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 2021 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

по дисциплине
ОП.06 «Процессы формообразования в машиностроении»

специальности
15.02.09 «Аддитивные технологии»

Методические указания рассмотрены
на заседании предметной (цикловой) комиссии
общепрофессиональных дисциплин,
профессиональных модулей
специальностей технического профиля
«14» июня 2021 года, протокол №13

Председатель ПЦК _____ /Т.А.Лескина/

Петровск 2021

Пояснительная записка

Методические указания по выполнению практических работ подготовлены на основе рабочей программы учебной дисциплины «Процессы формообразования в машиностроении» разработанной на основе ФГОС СПО по специальности 15.02.09 «Аддитивные технологии» и соответствующих общих (ОК) и профессиональных (ПК) компетенций:

ОК 01. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 02. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 03. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 04. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 05. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 08. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 09. Ориентироваться в условиях смены технологий в профессиональной деятельности.

ПК 1.1. Применять средства бесконтактной оцифровки для целей компьютерного проектирования, входного и выходного контроля.

ПК 1.2. Создавать и корректировать средствами компьютерного проектирования цифровые трехмерные модели изделий.

ПК 2.1. Организовывать и вести технологический процесс на установках для аддитивного производства.

ПК 2.2. Контролировать правильность функционирования установки, регулировать ее элементы, корректировать программируемые параметры.

ПК 2.3. Проводить доводку и финишную обработку изделий, созданных на установках для аддитивного производства.

ПК 2.4. Подбирать параметры аддитивного технологического процесса и разрабатывать оптимальные режимы производства изделий на основе технического задания (компьютерной/цифровой модели).

При выполнении практических работ студент должен **знать:**

- типовые технологические процессы производства деталей и узлов машин;
- методы формообразования в машиностроении;
- понятие технологичности конструкции изделия;
- способы обеспечения заданной точности и свойств при изготовлении деталей;

- особенности и сфера применения технологий литья, пластического деформирования, обработки резанием, аддитивного производства.

При выполнении практических работ студент должен **уметь:**

- проектировать операции технологического процесса производства продукции отрасли;
- осуществлять рациональный выбор параметров технологического процесса для обеспечения заданных свойств и требуемой точности изделия.

Содержание практических занятий определено рабочей программой и тематическим планированием, соответствует теоретическому материалу изучаемых разделов учебной дисциплины.

Объём практических занятий по дисциплине определяется учебным планом по данной специальности.

Продолжительность практического занятия - 2 академических часа. Перед проведением практического занятия преподавателем организуется инструктаж, а по ее окончании – обсуждение итогов.

Комплект методических указаний по выполнению практических работ дисциплины «Процессы формообразования в машиностроении» содержит 17 практических занятий.

Перечень практических работ
по дисциплине «Материаловедение»

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1
Тема: Разработка чертежа отливки по чертежу деталей для ее изготовления одним из способов литья

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2
Тема: Измерение геометрических параметров токарных резцов.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3
Тема: Исследование конструкций резцов с механическим креплением пластины

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4
Тема: Расчет составляющих силы резания по эмпирическим формулам и мощности резания при точении

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5
Тема: Расчет скорости резания при токарной обработке по эмпирической формуле

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6
Тема: Расчет и табличное определение режимов резания при точении.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7
Тема: Расчет режимов резания при точении. Аналитический метод

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №8
Тема: Расчет и табличное определение режимов резания при сверлении.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №9
Тема: Расчет и табличное определение режимов резания при зенкеровании, развертывании

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №10
Тема: Измерение геометрических и конструктивных параметров сверла.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №11
Тема: Расчет и табличное определение режимов резания при фрезеровании.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №12
Тема: Измерение геометрических и конструктивных параметров фрезы

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №13
Тема: Расчет и табличное определение режимов резания при резьбонарезании

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №14
Тема: Расчет и табличное определение режимов резания при зубодолблении.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №15
Тема: Расчет и табличное определение режимов резания при зубофрезеровании.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №16
Тема: Расчет и табличное определение рациональных режимов резания при протягивании

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №17
Тема: Расчет и табличное определение рациональных режимов резания при различных видах шлифования

ИНСТРУКЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Прежде чем приступить к выполнению заданий, внимательно прочитайте данные рекомендации. Практические работы включают в себя задания следующих видов:

1. **Ответ на поставленные вопросы (с аргументацией)**

Прочитайте вопрос и вникните в него.

Для удобства подчеркните ту, фразу, которая, по вашему мнению, является главной. Это поможет вам быстрее сориентироваться при ответе на вопрос.

Если вы считаете, что можете ответить на вопрос без помощи лекции и дополнительной литературы – приступайте. Если же вопрос заставляет вас сомневаться, откройте лекционную тетрадь (учебник или дополнительную литературу), прочитайте необходимый пункт, вникните в содержание и после этого приступайте за работу.

ГЛАВНОЕ! Не переписывайте отрывки лекции в рабочую тетрадь! Четко отвечайте на ПОСТАВЛЕННЫЙ вопрос!

Не забудьте привести аргументацию (обоснование) вашей позиции, если вопрос предполагает личностное отношение к проблеме.

2. **Заполнение таблиц и схем**

Прочитайте название таблицы или схемы.

Исходя из названия, вы поймете цель предстоящей работы.

Воспользуйтесь материалами лекций или другими источниками, чтобы заполнить таблицу(схему).

Используйте цветные графические материалы для выделения строк, столбцов или элементов схем.

