть плавными, без уступов и других дефектов заточки.

Параметры шероховатости должны быть следующие: задних и передних поверхностей всех зубьев $Rz \leq 1,6$ мкм, поверхностей спинок зубьев, радиусов впадин, стружкоделительных канавок и выкружек $Rz \leq 6,3$ мкм, поверхностей передней и задней направляющих $Ra \leq 0,63$ мкм, поверхностей хвостовика $Ra \leq 1,25$ мкм.

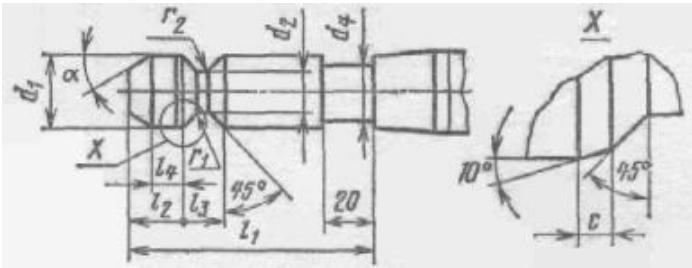
На шейке хвостовика каждой протяжки должна быть четко нанесена следующая маркировка: обозначение протяжки (номер или код детали, для которой предназначен инструмент или др.); диаметр и обозначение поля допуска отверстия; порядковый номер протяжки в комплекте; пределы длин протягиваемых заготовок; марка стали протягиваемых заготовок; номинальная величина переднего угла; марка стали рабочей части протяжки; товарный знак (символ) предприятия-изготовителя.

Пример. Рассчитать и сконструировать круглую протяжку для обработки цилиндрического отверстия диаметром $D = 25H7^{(+0,021)}$ и

длиной $l_n = 50 \pm \frac{IT16}{2} (\pm 0,95)$ в заготовке зубчатого колеса из стали 45 с пределом прочности $\sigma_b = 700$ МПа. Отверстие протягивают после сверления до диаметра $D_0 = 24H11^{(+0,13)}$ на горизонтально-протяжном станке 7А510. Патрон быстросменный автоматический по ГОСТ 16885—71*.

Таблица 13.1

Размеры круглых хвостовиков протяжек
(ГОСТ 4044—70*)

											
d_1 (e8)	d_2 (c11)	d_4 (0,5 - 1)	c	l_1	l_2	l_3	l_4	r_1	r_2	$\alpha, ^\circ$	
12	8	12	мм							0,2	10
14	9,5	14	0,5	120	20	20	12	0,3	0,6	1,0	20
16	11	16									
18	13	18									
20	15	20									
22	17	22	1	140	25	25	16	0,4	1,6	2,5	30
25	19	25									
28	22	28									
32	25	32		160	32	32	20				
36	28	36	1,5	180	40	40	25	0,6	4,0	6,0	
40	32	40									
45	34	45									
50	38	50									
56	42	56	2	210	50	50	32	0,8	6,0		
63	48	63									
70	53	70									
80	60	80		240	50	50	32				
90	70	90									
100	75	100									

Решение.

1. Припуск на диаметр под протягивание $A = D - D_0 = 25 - 24 = 1$ мм. Припуск под протягивание отверстий и значения допусков на изготовление предварительных отверстий могут быть определены для цилиндрических отверстий по табл. 13.2.

Таблица 13.2

Припуск под протягивание цилиндрических отверстий, мм

Длина протяги- ваемого отвер- стия	Припуск после сверления отверстия					Припуск после растачивания или зенкерования отверстия				
	Диаметры протягиваемых отверстий									
	10...18	18...30	30...50	50...80	80...120	10...18	18...30	30...50	50...80	80...120
6...10	0,4 0,5	0,5	-	-	-	0,2 0,3	0,3 0,3	0,4	-	-
10...18	0,6 0,8		0,6	-	-	0,4 0,5	0,4			-

18...30	-	0,6			-	-				-
30...50	-		0,8	1,0		-		0,5	0,6	
50...80	-					-				
80...120	-	0,8			1,2	-	0,5			0,7
120...180			1,0	1,2				0,6	0,7	
Св. 180		1,0			1,4		0,6			0,8
		-					-			
		-	1,2	1,4				0,7	0,8	
					1,6					1,0

Примечание. Допуск на неточность изготовления предварительного отверстия следует принимать: а) после сверления — с полем *H11* для отверстий, длина которых не превышает одного диаметра, с полем *H12* для отверстий большей длины; б) после зенкерования или растачивания — соответственно с полями *H8* или *H11*.

2. Подъем на зуб на сторону s_z выбирают по табл. 13.3.

Таблица 13.3

Подъем на зуб круглой протяжки s_z на сторону, мм

Подъем на зуб s_z на сторону при обработке							
углеродистой и низколегированной стали			высоколегированной стали		чугуна	алюминия	бронзы и латуни
с σ_b , МПа							
< 500	500... ...750	> 750	< 800	> 800			
0,015...0,02	0,025...0,03	0,015...0,025	0,025...0,03	0,01...0,025	0,03...0,1	0,02...0,05	0,05...0,12

Примечание. В условиях массового производства для обеспечения хорошей размерной стойкости протяжки рекомендуется выбирать среднее значение s_z . Для протяжек из стали ХВГ следует выбирать меньшие значения, а для протяжек из сталей Р9 и Р18 — большие значения s_z .

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:

$$\frac{1}{2} s_z \approx 0,015 \text{ мм}; \quad \frac{1}{3} s_z \approx 0,01 \text{ мм}; \quad \frac{1}{6} s_z \approx 0,004 \text{ мм}.$$

3. Профиль, размеры зуба и впадины между зубьями выбирают по табл. 13.4 в зависимости от сечения металла, снимаемого одним режущим зубом протяжки. Площадь сечения впадины между зубьями должна отвечать условию

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

Таблица 13.4

Размеры профилей зубьев протяжек

									
Шаг про- тяжки	Криволинейная форма впадины (эскиз а и б)					Прямолинейная форма впадины (эскиз в)			
	h	b	r	R	F_B , мм ²	h	b	r	F_B , мм ²
	мм					мм			
4	1,6	1,5	0,8	2,5	1,91	-	-	-	-
5	2,0		1,0	3,5	3,14	—	—	—	—
6	2,5	2	1,25	4	4,91	2,0	2,5	1,0	3,0
7	3	2,5	1,5		7,06	2,3	3,0	1,25	5,8
8		3		5	7,06	2,7	3,5	1,5	7,0
10	4		2,0	7	12,56	3,6	4,0	2,0	12,5
12	5	4	2,5	8	19,62	4,5	4,5	2,5	19,3
14	6		3,0	10	28,25	5,4	5,0	3,0	27,9
16	7		3,5	12	38,46	6,3	5,5	3,5	38,0
18	8	6			50,0	7,2	6,0	4,0	49,6
20	9	6	4,5	14	63,58	8,1	6,5	4,5	62,7
22	10		5,0	16	78,5	9,0	7,0	5,0	78,0
Примечания: 1. Для каждой глубины впадины h разрешается применять профиль с удлиненным шагом $t_{удл}$ при сохранении остальных элементов. Профиль выполняется тем же резцом путем его продольного перемещения. 2. Криволинейная форма впадины (эскизы а и б) обеспечивает хорошие условия стружкозавивания и применяется в первую очередь на протяжках переменного и других сложных схем резания.									

где $k = 3$ — объемный коэффициент заполнения впадины (выбирают по табл. 13.5); F_v — площадь сечения впадины, мм; F_c — площадь сечения металла, снимаемого одним зубом, мм;

$$F_c = l_n s_z = 50 \cdot 0,03 = 1,5 \text{ мм}^2.$$

Таблица 13.5

Объемный коэффициент k заполнения впадины
зуба протяжки

Подъем на зуб s_z , мм	Заготовки				
	из стали с σ_B , МПа			из чугуна, бронзы, латуни	из алюминия, меди, баббита
	< 400	400...700	> 700		
До 0,03	3	2,5	3	2,5	2,5

0,03...0,07	4	3	3,5	2,5	3
Св. 0,07	4,5	3,5	4	3	3,5

Находим $F_b = kF_c = 3 \cdot 1,5 = 4,5 \text{ мм}^2$.

Пользуясь табл. 12.4 для ближайшего большего значения $F_b = 5,8 \text{ мм}^2$, при прямолинейной форме впадины зуба принимаем: шаг протяжки $t = 7 \text{ мм}$; глубина впадины $h = 2,3 \text{ мм}$; длина задней поверхности $b = 3 \text{ мм}$; радиус закругления впадины $r = 1,25 \text{ мм}$.

Шаг калибрующих зубьев t_k круглых протяжек принимаем равным $0,6...0,8$ шага режущих зубьев (для остальных типов протяжек $t_k = t$). В нашем примере считаем $t_k = 0,8t = 5,6 \text{ мм}$.

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

4. Геометрические параметры режущих и калибрующих зубьев выбираем, используя справочные данные.

Передний угол γ устанавливают в зависимости от свойств обрабатываемого материала (табл. 13.6), он одинаков для режущих и калибрующих зубьев. Задний угол режущих зубьев внутренних протяжек без компенсации размеров при переточках $\alpha = 3...4^\circ$ (для калибрующих зубьев $\alpha_k = 1...2^\circ$), с компенсацией $\alpha = 8...12^\circ$ (для калибрующих зубьев $\alpha_k = 3...4^\circ$).

Для нашего примера: $\gamma = 15^\circ$; $\alpha = 3^\circ 30'$; $\alpha_k = 1^\circ$.

Число стружкоразделительных канавок и их размеры выбираем по табл. 13.7. Предельное отклонение передних углов всех зубьев $\pm 2^\circ$, задних углов режущих зубьев $\pm 30'$, задних углов калибрующих зубьев $\pm 15'$.

Таблица 13.6

Максимальная толщина среза и величина переднего угла
зубьев протяжек

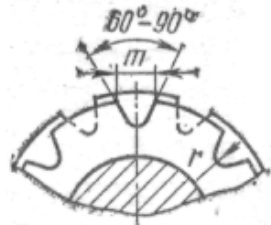
Обрабатываемый материал	Толщина среза a_{\max} , мм	Передний угол γ^0
Сталь:	0,07	16...20
$HB < 200$	0,10	12...15
$HB 200...230$	0,15	8...10
$HB > 230$		
Чугун серый $HB < 140$, чугун ковкий	0,10	8...10
Чугун серый $HB 140...180$	0,15	-
Чугун серый $HB > 180$, латунь, бронза	0,20	5...8
Алюминий, его сплавы, красная медь, баббит	0,10	20...25

5. Максимальное число одновременно работающих зубьев

$$z_{\max} = \frac{l_u}{t} + 1 = \frac{50}{7} + 1 = 8$$

Таблица 13.7

Число и размеры стружкоразделительных канавок
на режущих зубьях цилиндрических протяжек, мм

				
Диаметр протяжки D	Число канавок n	m	h_k	r
10...13	6	0,6...0,8	0,4...0,6	0,2...0,3
13...16	8	0,8...1,0	0,5...0,7	
16...20	10			
20...25	12			
25...30	14	1,0...1,2	0,7...0,8	0,3...0,4
30...35	16			
35...40	18			
40...45	20			
45...50	22			
50...55	24	1,2...1,5	0,8...1,0	0,4...0,5
55...60	28			
60...65	30			
65...70	32			
70...75	34			
75...80	36			

6. Определяем размеры режущих зубьев. Диаметр первого зуба принимается равным диаметру передней направляющей части: $D_3 = D - A = 25 - 1 = 24$ 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 берется знак «—», а при уменьшении — знак «+»; δ определяем для каждого материала и толщины стенок протягиваемой заготовки опытным путем.

В большинстве случаев при протягивании заготовок из стали увеличение диаметра отверстия 0,005...0,01 мм; при протягивании заготовок из вязких сталей уменьшение достигает 0,01 мм. При обработке отверстий с большими полями допусков (11-й— 17-й квалитеты) диаметр калибрующих зубьев

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

Вычисленные размеры зубьев сводят в табл. 13.8, помещаемую в рабочем чертеже протяжки. Предельные отклонения диаметров режущих зубьев не должны превышать -0,01 мм, а калибрующих зубьев -0,005 мм.

Таблица 13.8

Размеры (диаметры) зубьев протяжки, мм

№ зуба	Размер	№ зуба	Размер	№ зуба	Размер	№ зуба	Размер
1	24,00	8	24,42	15	24,84	22	25,016
2	24,06	9	24,48	16	24,90	23	
3	24,12	10	24,54	17	24,96	24	
4	24,18	11	24,60	18	24,99	25	
5	24,24	12	24,66	19	25,01	26	
6	24,30	13	24,72	20	25,016		
7	24,36	14	24,78	21			

8. Число режущих зубьев подсчитывают по формуле и затем уточняют по таблице размеров зубьев:

$$z_p = \frac{A}{2s_z} + (2...3),$$

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 $z_p = 17$ (см. п. 7).

9. Число калибрующих зубьев зависит от типа протяжки:

Протяжка: z_k

цилиндрическая для отверстий квалитетов 7 и 8.....7 - 8

цилиндрическая для отверстий квалитетов 11 - 17.....5 - 6

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. 13.1):

$$l_0 = l_b + l_z + l_c + l_{\Pi} + l_n,$$

где l_b — длина входа хвостовика в патрон, зависящая от конструкции патрона;

принимаем $l_b = 120$ мм;

l_z — зазор между патроном и стенкой опорной плиты станка, равный 5...20мм; принимаем $l_z = 15$ мм;

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

l_{Π} — высота выступающей части планшайбы; принимаем $l_{\Pi} = 30$ мм; l_n — длина передней направляющей (с учетом зазора Δ);

$$l_n = (0,75...1) l_0 = 50 \text{ мм}.$$

Находим $l_0 = 280$ мм. Длину хвостовика надо проверить графически во время вычерчивания рабочего чертежа протяжки. Затем длина l_0 должна быть проверена с учетом длины протягиваемой заготовки согласно табл. 9: $l_0 \geq L_c$; так как в нашем примере $h' = l_n = 50$ мм, то $L_c = 220 + h' = 270$ мм. Принимаем $l_0 = 280$ мм.

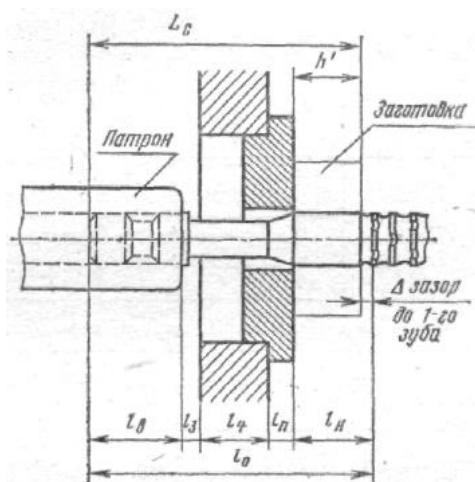


Рис. 13.1. Схема для определения длины протяжки от торца хвостовика до первого зуба

11. Выбираем конструктивные размеры хвостовой части протяжки. По ГОСТ 4044—70* принимаем хвостовик типа 2, без предохранения от вращения с наклонной опорной поверхностью (см. табл. 13.1):

$$d_1 = 22e8;$$

$$d_2 = 17c11;$$

$$d_4 = 22 - 1 = 21 \text{ мм};$$

$$c = 0,5 \text{ мм};$$

$$l_1 = 140 \text{ мм};$$

$$l_2 = 25 \text{ мм};$$

$$l_3 = 25 \text{ мм};$$

$$l_4 = 16 \text{ мм};$$

$$l_5 = 20 \text{ мм};$$

$$r_1 = 0,3 \text{ мм};$$

$$r_2 = 1 \text{ мм};$$

$$\alpha = 30^\circ;$$

диаметр передней направляющей d_5 принимаем равным диаметру предварительного отверстия заготовки с предельным отклонением по $e8$:

$$d_5 = 24e8;$$

длину переходного конуса конструктивно принимаем

$$l_k = 65 \text{ мм};$$

длину передней направляющей до первого зуба — $l_n = l_i + 25 = 50 + 25 = 75$ мм.