Особое внимание обращайте на четкость при отборе материала: делайте записи кратко и четко!

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

Тема: Разработка чертежа отливки по чертежу деталей для ее изготовления одним из способов литья

Цель: научить разрабатывать чертежи отливки по чертежу детали.

Оборудование: чертежи деталей, справочник

Справочный материал

Литье заключается в получении отливок посредством залива расплавленного металла в литейную форму, внутренняя рабочая поверхность которой соответствует форме готовой детали. Литейные формы могут быть разовыми и для многократного использования, иметь одну или несколько плоскостей разъема. Литейная оснастка –это комплект приспособлений для изготовления отливок. Модель отливки представляет собой копию отливки, отражающую ее внешние очертания. Процесс изготовления разовых литейных форм называется формовкой.

Основными видами заготовок в зависимости от назначения детали являются отливки из черных и цветных металлов, поковки и штамповки, заготовки из проката, комбинированные заготовки, заготовки из спеченных и неметаллических материалов.

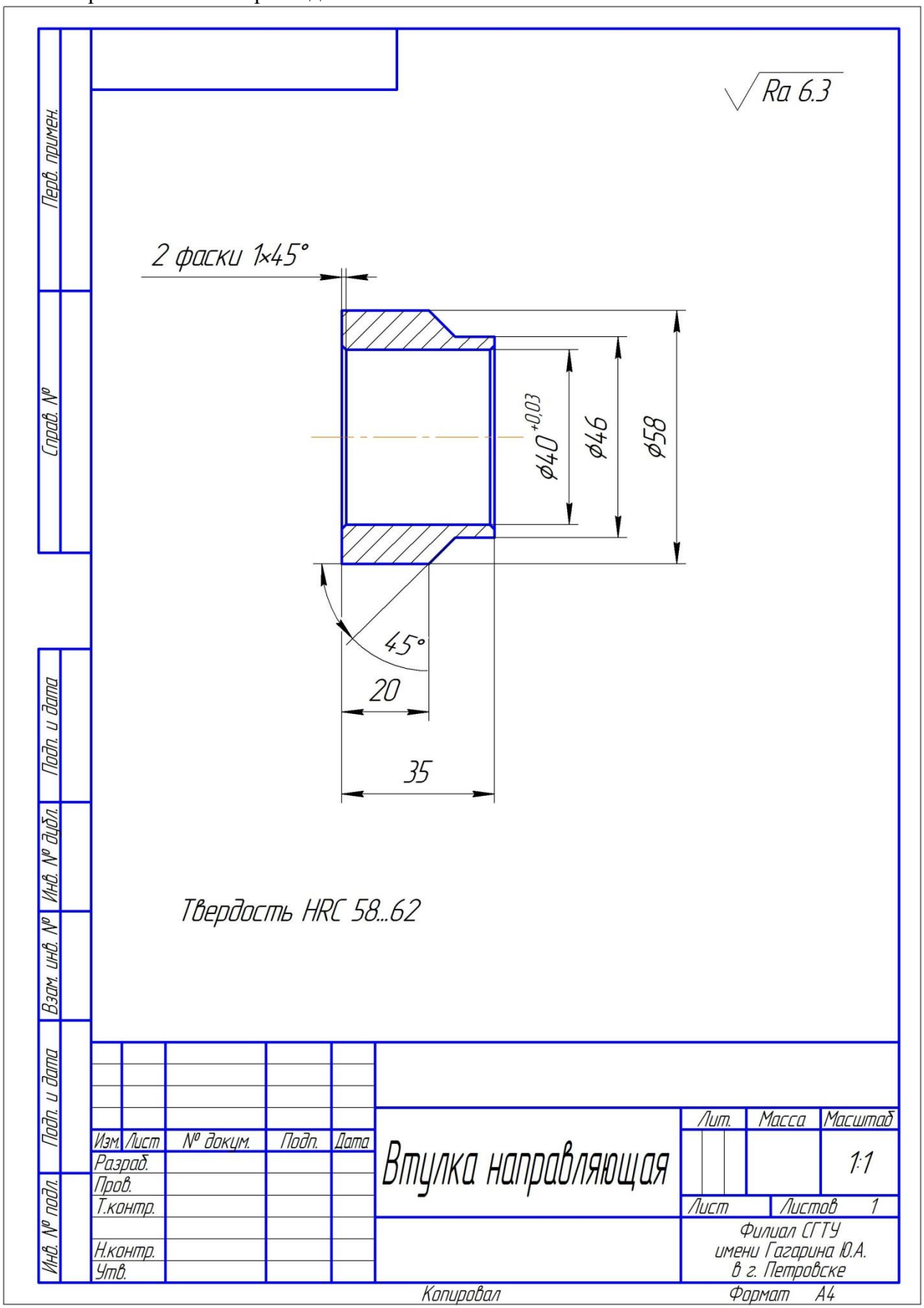
Литьем получают заготовки из металла, обладающих хорошей жидкотекучестью. Различают литье под давлением, литье в песчаные и оболочковые формы, литье к кокиль и под давлением.

Форма детали должна быть такой, чтобы обеспечивалась возможность беспрепятственного заполнения формы металлом с последующим извлечением заготовки. Размеры детали, ее масса ограничивают применение таких методов, как литье по выплавляемым моделям, под давлением и в кокиль. Заготовку стараются приблизить по форме и размерам к детали.

Общий припуск определяют как разность размеров заготовки и готовой детали. Основой для разработки технологического процесса изготовления отливки является чертеж детали.

Задание 1. Определить способ литья и материал заготовки
Задание 2. Разработать и начертить эскиз собранной литейной формы в разрезе с указанием ее элементов.
Задание 3. Выполните эскиз отливки и опишите последовательность операций по изготовлению литейной формы и отливки.
Задание 4. Выполнить чертеж отливки

Приложение 1. Чертеж детали



ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

Тема: Измерение геометрических параметров токарных резцов

Цель: научить измерять геометрические параметры токарных резцов

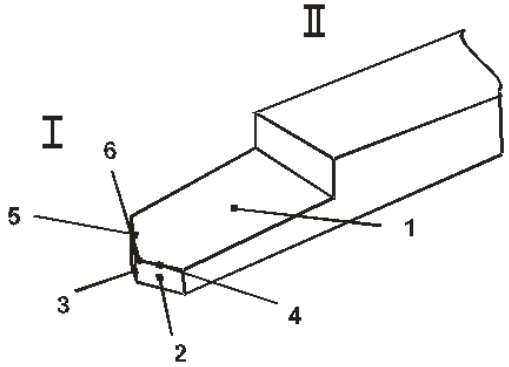
Оборудование: комплект токарных резцов, шаблоны для проверки углов, универсальный угломер, штангенциркуль чертежный инструмент, справочник токаря.

Справочный материал

Точение является одним из наиболее распространенных видов обработки металлов резанием. На предприятиях группа токарных станков (токарные, револьверные, полуавтоматы и автоматы) составляет 35-40% общего количества металлорежущего оборудования. Основными инструментами, применяемыми на станках токарной группы, являются резцы различных типов и конструкций.

Основные элементы резца.

Резец состоит из рабочей части I – головки и стержня (державки) II – с помощью которого он крепится в резцедержателе.



Элементы режущей части резца:

1. передняя поверхность – поверхность, по которой сходит стружка;
2. главная задняя поверхность – поверхность, обращенная к поверхности резания заготовки;
3. вспомогательная задняя поверхность – поверхность, обращенная к обработанной части заготовки;
4. главная режущая кромка– линия пересечения 1 и 2;
5. вспомогательная режущая кромка – линия пересечения 1 и 3;
6. вершина резца – точка пересечения режущих кромок (может быть острой или закругленной)

Резцы классифицируются по следующим признакам:

- по назначению резцы бывают: проходные, подрезные, расточные, отрезные, фасонные, резьбовые и т.д.
- по направлению подачи: правые, левые;
- по форме головки: прямые, отогнутые, оттянутые;
- по виду обработки: черновые, чистовые.
- по конструкции: цельные и составные.

Углы резца в главной секущей плоскости

Передним углом **(γ)** называется угол в секущей плоскости между передней поверхностью и основной плоскостью.

Задним углом **(α)** называется угол в секущей плоскости между задней поверхностью и плоскостью резания.

Угол заострения **(β)** – угол между передним и заднем углом.

Углом резания **(δ)** называется угол между передней поверхностью и плоскостью резания.

Углы резца в плане

К углам в плане относятся углы φ, φ_1 и ε. Эти углы измеряют в основной плоскости.

Главным углом в плане ***φ*** называется угол между проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи (продольной или поперечной в зависимости от типа резца).

Вспомогательным углом в плане $\boldsymbol{\varphi_1}$ называется угол между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи.

Углом при вершине (в плане) ***ε*** называется угол между проекциями главной и вспомогательной режущих кромок на основную плоскость.

Сумма всех углов резца в плане будет $\varphi + \varphi_1 + \varepsilon = 180°$.

Углы в плане φ и φ_1 оказывают сильное влияние на стойкость* режущего инструмента, отжим обрабатываемой заготовки в процессе резания и шероховатость обработанной поверхности.

Методика измерения углов

Углы резца измеряют с помощью универсального настольного угломера, состоящего из основания, в котором закреплена вертикальная стойка с измерительным устройством. При настройке угломера измерительное устройство перемещают по вертикальной стойке и в нужном положении фиксируют стопорным винтом.

Для измерения главного переднего угла γ планку угольника b поворачивают до соприкосновения с передней поверхностью резца. При этом риска на указателе покажет значение угла (рис. 6).

При измерении главного заднего угла α пользуются вертикальной планкой угольника а, которой касаются главной задней поверхности резца.

Необходимо помнить, что главные углы резца α и γ измеряют в плоскости нормальной к проекции главной режущей кромки на основную плоскость. Полученные значения заносят в таблицу 1.

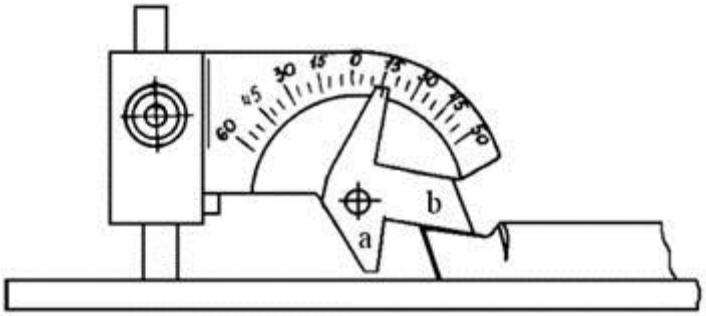


Рис. 6. Схема измерения углов в главной секущей плоскости

Перед измерением углов в плане φ и φ_1 измерительное устройство поворачивают на 180° и снова фиксируют (рис. 7). При измерении главного угла в плане φ резец прижимают к упору стола, а поворотную планку разворачивают до соприкосновения с главной режущей кромкой. Тогда указатель покажет значение угла φ.