Таким образом, полная длина хвостовика

$$l_0 = l_1 + l_k + l_n = 140 + 65 + 75 = 280 \text{ мм (рис. 13.2).}$$

Таблица 13.9

Минимальная длина хвостовика протяжки до первого зуба (к рис. 13.1)

Модель станка	Патрон	L_c , мм
---------------	--------	------------

7Б510	Быстросменный автоматический	220 + h' 280 + h' 580
7Б320	Быстросменный автоматический и клиновой	
7А540		

Примечания: 1. h' — размер обрабатываемой заготовки от опорного конца планшайбы до торца заготовки со стороны входа протяжки. 2. Приведенные размеры даны для планшайб, поставляемых заводом-изготовителем со станками.

Диаметр задней направляющей протяжки должен быть равен диаметру протянутого отверстия с предельным отклонением по $f7$, прочие размеры задней направляющей — по табл. 13.10.

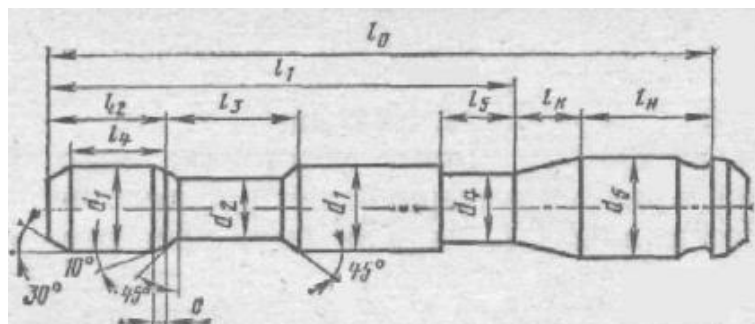


Рис. 13.2. Хвостовик протяжки под быстросменный автоматический патрон

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: $l_p = t z_p = 7 \cdot 17 = 119$ мм;

l_4 — длина зачищающих зубьев: $l_4 = t \cdot z_3 = 7 \cdot 3 = 21$ мм;

l_k — длина калибрующих зубьев: $l_k = t_k z_k = 5,6 \cdot 6 = 33,6 \approx 34$ мм;

l_3 — длина задней направляющей (принимается по табл. 13.10 в зависимости от диаметра задней направляющей $D_{и}$).

Этот диаметр равен наименьшему диаметру протянутого отверстия:

$D_{и} = D_{\min} H7 = 25$ мм, выполненного с полем допуска $f7$, т. е.

$D_{и} = 25f7$; $l_3 = 25$ мм.

Тогда $L_0 = 479$ мм. Принимаем $L_0 = 480$ мм.

Таблица 13.10

Размеры задней направляющей протяжек, мм

Диаметр задней на- правляющей $D_{и}$	Длина задней на- правляющей l_3	Размер фаски t	Диаметр задней на- правляющей $D_{и}$	Длина задней на- правляющей l_3	Размер фаски t

До 13	20	0,5	55...60	45	2,0
13...23	20	1 0	60...70	50	2,0
23...30	25	1, 5	70...90	60	2,5
30...35	30	1, 5	90...100	70	2,5
35...40	35	1, 5	Св. 100	80	3,0
45...55	40	2,0			

Примечание. Для круглой протяжки $D_{\text{и}}$ равен наименьшему диаметру протянутого отверстия. Предельное отклонение диаметра задней направляющей — по $f7$.

Если общая длина протяжки превышает наибольшую длину хода станка, то делают комплект протяжек. Общее число режущих зубьев делят на принятое число проходов. Диаметр первого режущего зуба протяжки данного прохода принимают равным диаметру калибрующих зубьев протяжки предыдущего прохода.

13. Максимально допустимая сила резания

$$P_{z_{\max}} = 9,81 C_p s_z^x D z_{\max} k_{\gamma} k_c k_u ;$$

где C_p — постоянная, зависящая от обрабатываемого материала и формы протяжки (табл. 13.11);

s_z^x — толщина стружки или подъем зубьев на сторону;

x — показатель степени при s_z (табл. 13.11);

D — диаметр протягиваемого отверстия;

z_{\max} — наибольшее число одновременно работающих зубьев;

k_{γ} — коэффициент, определяющий влияние переднего угла на усилие протягивания (табл. 13.12);

k_c — коэффициент, учитывающий влияние смазочно-охлаждающей жидкости на усилие протягивания (табл. 13.12);

k_u — коэффициент, учитывающий влияние износа зубьев протяжки на усилие протягивания (табл. 13.12).

Для нашего примера $P_{z_{\max}} = 9,81 \cdot 700 \cdot 0,03^{0,85} \cdot 25 \cdot 8 = 70\,000 \text{ Н}$.

Таблица 13.11

Значения постоянной C_p и показателя степени x

Обрабатываемый материал	HB	σ_b , кгс/мм ²	Протяжки круг- лые, C_p	x
Сталь: углеродистая ¹ конструкционная	До 200 200...230 Св. 230	До 70 70...80 Св. 80	700 762 842	0,85
легированная конструкционная	До 200 200...230 Св. 230	До 70 70...80 Св. 80	762 842 1000	0,85
хромомолибденовая	250...270	-	800	0,80
Чугун	200 200	- -	300 354	0,73

¹ Для алюминия и магниевых сплавов брать 70% величины

Если полученная сила превышает тяговую силу станка, приведенную в его паспортных данных (табл. 13.13), необходимо уменьшить z_{\max} (т. е. увеличить шаг зубьев) или уменьшить подъем на зуб s_z . В данном случае тяговая сила станка равна 10 000 кгс ($\approx 100\,000$ Н); следовательно, обработка возможна.

Таблица 13.12

Значения коэффициентов k_γ , $k_{\text{и}}$, $k_{\text{с}}$

Обрабатываемый материал	γ°				Степень затупления		Смазочно-охлаждающая жидкость ²			
	5	10	16	20	острая	затупленная ¹	СФ	ЭМ	РМ	Бс
	k_γ				$k_{\text{и}}$		$k_{\text{с}}$			
Сталь	-	1	0,93	0,85	1	1,15	1	1	0,9	1,34
Чугун, другие материалы	1,1	1	0,95	-	1	1,15	-	0,9	-	1
¹ Затупление, соответствующее ширине зоны износа по задней грани и краям режущей кромки, до 0,15 мм для круглых протяжек. ² СФ — сульфозин, ЭМ — эмульсия 10%, РМ — растительное масло, Бс — без смазочно-охлаждающей жидкости.										

14. Проверяем конструкцию протяжки на прочность. Рассчитаем конструкцию на разрыв во впадине первого зуба:

$$\frac{P_{z_{\max}}}{F} \leq \sigma_{\text{н}},$$

где площадь опасного сечения по впадине первого зуба:

$$F = \frac{\pi(D_3 - 2h)^2}{4} = 296 \text{ мм}^2;$$

$\sigma_{\text{н}}$ — напряжение в опасном сечении (если площадь опасного сечения по хвостовику

$$F_x < F,$$

то расчет надо вести по F_x):

$$\sigma_{\text{н}} = 233 \text{ МПа}.$$

Напряжение в опасном сечении $\sigma_{\text{н}}$ не должно превышать допустимого напряжения (табл. 12.14).

Проведем аналогичный расчет для сечения хвостовика ($D_1 = 17$ мм):

$$F_x = \frac{\pi D_1^2}{4} = 227 \text{ мм}^2; \sigma_{\text{н}} = 304 \text{ МПа}.$$

Полученное напряжение также допустимо для хвостовика из легированной стали 40Х.

Рассчитаем хвостовик на смятие:

$$\frac{P_{z_{\max}}}{F_1} \leq \sigma_{\text{смят}},$$

где F_1 — опорная площадь замка;

$$F_1 = \frac{\pi(D^2 - D_1^2)}{4} = 153 \text{ мм}^2, \text{ откуда } \sigma_{\text{смят}} = 457 \text{ МПа.}$$

Таблица 13.13

**Номинальные тяговые силы P
и наибольшие длины ходов протяжных станков**

Станок	P , кН	Наибольшая длина хода в мм	Станок	P , кН	Наибольшая длина хода в мм
Горизонтальный:	102	1400 1250	Вертикальный:	51	600
7510; 7510М	102	1600 1800	7705; 7705А;	51	800 1350
7А510	204	2000 2000	7705Б	102	1200 1000
7520; 7А520	306	2000	7А705В	102	1600 1250
7530М	408		7710	102	
7540	714		7А710	204	
7551	1020		7Б710; 7710В;	204	
7552			7А710Д		
			7720		
			7Б720; 7720В;		
			7А720Д		

Таблица 13.14

Допустимое напряжение для материала протяжек

Инструмент	σ_n , МПа для материала режущей части	
	Быстрорежущие стали	Легирован- ные стали
Круглые протяжки	350	300
Примечание. Для конструкционных сталей, из которых изгото- товлен хвостовик, если инструмент сварной, $\sigma_n = 250$ МПа.		

Допустимое напряжение на смятие 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—76*.

16. Центровые отверстия выполняем по ГОСТ 14034—74*, форма В.

17. Выполняем рабочий чертеж протяжки (рис. 13.3) с указанием основных технических требований.

Данные к задаче (размеры в мм)

№ варианта	d	d_0	l_n	Модель станка	№ варианта	d	d_0	l_n	Модель станка
1	32H7	30,8	70	7A520	6	30H8	28,9	50	7A510
2	36H7	34,8	75		7	27H9	25,9	45	
3	45H8	43,7	90		8	25H9	23,9	40	
4	55H8	53,6	100	7540	9 10	22H8	20,9	35	
5	65H9	63,6	120			20H7	19,1	30	

Контрольные вопросы

1. В чем состоят особенности процесса протягивания?
2. Как классифицируются протяжки?
3. Какие схемы резания при протягивании вы знаете? В каких случаях их применяют?
4. Каковы геометрические параметры рабочей части протяжек?
5. От каких факторов зависит характер износа зубьев протяжки?

Практическая работа № 14

Процесс шлифования

Цель работы – изучить процессы шлифования и виды шлифования.

Формируемые результаты освоения учебной дисциплины:

- ОК 1. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.
- ОК 2. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.
- ОК 3. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.
- ОК 9. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.
- У.1. использовать теоретические знания при разработке технологических процессов изготовления деталей машин;
- У.2. правильно выбирать режущие инструменты для механической обработки заготовки;
- У.3. проектировать режимы резания для механической обработки заготовки;

У.4.использовать теоретические знания к процессам резания и быстро решать поставленные задачи в профессиональной деятельности.

Теоретические сведения

Процессы шлифования

Шлифование — процесс обработки металлов абразивным инструментом, режущими элементами которого являются зерна абразивных материалов, связанные друг с другом связующим веществом. Шлифование обеспечивает высокую точность (до 6-го квалитета при обработке тел вращения) и Ra 0,63...0,04 мкм.

При обработке наружных и внутренних поверхностей различают *предварительное, чистовое и тонкое шлифование*.

Основные виды шлифования — это наружное круглое, бесцентровое наружное, внутреннее и плоское.

Наружное круглое шлифование

Наружное круглое шлифование в центрах применяют для обработки цилиндрических поверхностей. Основные методы наружного круглого шлифования — это шлифование с продольной подачей и шлифование с поперечной подачей.

Шлифование с продольной подачей (рис. 12.1, а). В этом случае шлифовальный круг 3 имеет два движения: вращательное вокруг оси главное движение — это скорость резания V_k и поступательное движение в направлении, перпендикулярном к оси обрабатываемой заготовки — это поперечная подача S_k . Заготовка 4 получает тоже два движения: вращательное вокруг оси со скоростью $V_{заг}$ и поступательное вдоль оси — это продольная подача $S_{заг}$. Поперечную подачу S_k шлифовального круга на глубину резания осуществляют после возвращения заготовки в исходное положение.

Наружное круглое шлифование с продольной подачей заготовки применяют для шлифования заготовок значительной длины для снятия припуска 0,15... 1,15 мм. Величину продольной подачи $S_{заг}$ на один оборот изделия обычно берут в пределах 0,2...0,9 от ширины шлифовального круга. Глубина резания t или поперечная подача S_k измеряется в направлении, перпендикулярном к обрабатываемой поверхности, и представляет собой слой металла, снимаемый шлифовальным кругом за один продольный ход.

Для получения требуемой формы и качества поверхности осуществляют *выхаживание* — шлифование с дополнительными проходами без поперечной подачи до прекращения появления искр. Образование искр при выхаживании объясняется снятием упругих деформаций в технологической системе СПИД.

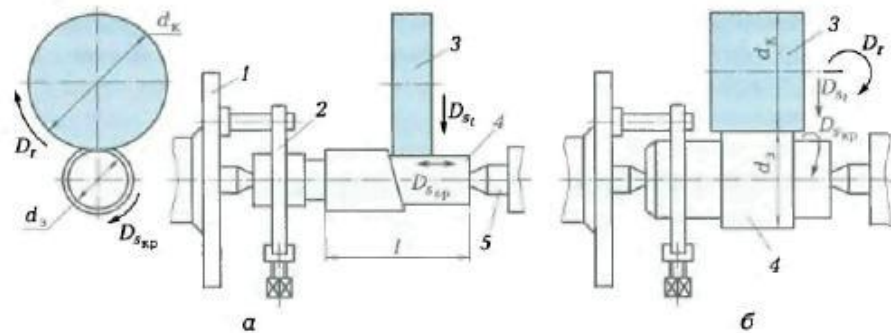


Рис. 12.1. Схемы наружного круглого шлифования с продольной (а) и поперечной (б) подачей:

l — патрон; 2 — хомут; 3 — шлифовальный круг; 4 — заготовка; 5 — центр;
 d_k, d_s — диаметр круга и заготовки соответственно; l — длина заготовки

Шлифование с поперечной подачей круга или методом врезания (рис. 12.1, б). Шлифовальный круг 3 и обрабатываемая заготовка 4 имеют вращательное движение. Движение поперечной подачи S_k осуществляет шлифовальный круг 3 в поперечном направлении перпендикулярно к оси заготовки 4. Шлифовальный круг перекрывает всю длину обрабатываемой поверхности заготовки. Заготовка, установленная в центрах передней и задней бабкок или на оправке, вращается со скоростью $V_{заг}$ в направлении, противоположном направлению вращения шлифовального круга.