Аналогично измеряют вспомогательный угол в плане φ_1, только в этом случае поворотную планку разворачивают до соприкосновения со вспомогательной режущей кромкой.

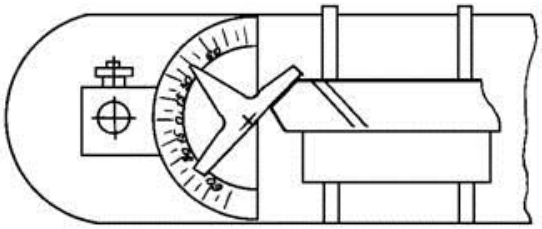


Рис. 7. Схема измерения углов в основной плоскости

Для определения величины угла λ, регулируя положение измерительного устройства по высоте, горизонтальную планку приводят в соприкосновение с главной режущей кромкой без зазора (рис. 8).

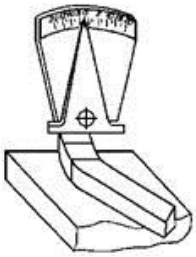


Рис. 8. Схема измерения угла λ

Задание1. Произвести измерение углов резцов.

Практическая часть:

1. Изучить конструктивные элементы и геометрические параметры токарных резцов.
2. Определить название и назначение предложенного резца.
3. Нарисуйте в тетради эскизы токарных резцов с простановкой их геометрических параметров и схему измерения углов.
4. Определить передний и задний угол резца по справочным таблицам.
5. Рассчитать угол заострения и угол резания по формулам:
   $\beta = 90^o – (\alpha + \gamma)$; $\delta = 90^o - \gamma$.
6. Измерить углы резания δ и углы заточки резца (α, γ).
7. Заполнить таблицу.

Таблица 1 - Значения углов резца

Наимено-вание резцов	Углы в градусах									Материал твёрдосплавной пластины
	Передний угол	Главный задний угол	Угол заострения	Угол резания	Главный угол в плане	Вспомогательный угол в плане	Угол при вершине	Угол наклона режущей кромки	Размер резца	
	γ	α	β	δ	φ	φ_1	ε	λ	ВхН	—
Проходной отогнутый										
Проходной упорный										
Отрезной										

Контрольные вопросы.

1. Назовите основные элементы резца.
2. Перечислите геометрические параметры токарных резцов.
3. В каких случаях применяются резцы с отрицательными передними углами?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

Тема: Исследование конструкций резцов с механическим креплением пластины

Цель: получение знаний по основам технологии обработки заготовок резанием: ознакомление с конструкций резцов с механическим креплением пластины

Оборудование: справочная и методическая литература, инженерные калькуляторы.

Справочный материал

Конструкции резцов, оснащенных многогранными пластинами, отличаются большим разнообразием способов крепления (рис.1 *,б, в* и рис.2, *а, б).* Крепление прихватом (рис.1, б и рис.2, *в)* применяют для пластин без отверстий, в том числе из режущих керамик. Пластину устанавливают в закрытый паз и базируют по опорной и боковым поверхностям. При этом обеспечиваются высокие точность базирования пластин и надежность крепления. На резцах для обработки заготовок из стали применяют стружколомы. Этот метод крепления применяют также на концевых фрезах и расточных инструментах.

Возможно применение поворотного элемента (рычага, качающего штифта) или косой тяги (рис.1, *в,* рис.2, *а, в* и рис.3, *а*), обеспечивающих прижим пластины к боковым поверхностям закрытого паза корпуса. Этот метод применяют для крепления пластин с отверстием, он обеспечивает высокую точность базирования, однако не гарантирует точного прилегания опорной поверхности пластины к опорной поверхности на корпусе.

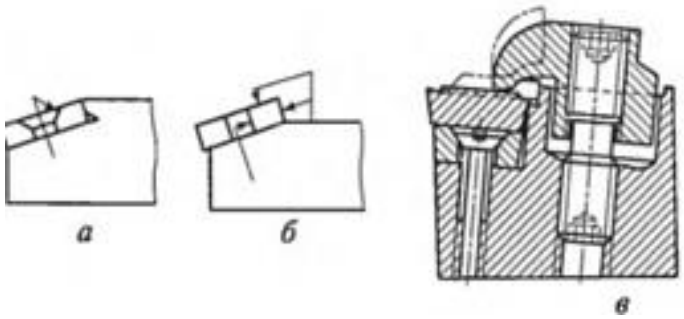


Рис. 1. Резцы, оснащенные многогранными пластинами из твердого сплава

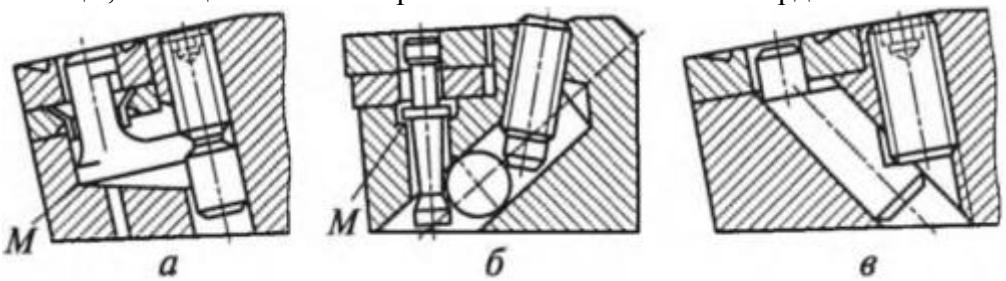


Рис. 2. Резцы, оснащенные многогранными пластинами из твердого сплава

Устранение зазора обеспечивается прижимом пластины от руки при затягивании крепления. Достоинство этого способа — отсутствие выступающих деталей крепления. Способ крепления пластин, показанный на рис.3, *а,* исключает необходимость применения винта в конструкции резца. Для поворота и замены пластины достаточно сжать пружину (на рис. 2, *а, б* и рис.3, а точка, относительно которой поворачивается деталь крепления пластины, обозначена буквой *М).*

Схема крепления, приведенная на рис. 6.2, а, предусматривает применение пластин с коническим отверстием для крепления винтами с конической головкой. Ось

винта *3* сдвинута на 0,15 мм относительно отверстия пластины (рис. 6.4, *б),* что обеспечивает прижим пластины 2к опорной и боковым сторонам /закрытого паза. Крепление отличается простотой и получило широкое распространение. Его при меняют также на концевых фрезах и расточном инструменте.

Крепление пластины между штифтом и клином-прихватом (рис.

6.2, *б* и рис. 6.4, *в)* прижимает пластину к опорной поверхности. Закрытый паз для базирования пластины по ее боковым поверхностям отсутствует, поэтому при повороте и замене пластины вершина ее занимает произвольное положение. Конструкция резца менее трудоемка, чем ранее рассмотренные, и ее рекомендуется применять только на универсальном оборудовании.

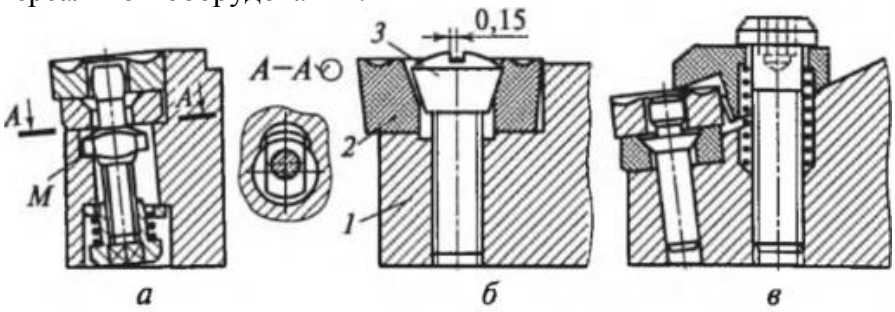


Рис.3. Резцы, оснащенные многогранными пластинами из твердого сплава

Схемы крепления, приведенные на рис.1, *б,* в и рис. 2, *а,* можно применять как на универсальном оборудовании, так и на автоматических линиях и станках с ЧПУ при условии использования пластин повышенной точности. Пластины повышенной точности в сочетании с креплением, обеспечивающим точную установку пластин при их повороте или замене, позволяют избежать повторной настройки резца на размер.

Задание 1. Изучить основные виды токарных резцов, их классификацию по технологическому назначению, форме рабочей части, направлению подачи, конструкции.
Задание 2. Зарисовать токарные резцы – 5 видов ,
Задание 3. Составить таблицу характеристик резцов

Контрольные вопросы

1. Назвать способов крепления многогранных пластин.
2. Что значит «проходной» резец.
3. Перечислите параметры режущей части прямого токарного проходного резца,

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4

Тема: Расчет составляющих силы резания по эмпирическим формулам и мощности резания при точении

Цель: научиться производить расчет составляющих силы резания и мощности резания табличным и аналитическим методом. Самостоятельно работать со справочной и методической литературой; пользоваться инженерными калькуляторами.

Оборудование: справочная литература, паспортные данные станков, калькулятор.

Справочный материал

Точение является наиболее распространенным методом обработки наружных, внутренних и торцовых поверхностей тел вращения (цилиндрических, конических, сферических и фасонных поверхностей).

Точение выполняется на токарных станках токарными резцами различных типов. Заготовку крепят в шпинделе станка, и она вращается, а резец, закрепленный в резцедержателе, совершает продольное или поперечное поступательное движение.

Последовательность выполнения практической работы.

1. Определение и запись исходных данных. Условия задач.
2. Определение силы резания.

2.1. Определение силы резания аналитическим методом.

$$Pz = 10 \cdot Cp \cdot t^{x} \cdot S_{\delta}^{y} \cdot V^{n} \cdot K_{P}$$

2.1.1. Значение коэффициента Ср и показатели степени x,y,n. Таблица 22 [1, с273..274].

2.1.2. Поправочные коэффициенты.

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

Кмр- для стали и чугуна. Таблица 9 [1, с.264]

Кмр- для цветных сплавов. Таблица 10 [1, с.275]

$K_{\varphi p}, K_{\lambda p}, Krp, K_{\gamma p}$.

Таблица23 [1, с.275].

2.2. Определение силы резания табличным методом. Карта Т-5 [2, с.35..36].

$Pz = Pz_{табл} \cdot K_{1} \cdot K_{2}$, кгс

3. Определение мощности резания

$$N_{рез} = \frac{Pz \cdot V}{60 \cdot 102}, кВт$$

Принимают Pz –-кгс, V—в $\frac{м}{мин}$.