Шлифование с поперечной подачей заготовки осуществляют с радиальной подачей круга на один оборот заготовки. Этот метод шлифования применяют при небольшой длине шлифуемой поверхности и проводят обычно на врезных круглошлифовальных станках, которые имеют одну или несколько шлифовальных бабкок и на шпинделях которых закрепляют один или несколько шлифовальных кругов. При обработке уступов, буртиков и шеек на жестких заготовках небольшой длины применяют шлифование с поперечной подачей, с креплением заготовки в патроне.

Бесцентровое наружное шлифование — более производительный метод обработки, чем круглое наружное шлифование в центрах или патроне. Процесс бесцентрового шлифования легче автоматизировать и осуществлять непрерывным потоком.

Жесткость технологической системы при бесцентровом шлифовании в 1,5-2 раза выше, чем при круглом шлифовании. Это позволяет в 1,5-2 раза повысить режимы резания и вести обработку жестких валиков большой длины.

Однако при шлифовании в центрах цилиндрические поверхности имеют меньшие погрешности формы в поперечном и продольном сечениях, большую соосность ступеней обработанных валиков.

Бесцентровое шлифование можно осуществлять *сквозной подачей (на проход)*, с *продольной подачей до упора* и *поперечной подачей (врезанием)*.

Схема *сквозного бесцентрового шлифования* гладких цилиндрических поверхностей (рис. 12.2, а, б).

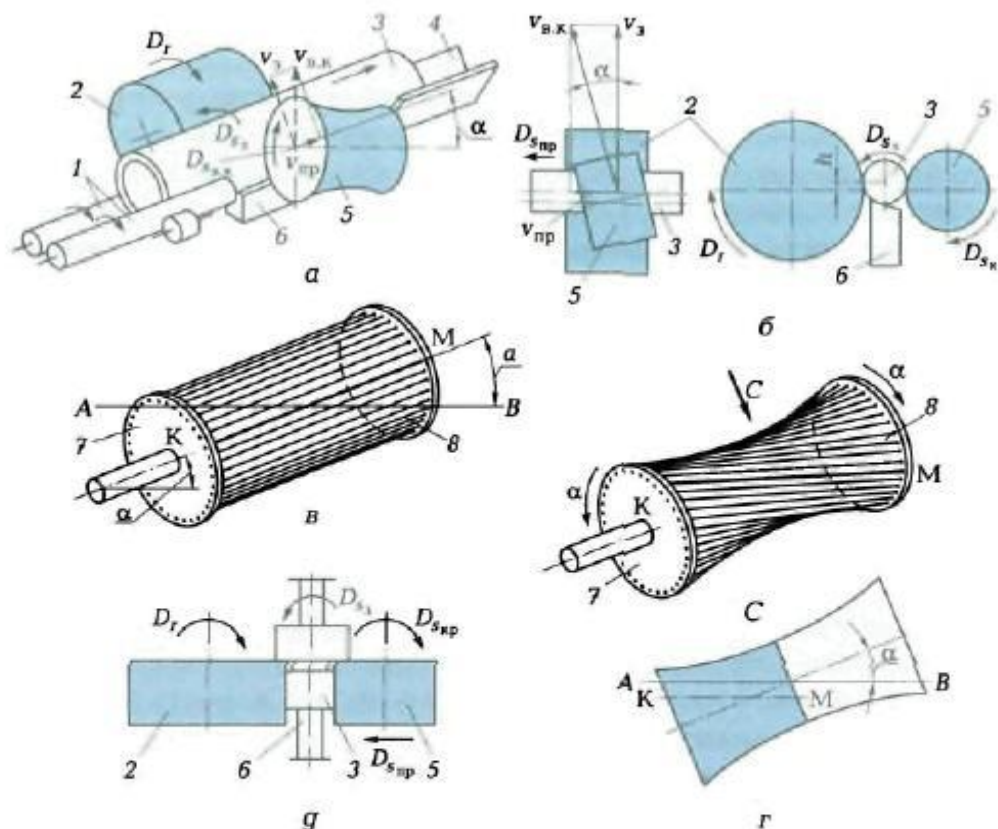


Рис. 12.2. Схемы бесцентрового шлифования:

а, б — с продольной подачей заготовки; в, г — модель гиперboloида и ведущего круга; г — с поперечной подачей круга: 1 — ролики; 2 — рабочий круг; 3 — заготовка; 4 — призма; 5 — ведущий круг; 6 — опорный нож; 7 и 8 — диски; КМ — гибкие нити; АВ — линия контакта ведущего круга и заготовки; α — угол наклона оси ведущего круга

Шлифуемое изделие находится между двумя кругами — рабочим 2 и ведущим 5, поддерживается опорным ножом 6, направляющими призмой 4 и роликами 1. Круги вращаются в одну сторону: окружная скорость ведущего круга $V_{Bk} = 0,167... 1,5$ м/с, а рабочего, осуществляющего процесс резания, $V_k = 30...35$ м/с.

Ось ведущего круга наклонена к оси рабочего шлифовального круга под углом $\alpha = 1...6^\circ$ при черновом шлифовании и $\alpha = 0,5... 1,5^\circ$ при чистовом. Это позволяет получить продольную подачу $S_{заг}$ при шлифовании заготовок значительной длины.

Ведущий круг касается шлифуемой заготовки по всей ширине круга, а не в одной точке. Ведущему кругу 5 правкой алмазом придают форму однополостного гиперboloида вращения (рис. 12.2,г), что обеспечивает контакт круга с заготовкой по линии.

Основную нагрузку по снятию припуска при бесцентровом шлифовании на проход выполняет передняя часть шлифующего круга, а на задней части круга происходит процесс выхаживания. Первый круг (крупнозернистый) служит для снятия припуска, второй круг (мелкозернистый) — для выхаживания. Применение наладок с несколькими шлифующими кругами (с широким кругом) сокращает число проходов почти пропорционально увеличению ширины круга.

Бесцентровое шлифование с поперечной подачей (рис. 12.2, д) применяют для обработки цилиндрических деталей с буртиками, ступенчатых валиков. Количество рабочих ходов при бесцентровом шлифовании с поперечной подачей меньше, чем при шлифовании на проход, так как при черновом проходе

практически можно снимать заданный припуск значительной величины. Обработку до определенного размера осуществляют за счет сближения кругов, т.е. уменьшают расстояние между осями кругов.

Длина обрабатываемой поверхности должна быть меньше ширины кругов. При шлифовании с поперечной подачей качество поверхности и точность обработки изменяются по мере износа шлифовального круга. Поэтому при высоких требованиях к точности и качеству поверхности шлифование проводят за несколько рабочих ходов. Чистовые рабочие ходы осуществляют мелкозернистыми шлифовальными кругами, обладающими значительной стойкостью.

Внутреннее шлифование. Внутреннее шлифование проводят шлифовальными кругами, внешний диаметр которых меньше внутреннего диаметра заготовки (рис. 12.3). Внутреннее шлифование осуществляют двумя способами: *шлифование отверстия во вращающейся заготовке* (рис. 12.3, а) и *шлифование отверстия в неподвижной заготовке — планетарное шлифование* (рис. 12.3, б).

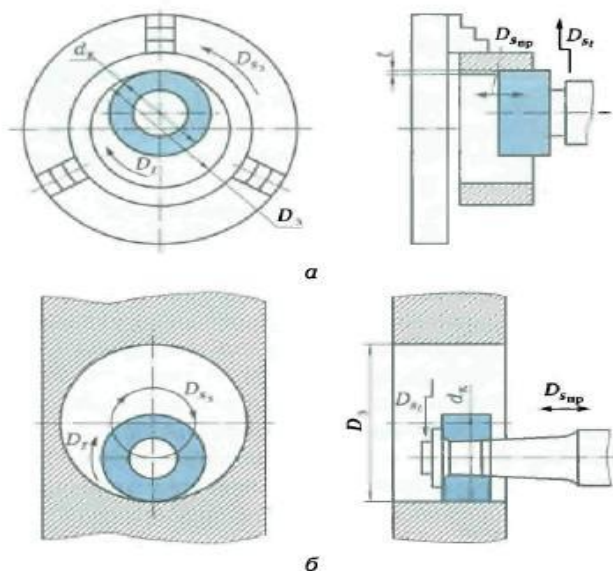


Рис. 12.3. Схемы цилиндрического внутреннего шлифования:
а — во вращающейся заготовке; б — в неподвижной заготовке: d_k , D_z — диаметры
круга и заготовки; t — глубина шлифования

Первый способ применяют в основном при обработке отверстий в заготовках относительно небольших размеров, имеющих форму тел вращения.

Второй способ используют при обработке заготовок, которые неудобно закреплять в патроне станка. В этом случае шлифовальный круг совершает три движения: вращательное движение вокруг своей оси, круговое (планетарное) движение вокруг оси отверстия заготовки и возвратно-поступательное движение (продольное).

Скорость вращения вокруг оси отверстия заготовки представляет собой как бы скорость вращения заготовки $V_{заг}$.

Движение поперечной подачи при внутреннем шлифовании осуществляется при движении стола станка. Поперечную подачу S_k назначают на один двойной ход.

Продольную подачу $S_{пр}$ задают обычно в долях ширины круга (B) $S_{пр} = (0,25...0,8)B$. Диаметр шлифовального круга d_k выбирают в зависимости от диаметра шлифуемого отверстия:

$$d_k = (0,75...0,95) D_{заг}.$$

Шлифование внутренних цилиндрических и конических поверхностей можно осуществлять на универсальных круглошлифовальных станках при помощи специальных головок, устанавливаемых на корпусе шлифовальной бабки. Шпиндель такой головки получает вращение с большой частотой вращения (до 80 тыс. об/мин и более). Шлифуемую заготовку крепят в шпинделе передней бабки. Заготовка получает движение продольной подачи вместе со столом станка.

Более высокой точности и производительности шлифования отверстий достигают на внутришлифовальных станках. Обычно на внутришлифовальных станках шлифуют отверстия, длина которых не превышает трех диаметров. При шлифовании отверстий с отношением их длины к диаметру более 3... 6 необходимо подбирать соответствующие режимы обработки отверстия. Шлифовать отверстия можно как методом врезания, так и методом продольной подачи шлифовального круга. Шлифовальный круг и заготовка обычно вращаются в разные стороны.

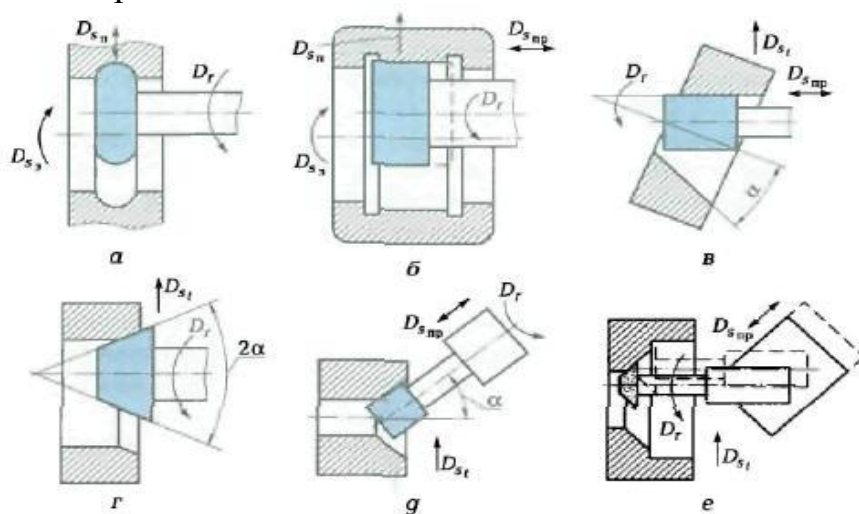


Рис. 12.4. Внутреннее шлифование фасонных (а), цилиндрических (б) и конических (в, г, д, е) поверхностей с поперечной (а, б, г) и продольной (в, д, е) подачами:
α — половина угла конуса

Шлифование отверстий методом врезания с поперечной подачей шлифовального круга применяют в двух случаях:

- для обработки фасонных поверхностей, когда невозможно осуществить продольное перемещение круга или заготовки и профиль шлифовального круга копируется на поверхности отверстия (рис. 12.4, а);
- для обработки отверстий, имеющих прямолинейные образующие, когда возможно осуществить небольшие колебательные (осциллирующие) продольные перемещения круга или заготовки (рис. 12.4, б). Осциллирующие движения шлифовальной бабки или стола обеспечивают равномерный износ шлифовального круга по всей его ширине.

Основной метод работы на внутришлифовальных станках — это метод продольной подачи шлифовального круга или заготовки. Шлифовальный круг не должен выходить из изделия на величину перебега большую, чем $1/2 \dots 1/3$ своей ширины, чтобы избежать увеличения диаметра отверстия на концах, вследствие увеличения удельного давления резания при выходе круга из отверстия. Величина перебега в обе стороны должна быть одинаковой, чтобы обеспечить одинаковый размер отверстия по длине.

Конические отверстия можно шлифовать тремя способами:

- поворотом передней шпиндельной бабки на необходимый угол и с продольной подачей шлифовального круга (рис. 12.4, в);
- шлифовальным кругом конической формы методом врезания (рис. 12.4, г);
- поворотом суппорта шлифовальной бабки на необходимый угол с продольной подачей суппорта (рис. 12.4, д, е).

Плоское шлифование — основной метод черновой и чистовой обработки плоскостей заготовок. Существуют два способа плоского шлифования: *шлифование периферией круга* (рис. 12.5, а, в) на станках с прямоугольным и круглым столами; *шлифование торцом круга* (рис. 12.5, б, г) на станках с прямоугольным и круглым столами.

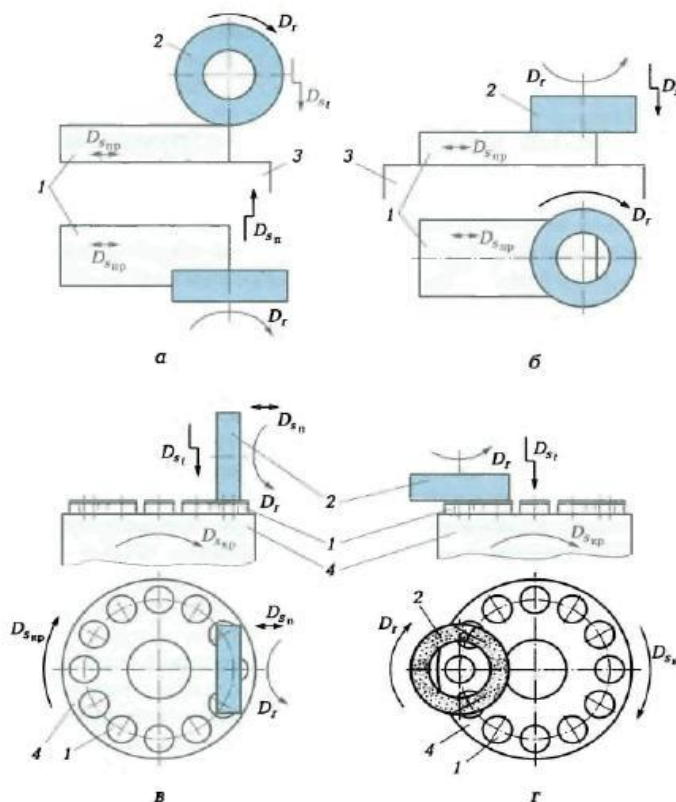


Рис. 12.5. Схемы плоского шлифования:

а, в — периферией круга; б, г — торцом круга: 1 — заготовка; 2 — шлифовальный круг; 3 — прямоугольный стол; 4 — круглый стол

При шлифовании заготовок на прямоугольных столах заготовка совершает возвратно-поступательное движение со скоростью $V_{заг}$, а круг вращается со скоростью V_k и совершает движение поперечной подачи S_k в конце каждого продольного хода. Шлифование заготовок на круглых столах осуществляют при вращении стола со скоростью $V_{заг}$. Для снятия всего припуска на обработку шлифовальный круг совершает движение вертикальной подачи на глубину шлифования в конце каждого поперечного хода круга.