3.1. Проверка полученной мощности резания по мощности привода станка.

$$N_{рез} \le N_{шп}$$

Nшп — мощность шпинделя, кВт

$N_{шп} = N_{дв} \cdot \eta$, кВт

Если условие выполняется — обработка возможна.

4. Момент сопротивления резанию.

$$M_{с.р.} = Pz \cdot \frac{D}{2}, Н \cdot м$$

Задание 1. Рассчитать составляющие силы резания по эмпирическим формулам
Задание 2. Рассчитать мощности резания при точении
Каждый обучающийся выполняет свой вариант задания

Номер варианта	Заготовка, материал и его свойства	Вид обработки и параметр шероховатости	D, мм	d, мм	l, мм
1	Поковка. Сталь 30ХН3А, $\sigma_в$ =800 МПа	Обработка на проход Ra=12,5 мкм	115	105Н12	220
2	Прокат. Сталь 30ХМ, в=780 МПа	Подрезание торца Ra=1,6 мкм	60	0	2,5
3	Обработанная. Сталь 45, $\sigma_в$ =650 МПа	Обработка на проход Ra=1,6 мкм	62	60Н9	100
4	Прокат. Сталь ШХ15, $\sigma_в$ =700 МПа	Растачивание на проход Ra=3,2 мкм	80	85Н11	50
5	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 15, НВ163	Обтачивание в упор Ra=6,3 мкм	120	112h8	70
6	Прокат. Бронза Бр АЖ 9-4, $\sigma_в$ =500 МПа	Растачивание в упор Ra=12,5 мкм	60	69Н11	30
7	Прокат. Сталь 35Г2 $\sigma_в$ =618 МПа	Подрезание торца втулки Ra=6,3 мкм	100	80	3,0
8	Прокат. Сталь 14Х17Н2, НВ200	Растачивание в упор Ra=3,2 мкм	70	73Н11	30
9	Отливка без корки СЧ30, НВ220	Растачивание на проход Ra=3,2 мкм	60	63Н11	50
10	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, НВ210	Растачивание на проход Ra=12,5 мкм	120	125Н12	120
11	Поковка. Ковкий чугун КЧ30, НВ163	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	105	100h7	130
13	Прокат. Сталь 38ХА, $\sigma_в$ =680 МПа	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	86	80h12	215
14	Обработанная. Сталь 35, $\sigma_в$ =560 МПа	Растачивание на проход Ra=3,2 мкм	97	100Н11	55
15	Обработанная. Сталь Ст3, $\sigma_в$ =600 МПа	Подрезание сплошного торца Ra=12,5 мкм	80	0	5
16	Отливка с коркой. Бронза Бр АЖН 10-4, НВ170	Обтачивание на проход Ra=1,6 мкм	68	65е12	100
17	Прокат. Латунь ЛМцЖ 52-4-1, НВ220	Растачивание в упор Ra=3,2 мкм	38	43Н11	55
18	Обработанная. Серый чугун СЧ 30, НВ220	Подрезание торца Ra=1,6 мкм	45	0	1,5
19	Обработанная. Серый чугун СЧ 20, НВ220	Обработка в упор Ra=3,2 мкм	74	70Н11	120
20	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, НВ200	Подрезание втулки Ra=3,2 мкм	60	40	2,5
21	Поковка. Сталь 20Х, $\sigma_в$ =580 МПа	Растачивание сквозное Ra=1,6 мкм	58	60Н9	45
22	Обработанная. Сталь 50, $\sigma_в$ =750 МПа	Подрезание торца втулки Ra=3,2 мкм	90	60	2,0
23	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 15, НВ170	Обтачивание в упор Ra=12,5 мкм	129	120h12	240
24	Обработанная. Серый	Подрезание сплошного	80	0	3,5

	чугун СЧ 10, НВ160	торца Ra=12,5 мкм			
25	Поковка. Сталь 40ХН $\sigma_в$ =700 МПа	Растачивание на проход Ra=3,2 мкм	77	80Н11	35
26	Прокат. Сталь 20, $\sigma_в$=500 МПа	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	80	72h12	160
27	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, НВ160	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	100	90h12	210

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5

Тема: Расчет скорости резания при токарной обработке по эмпирической формуле
Цель: научиться рассчитывать наиболее оптимальные режимы резания при токарной обработке по эмпирической формуле.

Оборудование: справочная литература, инженерные калькуляторы, паспортные данные станков.

Справочный материал

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

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

а при отрезании, прорезании и фасонном точении – по формуле

$$v_p = \frac{C_v}{T^m s^y} K_v.$$

где Т- стойкость резца;
s-подача;
t-глубина резания
C_v – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;
x, y, и m - показателей степени
K_v - коэффициент, учитывающий факторы влияющие на скорость резания

Среднее значение стойкости T -45 мин. Значения коэффициента при одноинструментной обработке – 60 мин, при точении резцами с дополнительным лезвием – 30мин.

Значения C_v и показателей степени x, y, и m приведены в табл. 19.

Коэффициент K_v является произведением коэффициентов, учитывающих влияние материала заготовки K_{mv} (см. табл. 1, 3, 7, 8), состояния поверхности K_{nv} (табл. 2), материала инструмента K_{uv} (см. табл. 4), вида обработки K_{ov} (см. табл. 9), углов в плане резцов $K_{\varphi v}$ и радиуса при вершине резца K_r (табл. 20). При многоинструментной обработке и многостаночном обслуживании период стойкости увеличивают, вводя соответственно коэффициенты K_{Tu} (см. табл. 5) и K_{Tc} (см. табл. 6).