Расчет машинного времени при наружном круглом шлифовании методом продольной подачи

Основным называется время, затрачиваемое непосредственно на процесс шлифования детали. При круглом шлифовании с продольной подачей основное время T_0 (в мин) рассчитывается по формуле

$$T_0 = L \times Z / S_{пр} \times S_n ,$$

где $L = L_{\text{шл}} + B_k + 30$ - длина хода стола, мм;

$L_{\text{шл}}$ - длина шлифуемой поверхности, мм;

B_k - ширина шлифовального круга, мм;

Z - половина припуска на обработку, на диаметр $2 Z$, мм;

$S_{\text{пр}}$ - продольная минутная подача, мм/мин;

S_n - поперечная подача, мм/ход.

Содержание отчета по работе

Отчет о выполненной практической работе должен содержать:

1. Название и цель работы.
2. Основные теоретические понятия.
3. Ответы на тест, предложенный преподавателем.
4. Ответы на контрольные вопросы.

Примерный тест

Вопрос 1

Технологический метод обработки при помощи абразивных инструментов, режущими элементами которых являются твердые зерна абразивных материалов это

Варианты ответов

- полирование
- шлифование
- доводка

Вопрос 2

Шлифование является процессом массового скоростного резания с образованием ...

Варианты ответов

- мелких стружек
- очень мелких стружек
- литой стружки

Вопрос 3

Инструментом при шлифовании могут быть:

Варианты ответов

- абразивные круги
- головки, бруски, сегменты
- листы, ленты, пасты
- фрезы
- свободные зерна

Вопрос 4

По характеру обрабатываемых поверхностей технологические схемы шлифования можно разделить на три основных вида

Варианты ответов

- круглое
- плоское
- профильное
- круговое

Вопрос 5

Обработка поверхностей вращения: цилиндрических, конических и фасонных, гладких и ступенчатых, наружных и внутренних, сквозных и глухих относится к

Варианты ответов

- плоскому шлифованию
- круглому шлифованию
- профильному шлифованию
- круговому шлифованию

Вопрос 6

В зависимости от способа крепления заготовки и вида обрабатываемой поверхности круглое шлифование может быть:

Варианты ответов

- Наружное шлифование в центрах или патроне:
- Внутреннее шлифование
- Центровочное шлифование
- Бесцентровое шлифование

Вопрос 7

Плоское шлифование. Различают две схемы:

Варианты ответов

- Периферией круга
- Торцом круга
- сегментом

Вопрос 8

Профильное шлифование.

Варианты ответов

- обработка резьб и зубчатых колес
- шлифование сфер и сложных фасонных поверхностей
- по кулачку или шаблону
- по копиру

Вопрос 9

общий вид универсального круглошлифовального станка

Варианты ответов

- передняя бабка, шлифовальный круг, бабка шлифовального круга
- шлифовальный круг, бабка шлифовального круга, станина
- задняя бабка, верхняя часть стола,
- нижняя часть стола, станина

Вопрос 10

Каждый тип станка имеет свои конструктивные особенности, однако, общим признаком служит то, что главным движением является вращение

Варианты ответов

- детали
- шлифовального круга

Контрольные вопросы

1. Раскройте характерные особенности процесса шлифования.
2. Как осуществляется наружное и внутреннее круглое шлифование?
3. Как осуществляется плоское шлифование?
4. Как осуществляется бесцентровое наружное шлифование?

Практическая работа № 15

Расчет и табличное определение рациональных режимов резания при различных видах шлифования

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

Формируемые результаты освоения учебной дисциплины:

ОК 1. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.

ОК 2. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 3. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.

ОК 9. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

У.1. использовать теоретические знания при разработке технологических процессов изготовления деталей машин;

У.2. правильно выбирать режущие инструменты для механической обработки заготовки;

У.3. проектировать режимы резания для механической обработки заготовки;

У.4.использовать теоретические знания к процессам резания и быстро решать поставленные задачи в профессиональной деятельности.

Теоретические сведения

Шлифовальные инструменты. Шлифование выполняется абразивными инструментами. Абразивный инструмент представляет собой твердое тело, состоящее из зерен абразивного (шлифовального) материала, скрепленных между собой связкой. Значительную часть объема абразивного инструмента занимают воздушные поры (рис. 15.1).

Структура абразивного инструмента характеризует строение абразивного инструмента в зависимости от количественного соотношения между зернами, связкой и порами в единице объема. Различной плотности расположения зерен достигают, изменяя давление при прессовании заготовок абразивных инструментов. Различают три группы структур с 13 номерами инструментов: плотные (№ 0 — 3), среднеплотные (№ 4 — 6), открытые (№ 7 —12).

Для плоского, внутреннего и круглого шлифования периферией круга рекомендуют применять круги среднеплотной структуры. Для фасонных работ желательно выбирать круг повышенной плотности. При шлифовании хрупких материалов применяют круги среднеплотной структуры. Абразивный

инструмент изготавливают различной формы, размеров и конструкций в зависимости от характера обработки, типа станка, формы и размеров обрабатываемой детали и т. д.

Инструменты и материалы для алмазно-абразивной обработки имеют весьма широкую номенклатуру, поскольку применяются для различных видов шлифования, для обработки поверхностей разных размеров, различных материалов и т.д. Все они подразделяются на круги, головки, сегменты, бруски, ленты, листы, свободные зерна и пасты.

Особенно широко применяют в современном машиностроении круги. Круги выпускают в виде различных тарелок, чашек, колец и т.д. Форма и размеры круга определяются видом шлифования и размерами обрабатываемой поверхности и станка.

Шлифовальные головки используют на станках и ручных шлифовальных машинах для обработки и зачистки различных поверхностей. Особенно широко эти головки применяют при работах, исключая использование шлифовального станка. Материал их режущей поверхности — это синтетические алмазы и абразивы.

Шлифовальные сегменты различной формы выпускают и используют для изготовления сборных кругов, имеющих металлический корпус и элементы для закрепления этих сегментов. Сборные круги из сегментов имеют прерывистую режущую поверхность, что повышает стойкость круга, производительность и качество обработки.



Рис. 15.1. Схема резания и расположения абразивных зерен, пор и связки в абразивном инструменте при шлифовании.

Бруски круглого, прямоугольного и других сечений применяют при слесарно-лекальных и отделочных станочных работах: хонинговании, суперфинишировании и др.

Ленты используют для шлифования заготовок со сложными профилями (например, лопаток турбин), снятия заусенцев и для других работ. Бесконечную ленту при обработке прижимают в нужном месте заготовки стороной, на которую нанесен слой абразивного порошка.

Обработку свободными, незакрепленными зернами ведут обычно в жидкой среде, часто с наложением вибраций, для очистки поверхностей, снятия заусенцев и других работ.

Пасты применяют при доводочных работах и полировании, нанося их на притир или полировальник, осуществляющий движение резания.

Абразивные материалы подразделяют на естественные и искусственные.

К естественным абразивным материалам относятся минералы — алмаз, корунд, наждак. В настоящее время их редко используют — заменяют искусственными материалами, как более качественными.

К искусственным абразивным материалам относят электрокорунд, монокорунд, карбид кремния, карбид бора, синтетический алмаз и эльбор.

Электрокорунд — искусственный корунд, представляющий собой кристаллический оксид алюминия Al_2O_3 , получаемый плавкой бокситов (алюминиевая руда) в электропечах при высокой температуре (2000... 2050 °С). Различают электрокорунд нормальный (обозначается буквой Э); белый (ЭБ), хромистый (ЭХ). Электрокорунды применяют для обработки металлов с высоким пределом прочности на разрыв (стали, ковкого чугуна, твердой бронзы).

Монокорунд — это разновидность электрокорунда, получается в результате плавки боксита с сульфидом железа в электропечах. Зерна его состоят из отдельных кристаллов и их осколков. Микротвердость монокорунда не выше, чем электрокорунда, но прочность выше. Монокорунд применяют для скоростного шлифования (при скорости круга до 50 м/с), для изготовления микропорошков, обеспечивающих шероховатость обработанной поверхности до $Rz\ 0,1 \dots 0,05$ мкм.

Карбид кремния (карборунд) — химическое соединение кремния и углерода SiC , полученное в электропечах при высокой температуре (1800... 1850 °С) плавкой кварцевого песка и материалов с высоким содержанием углерода (коксового порошка). Различают карбид кремния зеленый КЗ и черный КЧ. Карбид кремния имеет большую твердость, но меньшую вязкость и прочность по сравнению с электрокорундом. *Зеленый карбид кремния* применяют при шлифовании твердых сплавов, заточке твердосплавных инструментов. *Черный карбид кремния* применяют для обработки материалов с малым пределом прочности на разрыв (чугуна и медных сплавов, алюминиевых сплавов, мягкой бронзы, латуни и т.д.).

Карбид бора — химическое соединение бора с углеродом. Твердость карбида бора приближается к твердости алмаза, но он более хрупок. Карбид бора применяют в основном для доводочных работ.

Синтетический алмаз — одна из многочисленных модификаций углерода с определенным расположением атомов в кристаллической решетке.

Эльбор — кубический нитрид бора, имеет микротвердость (80 000... 100 000 МПа), соизмеримую с микротвердостью алмаза, и значительно превышает этот показатель у наиболее твердых абразивных материалов, например карбида бора (40000...45000 МПа). Термостойкость эльбора (1 500 °С) в два с лишним раза выше термостойкости алмаза (700...800 °С) и карбида бора (600...700 °С). Высокие показатели эльбора по твердости и термостойкости обуславливают применение изготовленных из него инструментов для шлифования заготовок из труднообрабатываемых сталей и сплавов (коррозионностойких, жаропрочных и т.д.).

Номер зернистости абразивного материала предопределяет крупность зерен по их размерам (величина отверстия сита в сотых долях миллиметра). По размерной характеристике зерна абразивного материала, кроме алмазов, подразделяют на шлифзерно (номера зернистости 200—16), шлифпорошки (номера зернистости 12 — 3), микропорошки (номера М40 —М5).

Шлифовальные зерна и порошки соединяют в одно целое (круги, бруски и т.д.) с помощью связующего вещества — *связки*. Связки бывают *неорганические* и *органические*.

К неорганическим связкам относятся керамическая К, силикатная С и магнезиальная М.

Керамическая основная связка применяется для изготовления кругов. Она не теряет своих свойств при шлифовании с охлаждением, устойчива при высоких температурах, но из-за малой упругости и большой хрупкости ее не рекомендуют применять для отрезки и прорезки узких пазов. Керамическая связка состоит из глины, шпата, кварца, талька, корундовой пыли и т. д. Твердость шлифовального круга зависит от состава и процентного содержания отдельных компонентов.

Силикатную и магнезиальную связки применяют, когда обрабатываемая поверхность чувствительна к повышению температуры при работе без охлаждения.

К органическим связкам относят бакелитовую Б и вулканитовую В.

Бакелитовая связка представляет собой смолу, полученную из фенола и формалина. Круги на бакелитовой связке обладают высокой прочностью и упругостью. Бакелитовые круги применяют при работе на высоких скоростях резания (свыше 35 м/с) без охлаждения.

Вулканитовая связка состоит из каучука, подверженного вулканизации. Абразивные круги на вулканитовой связке обладают высокой упругостью, но имеют низкую температуростойкость. Вулканитовые круги применяют в основном для отрезных, прорезных работ, резьбошлифования, бесцентрового шлифования и полирования.

Под твердостью абразивного инструмента подразумевают способность связки удерживать абразивные зерна в инструменте при воздействии на него внешних усилий. Твердость круга зависит от количества связки в нем и технологического процесса изготовления. Твердость абразивного инструмента характеризуют и определяют по шкале твердости кругов: мягкий М, среднемягкий СМ, средний С, среднетвердый СТ, твердый Т, весьма твердый ВТ, чрезвычайно твердый ЧТ.

Выбор твердости круга зависит от многих факторов, из которых основные — это обрабатываемый материал, размеры детали, метод шлифования, режимы шлифования и характеристика круга.

При шлифовании твердых материалов (закаленной стали, чугуна, твердых сплавов) применяют мягкие круги вследствие быстрого износа зерен.

При обработке мягких материалов зерна более медленно теряют свою режущую способность, поэтому круг может быть выбран более твердым. Чем мягче материал, тем тверже круг. Однако для обработки весьма мягких и вязких материалов (меди, алюминиевых сплавов, мягкой бронзы и латуни) следует выбирать более мягкие круги. В противном случае произойдет быстрое засаливание рабочей поверхности круга — появление металлического блеска на его поверхности, что свидетельствует о забивании пор круга и обволакивании режущих зерен частицами металла и СОЖ. Такой круг не режет металл и местами проскальзывает по поверхности заготовки.

При шлифовании прерывающихся или неровных поверхностей следует применять более твердые круги. Тонкое чистовое шлифование проводят более мягкими кругами. При точном профильном шлифовании применяют круги повышенной твердости.

Все абразивные инструменты имеют свою маркировку. В маркировке абразивного инструмента указывается природа абразивного материала, размер его зерен (зернистость) и зерновой состав (содержание основной фракции), твердость инструмента, природа и свойства связки, класс точности и класс неуравновешенности круга.

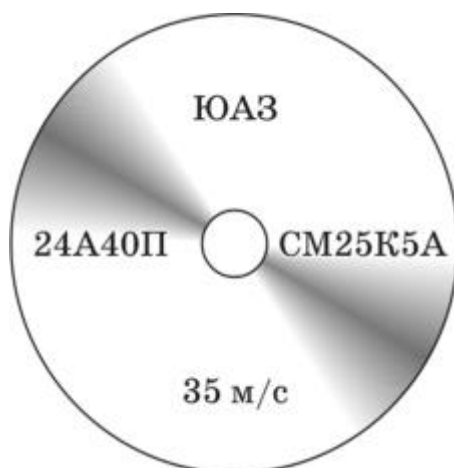


Рис. 15.2. Маркировка шлифовального круга

Шлифовальные круги различают по признакам, которые в строго определенной последовательности маркируются на его боковой поверхности (рис. 15.2): вид абразивного материала, зернистость и ее индекс, твердость, структура круга (пористость), вид связки и класс качества. Маркировка данного круга расшифровывается следующим образом: абразивный материал — электрокорунд белый (24А), зернистость — 40, индекс зернистости повышенный — П, твердость круга — среднемягкая вторая (СМ2), структура круга — 5 (средняя), связка круга керамическая пятая (К5), класс круга — А, максимально допустимая окружная скорость — 35 м/с, ЮАЗ — завод-изготовитель.