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{Tv} \cdot K_{Tc} \cdot K_{\varphi} \cdot K_r.$$

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 табл. 15.

Частоту вращения n, об/мин рассчитывают по формуле

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, мин^{-1}$$

где V– скорость резания, м/мин;
D – диаметр детали, мм.

После расчета частоты вращения принимают ее ближайшее меньшее значение по паспорту станка (приложение 3). Затем уточняют скорость резания по принятому значению $n_{пр}$.

$$Vд = \frac{\pi \cdot D \cdot n_д}{1000}, \frac{м}{мин}$$

Сила резания ***P*, Н.** Силу резания P принято раскладывать на составляющие силы,

направленные по осям координат станка (тангенциальную P_z, радиальную P_y и осевую P_x). При наружном продольном и поперечном точении, растачивании, отрезании, прорезании пазов и фасонном точении эти составляющие рассчитывают по формуле

$$P_{z,y,x} = 10C_p t^x s^y v^n K_p.$$

При отрезании, прорезании и фасонном точении t – длина лезвия резца. Постоянная C_p и показатели степени x, y, n для конкретных (расчетных) условий обработки для каждой из составляющих силы резания приведены в табл. 22. Поправочный коэффициент K_p представляет собой произведение ряда коэффициентов ($K_p = K_{мр} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$), учитывающих фактические условия резания. Численные значения этих коэффициентов приведены в табл. 10, 11 и 23.

Задание 1. Выполнить расчет скорости резания аналитическим способом (по эмпирической формуле) по заданному варианту для обработки на токарно–винторезном станке 16К20.

Исходные данные приведены в таблице

Номер варианта	Заготовка, материал и его свойства	Вид обработки и параметр шероховатости	D, мм	d, мм	l, мм
1	Поковка. Сталь 30ХН3А, $\sigma_в$ =800 МПа	Обработка на проход Ra=12,5 мкм	115	105H12	220
2	Прокат. Сталь 30ХМ, в=780 МПа	Подрезание торца Ra=1,6 мкм	60	0	2,5
3	Обработанная. Сталь 45, $\sigma_в$ =650 МПа	Обработка на проход Ra=1,6 мкм	62	60H9	100
4	Прокат. Сталь ШХ15, $\sigma_в$ =700 МПа	Растачивание на проход Ra=3,2 мкм	80	85H11	50
5	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 15, НВ163	Обтачивание в упор Ra=6,3 мкм	120	112h8	70
6	Прокат. Бронза Бр АЖ 9-4, $\sigma_в$ =500 МПа	Растачивание в упор Ra=12,5 мкм	60	69H11	30
7	Прокат. Сталь 35Г2 $\sigma_в$ =618 МПа	Подрезание торца втулки Ra=6,3 мкм	100	80	3,0
8	Прокат. Сталь 14Х17Н2, НВ200	Растачивание в упор Ra=3,2 мкм	70	73H11	30
9	Отливка без корки СЧ30, НВ220	Растачивание на проход Ra=3,2 мкм	60	63H11	50
10	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, НВ210	Растачивание на проход Ra=12,5 мкм	120	125H12	120
11	Поковка. Ковкий чугун КЧ30, НВ163	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	105	100h7	130
13	Прокат. Сталь 38ХА, $\sigma_в$ =680 МПа	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	86	80h12	215
14	Обработанная. Сталь 35, $\sigma_в$ =560 МПа	Растачивание на проход Ra=3,2 мкм	97	100H11	55
15	Обработанная. Сталь Ст3, $\sigma_в$ =600 МПа	Подрезание сплошного торца Ra=12,5 мкм	80	0	5
16	Отливка с коркой. Бронза Бр АЖН 10-4, НВ170	Обтачивание на проход Ra=1,6 мкм	68	65e12	100
17	Прокат. Латунь ЛМцЖ	Растачивание в упор	38	43H11	55

	52-4-1, НВ220	Ra=3,2 мкм			
18	Обработанная. Серый чугун СЧ 30, НВ220	Подрезание торца Ra=1,6 мкм	45	0	1,5
19	Обработанная. Серый чугун СЧ 20, НВ220	Обработка в упор Ra=3,2 мкм	74	70Н11	120
20	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, НВ200	Подрезание втулки Ra=3,2 мкм	60	40	2,5
21	Поковка. Сталь 20Х, $\sigma_в$ =580 МПа	Растачивание сквозное Ra=1,6 мкм	58	60Н9	45
22	Обработанная. Сталь 50, $\sigma_в$ =750 МПа	Подрезание торца втулки Ra=3,2 мкм	90	60	2,0
23	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 15, НВ170	Обтачивание в упор Ra=12,5 мкм	129	120h12	240
24	Обработанная. Серый чугун СЧ 10, НВ160	Подрезание сплошного торца Ra=12,5 мкм	80	0	3,5
25	Поковка. Сталь 40ХН $\sigma_в$ =700 МПа	Растачивание на проход Ra=3,2 мкм	77	80Н11	35
26	Прокат. Сталь 20, $\sigma_в$=500 МПа	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	80	72h12	160
27	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, НВ160	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	100	90h12	210
28	Поковка. Сталь 12Х18Н9Т, НВ180	Обтачивание в упор Ra=1,6 мкм	62	60e9	200
29	Прокат. Сталь 40Х, $\sigma_в$ =750 МПа	Обтачивание в упор Ra=0,8 мкм	58	52e9	150
30	Обработанная. Сталь Ст5, $\sigma_в$=600 МПа	Растачивание на проход Ra=12,5 мкм	65	70Н14	35

ПРИЛОЖЕНИЯ.