В технологической документации указывают размеры круга $D \times B \times d$ (наружный диаметр, ширина, внутренний диаметр) и его форму. Форму и размеры шлифовальных кругов выбирают в зависимости от условий шлифования, размеров и формы обрабатываемых заготовок, конструкции, модели и мощности станка.

В процессе шлифования шлифовальный круг изнашивается, теряет первоначальную форму, а также засаливается обрабатываемым металлом и затупляется. Восстанавливают геометрию и режущую способность круга специальной операцией — правкой круга с применением алмазного и безалмазного инструмента.

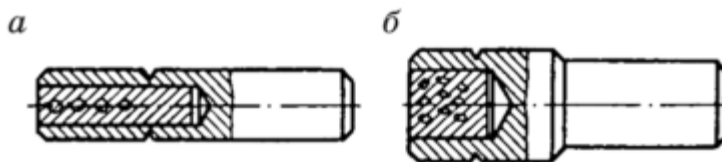


Рис. 15.3. Алмазные карандаши с расположением алмазов: а — цепочкой; б — слоями

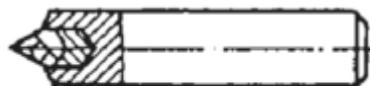


Рис. 15.4. Алмаз в оправке

К алмазному инструменту относят карандаши (рис. 15.3, а, б), алмаз в оправке (рис. 15.4), алмазные ролики. К безалмазному — шарошки, стальные и твердосплавные диски, шлифовальные круги высокой твердости.

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

Для этого устанавливают:

тип (форму) шлифовального круга, материал абразивного зерна, зернистость, индекс зернистости, твердость, структура, класс круга [10].

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

Основными элементами режима резания при шлифовании являются: окружная скорость в м/с (указывается в конце характеристики круга и является максимальной допускаемой прочностью круга);

скорость вращательного или поступательного движения детали в м/мин;

глубина шлифования t в мм — слой металла, снимаемый шлифовальным кругом за один или двойной ход при круглом или плоском шлифовании или же равная всему припуску на сторону при врезном шлифовании;

продольная подача S — перемещение шлифовального круга вдоль своей оси в мм на оборот заготовки при круглом шлифовании или в мм на каждый ход стола при плоском шлифовании периферией круга;

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

Эффективная мощность (мощность необходимая для резания) рассчитывается по эмпирической формуле [10] или определяется по таблицам нормативов.

Основное время при круглом шлифовании с продольной подачей

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

где h – припуск на сторону, мм;

V_c – скорость продольного хода стола, м/мин;

t – глубина шлифования, мм;

K – коэффициент выходаживания ($K=1,4$ – при чистовом шлифовании,

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

L – величина хода стола, мм;

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

где l – длина шлифуемой поверхности;

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

m – перебег в долях ширины круга;

B_k – ширина шлифовального круга, мм.

При круглом наружном шлифовании методом врезания

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

где n_z – частота вращения заготовки, об/мин;

S_p – радиальная подача, мм/об.

При круглом шлифовании

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

где S – продольная подача, мм/об.

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

$$L = l - (1 - 2 \times 0,5) \times B,$$

т.е. $L=l$

Плоское шлифование

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

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

L – величина хода стола, мм;

h – припуск на сторону;

V_c – скорость движения стола, м/мин;

g – число одновременно шлифуемых заготовок.

$$H = B_3 + B_k + 5, \text{ мм}$$

где B_3 – суммарная ширина заготовок, установленных на столе, мм.

B_k – величина шлифовального круга, мм.

$$L = l + (10, 15), \text{ мм}$$

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

Пример решения задачи

На круглошлифовальном станке 3М131 шлифуется шейка вала диаметром $D=80h6$ мм длиной $l=300$ мм, длина вала $l_1=550$ мм. Параметр шероховатости обработанной поверхности $Ra=0,4$ мкм. Припуск на сторону 0,2 мм. Материал заготовки – сталь 45 закаленная, твердостью HRC45.

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

Решение

1. Выбор шлифовального круга.

Для круглого наружного шлифования с продольной подачей (шлифовать с радиальной подачей нельзя из-за большой длины шлифуемой поверхности), параметра шероховатости $Ra=0,4$ мкм, конструкционной закаленной стали до HRC45 принимаем шлифовальный круг формы ПП, [10],

характеристика – 24 А401К, [12],

индекс зернистости – Н, [10],

структура – 5, [12],

класс – А, [10],

Полная маркировка круга ПП24 А40НС15КА 35 м/с.

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

2. Режим резания

2.1 Скорость шлифовального круга $V_k=35$ м/с [10].

Частота вращения шпинделя шлифовальной бабки

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

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

Корректируя по паспортным данным станка, принимаем

$n_{ш}=1112$ об/мин (корректируется только в меньшую сторону).

Режимы резания для окончательного круглого наружного шлифования конструкционных сталей с подачей на каждый ход определяют по [10].

2.2 Окружная скорость заготовки $V_3=15,55$ м/мин; принимаем $V_3=30$ м/мин.

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

$$n_3 = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot D_3}, \text{ об/мин}$$

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 80} = 119,4 \text{ об/мин.}$$

Так как частота вращения заготовки регулируется бесступенчато, принимаем $n_3=120$ об/мин.

2.3 Глубина шлифования

$$t=0,005, 0,015 \text{ мм.}$$

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

$$t=0,005 \text{ мм.}$$

2.4 Продольная подача

$$S=(0,2,0,4) \times B_k, \text{ мм/об.}$$

$$\text{Принимаем } S=0,25 \times B_k=0,25 \times 63=15,75 \text{ мм/об.}$$

2.5 Скорость продольного хода стола

$$V_c = \frac{S \cdot n_3}{1000} = \frac{15,75 \cdot 120}{1000} = 1,89 \text{ м/мин.}$$

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

3. Проверка достаточности мощности станка

3.1 Мощность затрачиваемая на резание

$$N_p = C_N \times V_3^z \times t^x \times S^y \times d^q, \text{ кВт [10]},$$

где C_N – коэффициент, учитывающий условия шлифования;

x, y, z, q – показатели степени;

V, t, S – элементы режима резания;

d – диаметр шлифования, мм.

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

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

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

3.2 Мощность на шпинделе станка

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

где $N_p=7,5$ кВт; $h=0,8$ – паспортные данные станка (см. паспорт станка в интернет-ресурсе).

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

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

4. Основное время

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

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

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

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

тогда

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

$K=1,4$ – коэффициент выхода

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

Содержание отчета по работе

Отчет о выполненной практической работе должен содержать:

1. Название и цель работы.
2. Основные понятия маркировки шлифовальных кругов.
3. Решение задачи по заданному варианту (табл. 15.1).
4. Ответы на контрольные вопросы.

Таблица 15.1. Варианты индивидуальных заданий.

№ вар	Материал заготовки и его свойства	Вид обработки и параметр шероховатости поверхности, мкм	Размер шлифуемой поверхности, мм	Припуск на сторону, мм	Модель станка
1	Сталь 47А закаленная, HRC60	Окончательная, Ra=0,8	B=200 l=300	0,25	3П722
2	Серый чугун СЧ20, HB200	Предварительная, Ra=1,6	B=280 l=650	0,5	3П722
3	Бронза Бр АЖН 10-4 HB170	Окончательная, Ra=0,8	D=45h7 l=120	0,2	3М131
4	Сталь 40 закаленная, HRC35	Окончательная, Ra=0,4	D=84h7 l=300	0,1	3М131
5	Сталь Ст5 незакаленная	Предварительная, Ra=1,6	D=120h8 l=48	0,25	3М131
6	Сталь 45Х закаленная, HRC45	Окончательная, Ra=0,8	D=85H7 l=60	0,18	3П722
7	Сталь 40ХНМА закаленная, HRC55	Окончательная, Ra=0,8	B=120 l=270	0,2	3П722
8	Латунь ЛМцЖ 52-4-1	Предварительная, Ra=1,6	D=120H8 l=80	0,25	3К228В
9	Сталь 48А закаленная, HRC60	Окончательная, Ra=0,4	D=80H7 l=70	0,15	3К228В
10	Сталь 35 незакаленная	Предварительная, Ra=1,6	D=75h8 l=55	0,3	3М131
11	Сталь 45 закаленная, HRC40	Окончательная, Ra=0,8	D=38h7 l=100	0,15	3М131
12	Серый чугун СЧ10, HB180	Предварительная, Ra=1,6	D=65h7 l=90	0,2	3М131

13	Серый чугун СЧ30, HB220	Окончательная, Ra=0,8	B=45 l=250	0,25	3П722
14	Сталь 40 незакаленная	Предварительная, Ra=1,6	D=58H8 l=60	0,3	3K228B
15	Сталь 40X закаленная, HRC50	Окончательная, Ra=0,4	D=65H7 l=70	0,25	3K228B
16	Сталь Ст3 незакаленная	Предварительная, Ra=1,6	B=55 l=150	0,45	3П722
17	Сталь 45X закаленная, HRC52	Предварительная, Ra=1,6	B=80 l=250	0,35	3П722
18	Серый чугун СЧ20, HB200	Предварительная, Ra=1,6	D=110h8 l=280	0,2	3M131
19	Сталь 30ХГТС закаленная, HRC55	Окончательная, Ra=0,4	D=65h7 l=50	0,25	3M131
20	Сталь 40X закаленная, HRC40	Окончательная, Ra=0,8	D=65h7 l=200	0,3	3M131

Контрольные вопросы

1. Раскройте характерные особенности процесса шлифования.
2. Что представляет собой шлифовальный круг?
6. Какие типы связей применяют при изготовлении шлифовальных кругов?
7. Перечислите характеристики шлифовальных инструментов.
8. Как маркируется шлифовальный круг?

Практическая работа № 16

Доводочные процессы

Цель работы –изучить доводочные процессы механической обработки заготовок, научиться правильно выбирать финишную обработку для заданных параметров готовой детали.

Формируемые результаты освоения учебной дисциплины:

- ОК 1. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.
- ОК 2. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.
- ОК 3. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.

ОК 9. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

У.1. использовать теоретические знания при разработке технологических процессов изготовления деталей машин;

У.2. правильно выбирать режущие инструменты для механической обработки заготовки;

У.3. проектировать режимы резания для механической обработки заготовки;

У.4. использовать теоретические знания к процессам резания и быстро решать поставленные задачи в профессиональной деятельности.

Теоретические сведения

Отделочные методы: хонингование, суперфиниширование, полирование, притирка.

Они отличаются от шлифования более низкими скоростями резания, малыми удельными давлениями.

Хонингование осуществляют мелкозернистыми брусками, закрепляемыми в головке (хоне), которая одновременно с вращением совершает возвратно-поступательное перемещение вдоль обрабатываемого отверстия (рис. 16.1).

Его используют для обработки отверстий (диаметром 6-1500 мм и длиной 10...20 м). При этом, исправляют отклонение формы, овальность, конусность и другие погрешности предыдущей обработки, общий припуск не более 0,15 0,2 мм. (припуск до 1,0 мм). Отклонение расположения оси отверстия не исправляется.

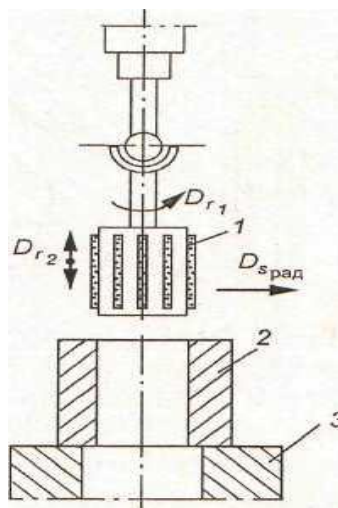


Рисунок 16.1. Схема хонингования отверстия:

1 — хонинговальная головка; 2 — заготовка; 3 — стол хонинговального станка

Обильная подача СОЖ обеспечивает удаление продуктов износа из-под брусков и с обрабатываемой поверхности; давление инструмента на обрабатываемую поверхность в 6-10 раз меньше, чем при шлифовании.

Режимы. Окружная скорость резания 20-80 м/мин, возвратно-поступательная 2,0-30 м/мин, давление брусков 0,2-1,4 МПа.

Исправление погрешностей формы достигается механизмом клинового разжима режущих брусков.

Нечетное число брусков целесообразно при обработке прерывистых поверхностей, их количество: 2, 4, 6, 8.

Общий припуск на обработку Z_o

$$Z_o = (1 + f) \Delta_{исх},$$

f -коэффициент жесткости детали (для жестких $f=1$, для нежестких $f=1,25-1,35$);
 $\Delta_{исх}$ -исходная погрешность формы обрабатываемого отверстия.

Особенности процесса:

- производительность (в ряде случаев превосходит производительность шлифования или тонкого растачивания);
- точность обработки, мало зависит от точности станка, так как радиальные составляющие силы резания взаимно уравниваются;
- низкая температура в зоне резания (поэтому на деталях с переменными сечениями стенок отсутствует их деформация от нагрева);
- простота регулирования работы хонинговальной головки;
- достижение 4-5 квалитетов точности и шероховатости $R_a=0,8-0,1$ мкм.

Выбор характеристик брусков зависит от механических свойств материала, величины припуска и требуемого качества обрабатываемой поверхности. Используют электрокорунд белый или карбид кремния зеленого. Реже - электрокорунд нормальный или карбид кремния черный.

Зернистость от 12 и менее. Для съема больших припусков – зернистость 20-25 мкм и более.

Алмазные бруски характеризуются зернистостью, концентрацией алмазов и видом связки (100%-ной концентрацией принимается содержание в 1 мм³ алмазного слоя 0,878 мг алмаза.)

Хонинговальные станки (рис 16.2) обеспечивают вращательное, возвратно-поступательное движения шпинделя и радиальную подачу (разжим) брусков.

Наибольшее распространение получила схема с возвратно-поступательным движением инструмента при неподвижной заготовке.

Основное время

$$T_o = \frac{n_{п.х.}}{n_{дв.х.}}$$

Число двойных ходов хона

$$n_{дв.х.} = \frac{2Z_o}{S_{рад}}$$

Z_o - общий припуск (в одну сторону),

$S_{рад}$ - радиальная подача на двойной ход.

Частота движений хона
$$n_{дв.х.} = \frac{1000V_{В-П}}{L_{П.Х.}}$$

$V_{В-П}$ - скорость возвратно-поступательного движения хона.

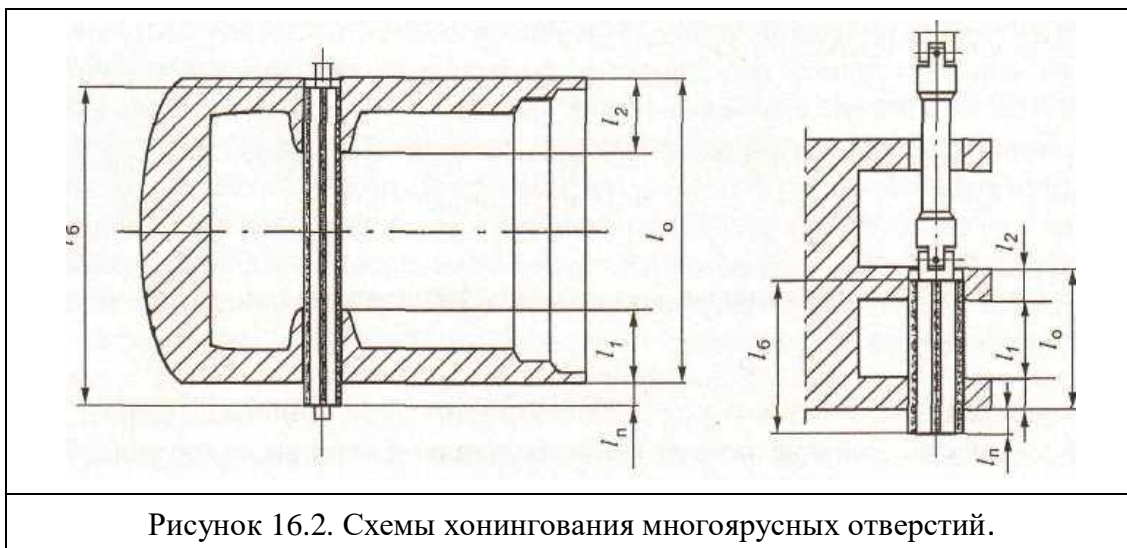


Рисунок 16.2. Схемы хонингования многослойных отверстий.

Суперфиниширование.

Область применения. Обработка плоских, цилиндрических и конических, а также сферических поверхностей из закаленной стали и чугуна. При этом припуск должен превышать высоту микронеровностей на 10-20%

Достигается 5-4 *квалитет точности* и шероховатость $Ra=0,2-0,05$ мкм.

Число и ширину брусков выбирают в зависимости от диаметра обрабатываемого отверстия. Давление брусков на обрабатываемую поверхность 0,1-0,3 МПа.

Суперфиниш (микрофиниш) осуществляется мелкозернистым инструментом, совершающим осциллирующее (колебательное) движение вдоль образующей поверхности обрабатываемой заготовки (рис.16.3) с минимальными удельными давлениями на инструмент и при использовании СОЖ.

При суперфинишировании радиальная подача на врезание абразивных зерен обеспечивается за счет упругого поджима бруска к обрабатываемой поверхности.

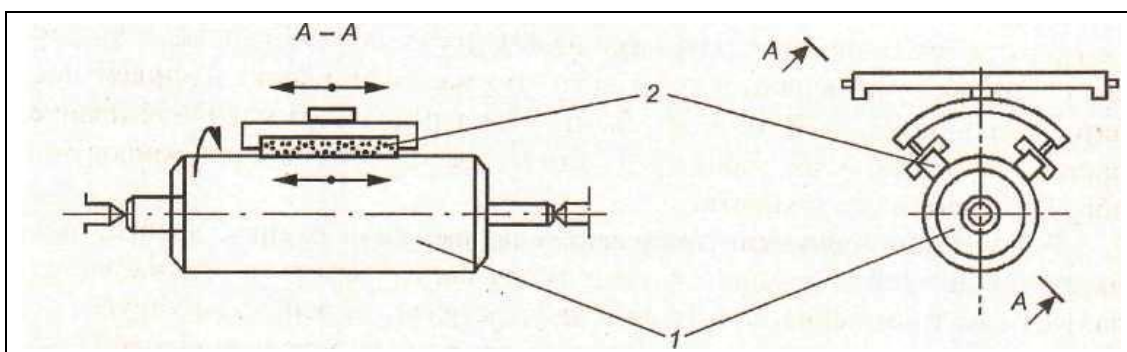


Рисунок 16.3. Схемы движений заготовки и инструмента при суперфинишировании: 1 -заготовка; 2 – инструмент.

При резании основного металла его сьем может значительно превосходить удвоенную высоту исходных микронеровностей и составлять 15-20 мкм и более на диаметр.

Средняя скорость колебательного движения V_K

$$V_K=4An_{6p}.$$

n_{6p} - число двойных ходов бруска,

A - амплитуда колебаний.

Чистовая обработка выполняется при низком давлении (0,1-0,3 МПа для стали и 0,1-0,2 МПа для чугуна).

Интенсивное снижение микронеровностей происходит в начальный период (5-10с) контакта бруска с обрабатываемой деталью.

В основном применяют бруски из карбида кремния зеленого и электрокорунда белого на керамической связке зернистостью от М7 до М40. Для окончательной обработки используют бруски из карбида кремния. Их же применяют для чугуна, вязких сталей и цветных металлов.

Алмазные бруски на бакелитовой связке используют для твердого сплава и керамики.

Частота движений (двойных ходов в минуту) бруска $n_{дв.х}$

$$n_{дв.х} = \frac{1000 V_{в-п}}{2L_{р.х}},$$

где $V_{в-п}$ -скорость возвратно-поступательного движения бруска;

$L_{р.х}$ -длина хода возвратно-поступательного движения бруска.

Длину бруска $l_б$, мм, для врезного суперфиниширования поверхностей длиной до 60 мм с продольной подачей инструмента рассчитывают

$$l_б = L_p - A + 1 \dots 2,$$

L_p -длина обрабатываемой поверхности заготовки;

A -амплитуда колебаний бруска.

Основное время при суперфинишировании - 0,1-0,5 мин.

Доводка и полирование

Доводка — абразивная обработка, при которой инструмент и заготовка одновременно совершают любое движение со скоростями одного порядка (или при неподвижности одного из них).

Притирка — доводка деталей, работающих в паре, для обеспечения максимального контакта сопрягаемых поверхностей. Например, притирка клапанов двигателя внутреннего сгорания к седлам клапанов.

При притирке используют микропорошки (величина зерна 3...20 мкм) корунда, окиси хрома, окиси железа и др. Применяют также специальные пасты, например, пасты ГОИ, содержащие в качестве абразива окись хрома, а в качестве связки олеиновую и стеариновую кислоты.

Припуск на обработку составляет примерно 5 мкм.

Полирование — обработка для снижения высоты микронеровностей поверхности; осуществляемая абразивным инструментом, пластическим деформированием и др.

Давление притира P обычно составляет 0,03-0,3 МПа.

При обработке закаленных сталей используют чугунные притиры с суспензиями на основе белого электрокорунда.

Обработка притирами характеризуется взаимодействием заготовки, зерна, притира, скоростью и траекторией относительного движения. Используемые СОЖ (керосин, олеиновая кислота и др.) при доводке образуют слой между притиром и обрабатываемой поверхностью.

На рисунке (16.4) представлены схемы обработки.

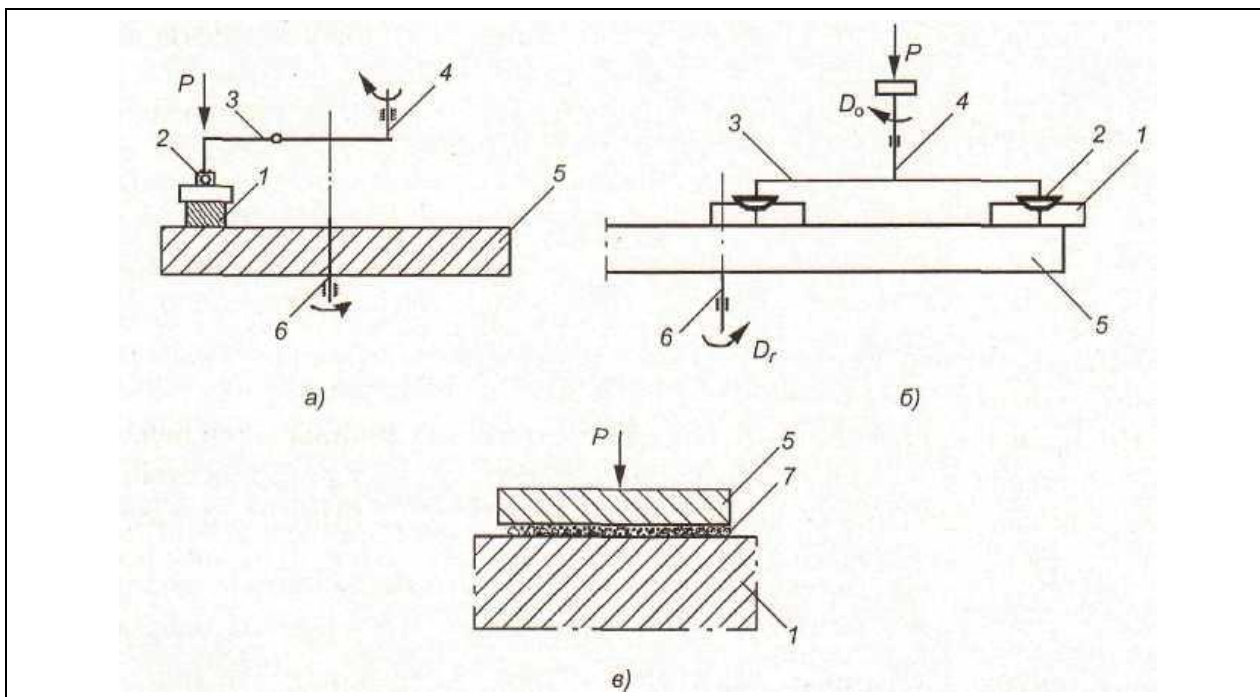


Рисунок 16.4. Схема доводки плоских поверхностей притиром:

а-одной заготовки; *б*-двух; *в*-взаимное расположение элементов;

1-заготовка; 2-подвижный наконечник; 3-поводок; 4-шток; 5-притир; 6-шпиндель притира; 7-свободные частицы абразива; *P*-груз.

Припуск на предварительные доводочные операции составляет 20-50 мкм (обычно 10-20 мкм), на окончательную обработку - 3-5 мкм.

Химико-механическая доводка сочетает химическое воздействие на обрабатываемую поверхность и механическое удаление поверхностных пленок. Применяют пасты с активными добавками (олеиновой кислоты, серы, стеорина).

Полирование снижает микронеровности без устранения отклонения формы обрабатываемых поверхностей, так как давление резания небольшое (0,03-0,2 ГПа); шероховатость $R_a=0,05-0,01$ мкм.

Инструментом - эластичные круги и абразивные шкурки (войлок, фетр, кожа или парусина). На такой мягкий круг наносится мелкий абразивный порошок, смешанный со смазкой.

Снимаемые припуски до 0,3 мм (крупнозернистыми порошками).

Абразивные ленты, покрытые полировочными пастами, бывают шириной до 300 мм и длиной 3000 мм и более. Кроме шкурок с электрокорундом и карбидом кремния, нанесенных на тканевую или бумажную основу, используют шкурки с эльбором и алмазом.

Полирование кругами с нанесенными на них абразивными зернами или абразивными пастами и суспензиями производят со скоростью 30-35 м/с.

При полировании исходная шероховатость обрабатываемой поверхности не должна превышать $R_a=2,5$ мкм.

Основное время при полировании лепестковыми кругами

$$T_0 = 10^{-2} \frac{F}{H} K_1 K_2 K_3,$$

F-площадь обрабатываемой поверхности;

H-высота лепесткового круга;

K_1 -коэффициент, зависящий от исходной и требуемой шероховатости поверхности;

K_2 -коэффициент, зависящий от диаметра лепесткового круга;

K_3 -коэффициент, зависящий от деформации лепесткового круга.

Полирование выполняют: на низких (до 1 м/с) и высоких скоростях (до 40 м/с).

Содержание отчета по работе

Отчет о выполненной практической работе должен содержать:

1. Название и цель работы.
2. Основные теоретические понятия.
3. Ответы на тест, предложенный преподавателем.
4. Ответы на контрольные вопросы.

Примерный тест

Вопрос 1

Технологический метод обработки при помощи абразивных инструментов, режущими элементами которых являются твердые зерна абразивных материалов это

Варианты ответов

- полирование
- шлифование
- доводка

Вопрос 2

Шлифование является процессом массового скоростного резания с образованием

...

Варианты ответов

- мелких стружек
- очень мелких стружек
- литой стружки

Вопрос 3

Инструментом при шлифовании могут быть:

Варианты ответов

- абразивные круги
- головки, бруски, сегменты
- листы, ленты, пасты
- фрезы
- свободные зерна

Вопрос 4

По характеру обрабатываемых поверхностей технологические схемы шлифования можно разделить на три основных вида

Варианты ответов

- круглое
- плоское
- профильное
- круговое

Вопрос 5

Обработка поверхностей вращения: цилиндрических, конических и фасонных, гладких и ступенчатых, наружных и внутренних, сквозных и глухих относится к

Варианты ответов

- плоскому шлифованию
- круговому шлифованию
- профильному шлифованию
- круговому шлифованию

Вопрос 6

В зависимости от способа крепления заготовки и вида обрабатываемой поверхности круглое шлифование может быть различным:

Варианты ответов

- Наружное шлифование в центрах или патроне:
- Внутреннее шлифование
- Центровочное шлифование
- Бесцентровое шлифование

Вопрос 7

Плоское шлифование. Различают две схемы:

Варианты ответов

- Периферией круга
- Торцом круга
- сегментом

Вопрос 8

Профильное шлифование.

Варианты ответов

- обработка резьб и зубчатых колес
- шлифование сфер и сложных фасонных поверхностей
- по кулачку или шаблону
- по копиру

Вопрос 9

общий вид универсального круглошлифовального станка

Варианты ответов

- передняя бабка, шлифовальный круг, бабка шлифовального круга
- шлифовальный круг, бабка шлифовального круга, станина
- задняя бабка, верхняя часть стола,
- нижняя часть стола, станина

Вопрос 10

Каждый тип станка имеет свои конструктивные особенности, однако, общим признаком служит то, что главным движением является вращение

Варианты ответов

- детали
- шлифовального круга

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте процессы суперфиниширования и хонингования. Чем они отличаются?

2. Достигаемая степень шероховатости при суперфинишировании и хонинговании.
3. Что такое притирка? Когда она необходима?
4. Какие пасты и инструменты используют для притирки?
5. Что такое полирование? Когда оно необходимо?

Практическая работа № 17

Обработка металлов когерентными световыми лучами

Цель работы –изучить процессы обработки металлов когерентными световыми лучами.

Формируемые результаты освоения учебной дисциплины:

- ОК 1. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.
- ОК 2. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.
- ОК 3. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.
- ОК 9. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.
- У.1. использовать теоретические знания при разработке технологических процессов изготовления деталей машин;
- У.2. правильно выбирать режущие инструменты для механической обработки заготовки;
- У.3. проектировать режимы резания для механической обработки заготовки;
- У.4. использовать теоретические знания к процессам резания и быстро решать поставленные задачи в профессиональной деятельности.

Теоретические сведения

К лучевым методам формообразования поверхностей заготовок относятся:

1. Электронно-лучевая обработка.
2. Светолучевая (лазерная) обработка.
3. Плазменная обработка.

Электронно-лучевая обработка (ЭЛО) основана на тепловом воздействии потока движущихся электронов на обрабатываемый материал, который в месте обработки плавится и испаряется. Столь интенсивный нагрев вызывается тем, что кинетическая энергия движущихся электронов при ударе о поверхность обрабатываемой заготовки почти полностью переходит в тепловую, которая будучи сконцентрирована на площадке малых размеров (не более 10 мкм), вызывает её разогревание до 6000⁰С.

При размерной обработке, как известно, происходит локальное воздействие на обрабатываемый материал, что при ЭЛО обеспечивается импульсным

режимом потока электронов с продолжительностью импульсов $10^{-4} \dots 10^{-6}$ с и частотой $f = 50 \dots 5000$ Гц. Высокая концентрация энергии при ЭЛО в сочетании с импульсным воздействием обеспечивают условия обработки, при которых поверхности заготовки, находящиеся на расстоянии 1 мкм от кромки электронного луча, разогреваются до 3000°C . Это позволяет использовать ЭЛО для резки заготовок, изготовления сеток из фольги, вырезания пазов и обработки отверстий диаметром 1 - 10 мкм в деталях из труднообрабатываемых материалов. Схема установки для электронно-лучевой обработки изображена на рис. 17.1.

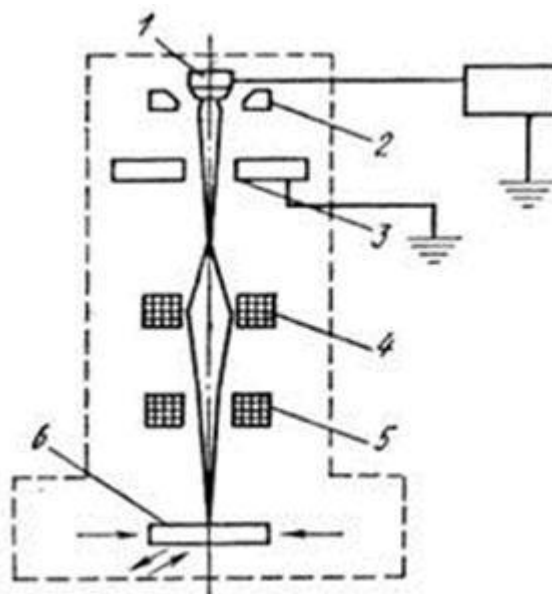


Рис. 17.1. Схема установки для электронно-лучевой обработки:

1 — катод электронной пушки; 2 — электрод; 3 — анод; 4 — электромагнитная линза; 5 — магнитная система; 6 — обрабатываемая деталь.

В установках для электронно-лучевой обработки электроны имитируются на катоде 1 электронной пушки; формируются в пучок электродом 2, расположенным непосредственно за катодом; ускоряются под действием разности потенциалов между катодом и анодом 3, составляющей около 150 кВ, а затем фокусируются в виде луча в электромагнитной линзе 4. Сфокусированный электронный луч, пройдя через отклоняющую магнитную систему 5, попадает на обрабатываемое изделие. Обработка ведется в вакууме порядка $10^{-2} - 10^{-4}$ Па.

При размерной обработке заготовок установка работает в импульсном режиме с длительностью импульсов $10^{-4} - 10^{-6}$ с и частотой 150–6000 Гц, что обеспечивает локальный нагрев заготовки. В зоне обработки температура достигает 6000°C , а на расстоянии 1 мкм от пятна сфокусированного луча не превышает 300°C . Диаметр сфокусированного луча в зоне обработки может быть 10 – 400 мкм, при этом плотность энергии достигается порядка 10^7 Вт/см².

Электронно-лучевой метод применяют для обработки тугоплавких и легко окисляемых на воздухе металлов и сплавов: вольфрама, молибдена, титана, меди, а также неметаллических материалов: рубина, керамики, кварца, ферритов, полупроводниковых материалов. Размерную обработку используют для прошивки отверстий диаметром 0,01 – 1 мм, прорезания пазов, вырезания деталей из тонколистовых заготовок по контуру, получения сеток из фольги и др. Кроме того, электронный луч широко применяют для сварки деталей из

тугоплавких химически активных металлов и их сплавов (вольфрамовых, танталовых, молибденовых, ниобиевых, циркониевых и т.п.).

Светолучевая (лазерная) обработка основана на тепловом воздействии светового луча высокой энергии на поверхность обрабатываемой заготовки. Источником светового излучения служит лазер – оптический квантовый генератор (ОКГ).

Созданы конструкции твердотельных, газовых и полупроводниковых ОКГ. Их работа основана на принципе стимулированного генерирования светового излучения. Для механической обработки используют твердотельные ОКГ, рабочим элементом которых является рубиновый монокристаллический стержень, состоящий из оксидов алюминия, активированных 0,05% хрома. Рубиновый ОКГ работает в импульсном режиме, генерируя импульсы когерентного монохроматического красного цвета, длиной волны 0,69 мкм. На рис. 17.2 показана схема устройства лазера на рубине.

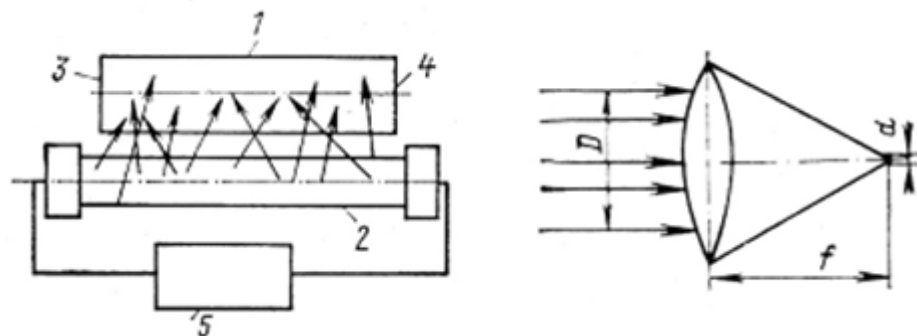


Рис. 17.2. Схема оптического квантового генератора:
а) схема работы ОКГ; б) схема фокусировки луча лазера.

При включении источника питания 5 лампа накачки 2 облучает стержень из рубина 1 мощным потоком света с широкой полосой частот, который переводит ионы хрома в возбужденное состояние. Из этого состояния они могут возвратиться в нормальное состояние, излучая фотоны длиной волны 0,69 мкм. Направление распространения световых волн хаотично, поэтому внутри кристалла остаются те волны, направление которых перпендикулярно поверхности торцов стержня, а остальные выходят за пределы кристалла. Наличие торцевых зеркальных поверхностей 3 и 4 приводит к тому, что при многократном отражении от них усиливаются свободные световые колебания по амплитуде и мощности в направлении оси стержня вследствие стимулирования возбужденными атомами. При этом образуется поток когерентных волн. Движение волн внутри резонатора будет происходить до тех пор, пока мощность светового потока не станет достаточной для выхода через полупрозрачные зеркала 4. Для применения в технологических целях луч ОКГ фокусируют (рис. 17.2, б).

Твердотельные лазеры обычно имеют относительно небольшую мощность: работающие в импульсном режиме – мощность их не превышает 300 Вт, а в непрерывном режиме – до 500 Вт. Но сфокусированный луч лазера даст огромную плотность энергии, что обеспечивает нагрев до температуры 6000 – 8000 °С. Например, луч лазера с выходной мощностью 20 Вт, сфокусированный в диаметр 0,01 мм, даст плотность энергии в пятне до 10^8 Вт/см².

Лазерную обработку применяют для прошивания сквозных и глухих отверстий, резки заготовок на части, вырезания заготовок из листовых материалов по сплошному контуру, прорезания пазов. Этим методом можно обрабатывать заготовки из любых материалов, включая самые твердые и прочные. Широко используются ОКГ для сварки различных металлов. Например, лучом лазера производят сварку корпусов гибридных интегральных схем и подгонку до номинала сопротивление тонкопленочных резистивных пленок.

Плазменная обработка. В технологии приборостроения, радиоаппаратостроения и металлообработки плазма применяется в виде узконаправленной горячей струи, способной расплавить и испарить практически все материалы: как материалы, так и не материалы. По конструкции плазматроны разделяются на сепараторы прямого и косвенного действия. На рис. 17.3 показано устройство плазматрона.

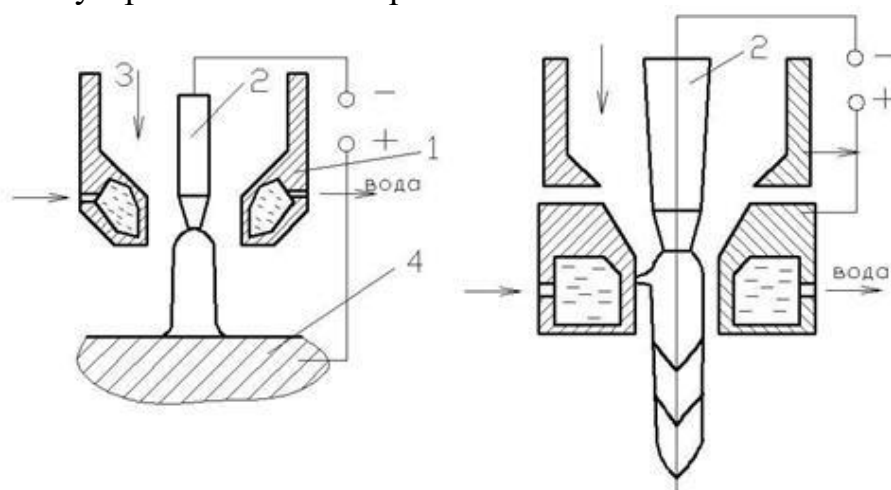


Рис.17.3. Устройство плазматрона: 1 – сопло; 2 – вольфрамовый электрод; 3 – ввод плазменного газа; 4 – изделие.

Для получения плазмы используются электролитический дуговой разряд, через который с помощью сопла 1 продувается плазмообразующий газ 3 (аргон, азот, воздух или их смесь). Питание плазматрона осуществляется от мощного электрического источника с напряжением 200–500 В и током 300–400 А. Необходима стабилизация дуги, чтобы горячая струя не замкнулась на сопло и не расплавила его, а также с целью некоторой фокусировки. Она осуществляется аксиальным потоком газа, либо суженными стенками охлаждаемого сопла.

Плазменная обработка используется в процессах, требующих высокотемпературного концентрированного нагрева: резка, прошивка отверстий, микро - и макросварка, нанесение покрытий, восстановление изношенных деталей, плавка.

Наплавка износостойких покрытий осуществляется с целью повышения эксплуатационных свойств детали. При этом применяют порошкообразные материалы со специальными свойствами – высокой твердостью, повышенной износостойкостью, коррозионно - и термостойкостью (оксиды или карбиды бора, вольфрама). Детали получают с дешевой сердцевиной из конструктивных материалов, а на ответственных участках создаются необходимые свойства. Значительно снижаются расходы дорогостоящих легирующих материалов. Толщина слоев может достигать нескольких мм. Технология заключается в том, что наносимый материал используется в виде пасты; происходит расплавление и

сварка слоя наплавляемого материала с основным материалом. В этом случае применяются плазменные горелки косвенного действия.

При напылении напыляемый материал нагревается в плазматроне. Температура подложки в зависимости от цели напыления может быть различной. Формируются слои небольшой толщины – от нескольких мкм до одного мм. Для увеличения адгезии напыленного слоя стремятся повысить степень химического воздействия покрытия с подложкой за счет ее разогрева или введения промежуточных химически активных слоев.

Широко применяется плазменная резка. Достоинства плазменной резки: обрабатываются любые металлы толщиной до 100–150 мм, меньшая ширина реза чем при газовой резке, лучшая поверхность, меньшая зона термических изменений. Скорость: 0,5–1,5 см/с в зависимости от толщины. Для плазменной резки используются плазматроны прямого действия. Плазмообразующий газ – аргон, азот, водород или воздух. При микроплазменной резке ток 50–100 А, толщина резки до 8 мм, ширина реза до 1-го мм.

На рис. 17.4 показана схема плазменной резки.

Плазменная резка на сегодняшний день является самым высокопроизводительным способом термической резки сталей и металлов. Этот вид обработки материалов подразумевает применение в качестве инструмента факел плазмы вместо резца. Для получения плазменной струи используются газы активные (кислород, воздух) и неактивные (водяной пар, азот, аргон, водород). Для резки черных металлов в основном используются активные газы, для цветных металлов и сплавов – неактивные.

Плазменная резка дает возможность работы с любыми металлами (нержавеющие стали, алюминиевые сплавы, медь и т.д.)

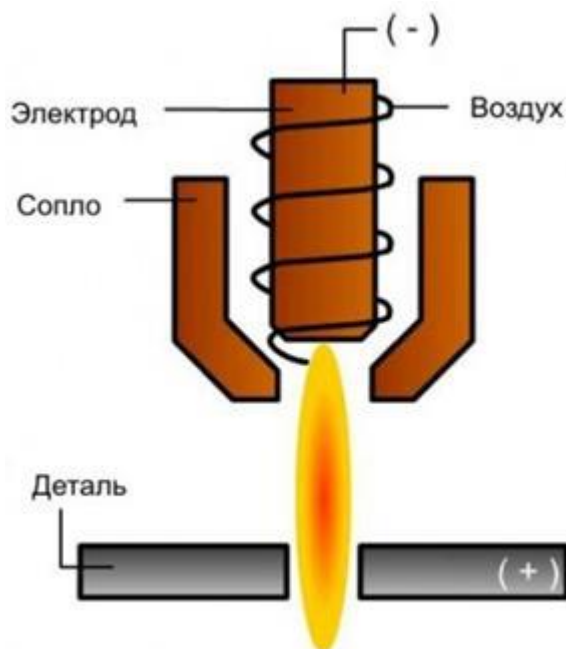


Рис. 17.4. Схема плазменной резки.

Без процесса плазменной резки сегодня не может обойтись ни одно предприятие, занимающееся резкой металла в крупных или мелких масштабах. Основное достоинство этого метода – высокая скорость и эффективность. По качеству реза данная технология лишь незначительно уступает только лазерной резке, но в разы превосходит ее по экономическим показателям и более широким

возможностям, особенно касающихся максимальной толщины при резке металлов.

Преимущества плазменной резки:

- экономия времени заказчика за счет высокой скорости выполнения работ;
- небольшой и локальный нагрев разрезаемой заготовки, исключающий ее тепловую деформацию;
- высокая чистота и качество поверхности разреза;
- безопасность процесса благодаря отсутствию баллонов с горючими и взрывоопасными газами;
- минимальное количество грата и шлака.

Содержание отчета по работе

Отчет о выполненной практической работы должен содержать:

1. Название и цель работы.
2. Основные теоретические понятия.
3. Ответы на тест, предложенный преподавателем.
4. Ответы на контрольные вопросы.

Примерный тест

Вопрос 1

Какой термин, из перечисленных ниже, допускается ГОСТ-ом к применению для обозначения лазерных приборов?

Варианты ответов

- мазер,
- квантовый генератор,
- оптический квантовый генератор, ОКГ,
- молекулярный генератор.

Вопрос 2

Какой основной элемент обязательно присутствует в конструкции лазера любого типа?

Варианты ответов

- активная среда,
- резонатор,
- система накачки,
- зеркала резонатора.

Вопрос 3

Дополни предложение:

Когда плазма соприкасается с поверхностью обрабатываемой детали, то она нагревается до температуры....

Варианты ответов

- от 5000 до 7000 С
- от 4000 до 16 000 С
- от 9000 до 10000 С

Вопрос 4

Дополни предложение

Какие из данных веществ являются плазмообразующими?

Варианты ответов

- водород
- древесина
- вода
- аргон

Вопрос 5

Наплавка и напыление- это

Варианты ответов

- плазменное нанесение покрытий
- покраска
- сварка

Вопрос 6

Особенности плазменного напыления и наплавки...

Варианты ответов

- высокая скорость обработки
- низкая скорость плавки
- равномерность нанесения покрытия

Вопрос 7

Достоинства плазменной обработки материалов:

Варианты ответов

- возможность обрабатывать материалы, которые не поддаются другим способам обработки.
- высокая скорость проведения обработки.
- отсутствие необходимости очищать заготовку от окалины и оксидов, так как в процессе резки они плавятся и удаляются вместе с расплавленным материалом
- большая вероятность браков

Вопрос 8

Достоинства плазменной резки:

Варианты ответов

- нет необходимости очищать заготовку от окалины и оксидов
- нет достоинств
- окалины и оксиды плавятся и удаляются с её поверхности в процессе самой резки.

Контрольные вопросы

1. Поясните физическую сущность процесса электронно-лучевой обработки деталей машин.
2. В каких случаях применяют электронно-лучевой метод?
3. Поясните физическую сущность процесса светолучевой (лазерной) обработки деталей машин.
4. Какое явление лежит в основе работы лазера?
5. Поясните физическую сущность процесса плазменной обработки деталей машин.
6. Опишите достоинства и недостатки лучевых методов формообразования поверхностей заготовок.

3. Критерии оценки

Критерии оценки результатов выполнения практической работы №1 «Геометрия токарного резца»

	Критерии оценки к практическому заданию	Баллы за критерии оценки
		Максимальный балл - 5 баллов
1	<i>Эскизы токарных резцов</i>	Максимальный балл – 3 балла
	Верно изображены эскизы токарных резцов	1,5
	Верно указаны конструктивные и геометрические параметры резцов	1,5
2	<i>Расчеты углов резания токарных резцов</i>	Максимальный балл – 2 балла
	Верно разработана теоретическая схема базирования заготовки в приспособлении	2
	ИТОГО:	5

Критерии оценки результатов выполнения практической работы №2 «Элементы режимов резания при точении».

	Критерии оценки к практическому заданию	Баллы за критерии оценки
		Максимальный балл - 5 баллов
1	<i>Основные понятия режимов резания</i>	Максимальный балл – 2 балла

	Верно использованы формулы для расчета режимов резания	1,5
	Верно найдены значения составляющих формул из справочных таблиц	0,5
2	<i>Решение задачи</i>	Максимальный балл – 3 балла
	Верно выполнен эскиз обработки	1
	Верно выбран режущий инструмент	0,5
	Верно назначены режимы резания	1
	Верно рассчитано основное время обработки	0,5
	ИТОГО:	5

**Критерии оценки результатов выполнения практической работы
№3 «Физические явления при токарной обработке»**

	Критерии оценки к практическому заданию	Баллы за критерии оценки
		Максимальный балл - 5 баллов
1	<i>Физические явления при токарной обработке (стружкообразование, наростообразование, наклеп)</i>	Максимальный балл – 2 балла
	Верно изображены схемы стружкообразования, наростообразования, наклепа	1
	Верно описаны методы борьбы с наростообразованием	1
2	<i>Ответы на тест</i>	Максимальный балл – 3 балла
	Верные ответы на все вопросы теста	3
	Верные ответы на вопросы теста в объеме более 75%	1,5
	Верные ответы на вопросы теста в объеме более 50%	1
	Верные ответы на вопросы теста в объеме менее 50%	0
	ИТОГО:	5

**Критерии оценки результатов выполнения практической работы
№4 «Сопротивление резанию при токарной обработке».**

	Критерии оценки к практическому заданию	Баллы за критерии оценки
		Максимальный балл - 5 баллов
1	<i>Расчет составляющих силы резания по эмпирическим формулам</i>	Максимальный балл – 1,5 балла
	Верно освещены теоретические понятия	1
	Верно использованы формулы для расчетов сил резания	0,5

2	<i>Решение задачи</i>	Максимальный балл – 3,5 балла
	Верно найдены значения из справочных таблиц	1
	Верно определены скорость главного движения и мощность резания при наружном продольном точении для заданных условий обработки	2,5
	ИТОГО:	5

**Критерии оценки результатов выполнения практической работы
№5 «Скорость резания, допускаемая режущими свойствами резца».**

	Критерии оценки к практическому заданию	Баллы за критерии оценки
		Максимальный балл - 5 баллов
1	<i>Расчет скорости резания по эмпирическим формулам</i>	Максимальный балл – 1,5 балла
	Верно освещены теоретические понятия	1
	Верно использованы формулы для расчетов	0,5
2	<i>Решение задачи</i>	Максимальный балл – 3,5 балла
	Верно найдены значения из справочных таблиц	1
	Верно определена скорость главного движения для заданных условий обработки	2,5
	ИТОГО:	5

**Критерии оценки результатов выполнения практической работы
№6 «Обработка материалов зенкерованием и развертыванием»**

	Критерии оценки к практическому заданию	Баллы за критерии оценки
		Максимальный балл - 5 баллов
1	<i>Основные теоретические понятия.</i>	Максимальный балл – 2 балла
	Верно изображены эскизы зенкера и развертки	1
	Верно описаны элементы конструкции зенкера и развертки	1
2	<i>Ответы на тест</i>	Максимальный балл – 3 балла

	Верные ответы на все вопросы теста	3
	Верные ответы на вопросы теста в объеме более 75%	1,5
	Верные ответы на вопросы теста в объеме более 50%	1
	Верные ответы на вопросы теста в объеме менее 50%	0
	ИТОГО:	5

**Критерии оценки результатов выполнения практической работы
№7 «Расчет и табличное определение режимов резания при сверлении,
зенкеровании и развертывании».**

	Критерии оценки к практическому заданию	Баллы за критерии оценки
		Максимальный балл - 5 баллов
1	<i>Расчет и табличное определение режимов резания при сверлении, зенкеровании и развертывании</i>	Максимальный балл – 1,5 балла
	Верно освещены теоретические понятия	1
	Верно использованы формулы для расчета режимов резания	0,5
2	<i>Решение задачи</i>	Максимальный балл – 3,5 балла
	Верно найдены значения из справочных таблиц	1
	Верно определены режимы резания при сверлении, зенкеровании и развертывании	2,5
	ИТОГО:	5

**Критерии оценки результатов выполнения практической работы
№8 «Конструкции сверл, зенкеров, разверток. Высокопроизводительные инструменты для обработки отверстий».**

	Критерии оценки к практическому заданию	Баллы за критерии оценки
		Максимальный балл - 5 баллов
1	<i>Выбор режущих инструментов для механической обработки заготовки при сверлении, зенкеровании и развертывании</i>	Максимальный балл – 1,5 балла
	Верно составлен конспект на тему «Назначение осевых инструментов и их классификация».	1
	Верно использован ГОСТ25751-83 при составлении конспекта	0,5

2	<i>Решение задач</i>	Максимальный балл – 3,5 балла
	Верно решены все задачи	3,5
	Верно решены задачи в объеме более 75%	2
	Верно решены задачи в объеме более 50%	1
	Верно решены задачи в объеме менее 50%	0,5
	ИТОГО:	5

**Критерии оценки результатов выполнения практической работы
№9 «Обработка материалов торцевыми фрезами».**

	Критерии оценки к практическому заданию	Баллы за критерии оценки
		Максимальный балл - 5 баллов
1	<i>Расчет и табличное определение режимов резания при сверлении, зенкеровании и развертывании</i>	Максимальный балл – 1,5 балла
	Верно освещены теоретические понятия	1
	Верно использованы формулы для расчета основного технологического времени обработки и найдены значения из справочных таблиц	0,5
2	<i>Решение задачи</i>	Максимальный балл – 3,5 балла
	Верно определен диаметр фрезы по заданной схеме	1
	Верно определено основное технологическое время обработки	2,5
	ИТОГО:	5

**Критерии оценки результатов выполнения практической работы №10
«Расчет и табличное определение режимов резания при фрезеровании».**

	Критерии оценки к практическому заданию	Баллы за критерии оценки
		Максимальный балл - 5 баллов
1	<i>Расчет и табличное определение режимов резания при фрезеровании</i>	Максимальный балл – 1,5 балла
	Верно освещены теоретические понятия	1
	Верно использованы формулы для расчета режимов резания	0,5
2	<i>Решение задачи</i>	Максимальный балл – 3,5 балла
	Верно найдены значения составляющих формул из справочных таблиц	1
	Верно определены режимы резания при фрезеровании	2,5

	ИТОГО:	5
--	--------	---

Критерии оценки результатов выполнения практической работы №11
«Расчет и табличное определение режимов резания при зубонарезании».

	Критерии оценки к практическому заданию	Баллы за критерии оценки
		Максимальный балл - 5 баллов
1	<i>Расчет и табличное определение режимов резания при зубонарезании</i>	Максимальный балл – 1 балла
	Верно освещены теоретические понятия	0,5
	Верно использованы формулы для расчета режимов резания	0,5
2	<i>Решение задачи</i>	Максимальный балл – 4 балла
	Верно выбран режущий инструмент	1
	Верно найдены значения составляющих формул из справочных таблиц	0,5
	Верно определены режимы резания при зубонарезании	2,5
	ИТОГО:	5

Критерии оценки результатов выполнения практической работы №12
«Расчет и определение рациональных режимов резания при протягивании».

	Критерии оценки к практическому заданию	Баллы за критерии оценки
		Максимальный балл - 5 баллов
1	<i>Расчет и табличное определение режимов резания при протягивании</i>	Максимальный балл – 1 балла
	Верно освещены теоретические понятия	0,5
	Верно использованы формулы для расчета режимов резания	0,5
2	<i>Решение задачи</i>	Максимальный балл – 4 балла
	Верно найдены значения составляющих формул из справочных таблиц	0,5
	Верно определены режимы резания при протягивании	3,5
	ИТОГО:	5

Критерии оценки результатов выполнения практической работы №13
«Расчет и конструирование протяжек».

	Критерии оценки к практическому заданию	Баллы за критерии оценки
		Максимальный балл - 5 баллов
1	<i>Расчет и табличное определение режимов резания при протягивании</i>	Максимальный балл – 3 балла
	Верно найдены значения составляющих формул из справочных таблиц	0,5
	Верно использованы формулы для расчета режимов резания	0,5
	Верно определены режимы резания при протягивании	2
2	<i>Решение задачи конструирования круглой протяжки</i>	Максимальный балл – 2 балла
	Верно выбран режущий инструмент	0,5
	Верно сконструирован режущий инструмент	1,5
	ИТОГО:	5

Критерии оценки результатов выполнения практической работы
№14«Процесс шлифования»

	Критерии оценки к практическому заданию	Баллы за критерии оценки
		Максимальный балл - 5 баллов
1	<i>Основные теоретические понятия.</i>	Максимальный балл – 2 балла
	Верно составлен конспект на тему «Основные виды шлифования»	1
	Верно изображены схемы основных видов шлифования	1
2	<i>Ответы на тест</i>	Максимальный балл – 3 балла
	Верные ответы на все вопросы теста	3
	Верные ответы на вопросы теста в объеме более 75%	1,5
	Верные ответы на вопросы теста в объеме более 50%	1
	Верные ответы на вопросы теста в объеме менее 50%	0
	ИТОГО:	5

Критерии оценки результатов выполнения практической работы №15
«Расчет и табличное определение рациональных режимов резания при различных видах шлифования».

	Критерии оценки к практическому заданию	Баллы за критерии оценки
		Максимальный балл - 5 баллов
1	<i>Расчет и табличное определение режимов резания при зубонарезании</i>	Максимальный балл – 1 балла
	Верно освещены основные понятия маркировки шлифовальных кругов	0,5
	Верно использованы формулы для расчета режимов резания	0,5
2	<i>Решение задачи</i>	Максимальный балл – 4 балла
	Верно выбрана и указана на эскизе маркировка шлифовального круга	1,5
	Верно найдены значения составляющих формул из справочных таблиц	0,5
	Верно определены режимы резания при шлифовании	2
	ИТОГО:	5

Критерии оценки результатов выполнения практической работы №16
«Доводочные процессы»

	Критерии оценки к практическому заданию	Баллы за критерии оценки
		Максимальный балл - 5 баллов
1	<i>Основные теоретические понятия.</i>	Максимальный балл – 2 балла
	Верно составлен конспект на тему «Доводочные процессы»	1
	Верно изображены схемы основных видов доводки	1
2	<i>Ответы на тест</i>	Максимальный балл – 3 балла
	Верные ответы на все вопросы теста	3
	Верные ответы на вопросы теста в объеме более 75%	1,5
	Верные ответы на вопросы теста в объеме более 50%	1
	Верные ответы на вопросы теста в объеме менее 50%	0
	ИТОГО:	5

Критерии оценки результатов выполнения практической работы №17
«Обработка металлов когерентными световыми лучами»

	Критерии оценки к практическому заданию	Баллы за критерии оценки
		Максимальный

		балл - 5 баллов
1	<i>Основные теоретические понятия.</i>	Максимальный балл – 2 балла
	Верно составлен конспект на тему «Обработка металлов когерентными световыми лучами»	1
	Верно изображены схемы основных видов обработки металлов когерентными световыми лучами	1
2	<i>Ответы на тест</i>	Максимальный балл – 3 балла
	Верные ответы на все вопросы теста	3
	Верные ответы на вопросы теста в объеме более 75%	1,5
	Верные ответы на вопросы теста в объеме более 50%	1
	Верные ответы на вопросы теста в объеме менее 50%	0
	ИТОГО:	5

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение практических работ

Основные печатные издания

1. Агафонова Л.С. Процессы формообразования и инструменты: лабораторно-практические работы. Учебное пособие для студ. учреждений сред. проф. образования. — М.: Академия, 2021.

2. Балла О. М. Обработка деталей на станках с ЧПУ. Учебное пособие для СПО/ О. М. Балла. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 368 с. — ISBN 978-5-8114-6754-9

3. Гоцеридзе Р. М. Процессы формообразования и инструменты: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — 4-е изд., стер. — М.: Издательский центр «Академия», 2021.

4. Зубарев Ю. М. Методы получения заготовок в машиностроении. Учебное пособие для СПО, 2-е изд., стер./ Ю.М. Зубарев. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 256 с. — ISBN 978-5-8114-7252-9

5. Зубарев Ю. М. Современные инструментальные материалы. Учебное пособие для СПО./ Ю.М. Зубарев. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 304 с. — ISBN 978-5-8114-6599-6

6. Зубарев Ю. М., Битюков Р. Н. Основы резания материалов и режущий инструмент. Учебное пособие для СПО, 2-е изд., стер./ Ю.М. Зубарев. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 228 с. — ISBN 978-5-8114-7253-6

Дополнительные источники

7. Энциклопедия по машиностроению – URL: <http://mash-xxl.info/>

8. Единое окно доступа к информационным ресурсам – URL: <http://window.edu.ru>