Таблица 1.Подачи, мм/об, при чистовом точении

Параметр шероховатости поверхностити, мкм		Радиус при вершине резца *r*, мм					
		0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
Ra	Rz						
0,63 1,25 2,50	---	0,07 0,10 0,144	0,10 0,13 0,20	0,12 0,165 0,246	0,14 0,19 0,29	0,15 0,21 0,32	0,17 0,23 0,35
---	20 40 8	0,25 0,35 0,47	0,33 0,51 0,66	0,42 0,63 0,81	0,49 0,72 0,94	0,55 0,80 1,04	0,60 0,87 1,14

Примечание. Подачи даны для обработки сталей с $\sigma_в$ 900 МПа и чугунов; для сталей с÷= 700 $\sigma_в$ 700 МПа значения подач умножать на коэффициент÷= 500 K_s = 0,45; для сталей с $\sigma_в$ 1100 МПа значения подач умножать на коэффициент÷= 900 K_s = 1,25.

Таблица 2
Подачи, мм/об, допустимые прочностью пластины из твердого сплава, при точении конструкционной стали резцами с главным углом в плане φ .°= 45

Толщина пластины, мм	Глубина резания *t*, мм, до			
	4	7	13	22
4 6 8 10	1,3 2,6 4,2 6,1	1,1 2,2 3,6 5,1	0,9 1,8 3,6 4,2	0,8 1,5 2,5 3,6

Примечания: 1. В зависимости от механических свойств стали на табличные значения подачи вводить поправочный коэффициент 1,2 при $\sigma_в$ 640 МПа; 1,0 при÷= 480 $\sigma_в$ 870 МПа и 0,85 при÷= 650 $\sigma_в$ 1170 МПа.÷= 870
2. При обработке чугуна табличное значение подачи умножать на коэффициент 1,6
3. Табличное значение подачи умножать на поправочный коэффициент 1,4 при φ; 1,0 при°= 30 φ; 0,6 при°= 45 φ и 0,4 при°=60 φ .°= 90
4. При обработке с ударами подачу уменьшать на 20 %.

Таблица 3.Подачи, мм/об, при прорезании пазов и отрезании.

Диаметр обработки, мм	Ширина резца, мм	Обрабатываемый материал	
		Сталь конструкционная углеродистая и	Чугун, медные и алюминивые сплавы

		легированная, стальное литье	
Токарно-револьверные станки			
До 20 Св. 20 до 40 » 40 » 60 » 60 » 100 » 100 » 150 » 150	3 3 – 4 4 – 5 5 – 8 6 – 10 10 – 15	0,06 – 0,08 0,1 – 0,12 0,13 – 0,16 0,16 – 0,23 0,18 - 0,26 0,28 – 0,36	0,11 – 0,14 0,16 – 0,19 0,20 – 0,24 0,24 – 0,32 0,3 – 0,4 0,4 – 0,55
Карусельные станки			
До 2500 Св. 2500	10 – 15 16 – 20	0,35 – 0,45 0,45 – 0,60	0,55 – 0,60 0,60 – 0,70
Примечания: 1. При отрезании сплошного материала диаметром более 60 мм при приближении резца к оси детали до 0,5 радиуса табличные значения подачи следует уменьшить на 40 – 50 %. 2. Для закаленной конструкционной стали табличные значения подачи уменьшать на 30 % при $HRC_э$<50 и на 50% при $HRC_э$>50. 3. При работе резцами, установленными в револьверной головке, табличные значения умножать на коэффициент 0,8.			

Таблица 4.Режимы резания при тонком точении и растачивании

Обрабатываемый материал	Материал рабочей части режущего инструмента	Параметр шероховатости поверхности Ra, мкм	Подача, мм/об	Скорость резания, мм/мин
Сталь: $\sigma_в$ 650 МПа< $\sigma_в$ 800 МПа÷=650 $\sigma_в$ 800 МПа>	Т30К4	1,25 – 0,63	0,06 - 0,12	250 – 300 150 – 200 120 – 170
Чугун: НВ 149 – 163 НВ 156 – 229 НВ 170 – 241	ВК3	2,5 – 1,25	0,06 - 0,12	150 – 200 120 – 150 100 – 120
Алюминиевые сплавы и баббит	Т30К4	1,25 – 0,32	0,04 – 0,1	300 – 600
			0,04 – 0,08	180 – 500
Бронза и латунь	ВК3			

Примечания: 1. Глубина резания 0,1 – 0,15 мм.
2. Предварительный проход с глубиной резания 0,4 мм улучшает геометрическую форму обработанной поверхности.
3. Меньшие значения параметра шероховатости поверхности соответствуют меньшим подачам.

Таблица 5. Подачи, мм/об, при фасонном точении.

Ширина резца	Диаметр обработки, мм			
	20	25	40	60 и более
8	0,03 - 0,09	0,04 - 0,09	0,04 - 0,09	0,04 - 0,09
10	0,03 - 0,07	0,04 - 0,085	0,04 - 0,085	0,04 - 0,085
15	0,02 - 0,05	0,035 - 0,075	0,04 - 0,08	0,04 - 0,08
20	-	0,03 - 0,06	0,04 - 0,08	0,04 - 0,08
30	--	-	0,035 - 0,07	0,035 - 0,07
40		-	0,03 - 0,06	0,03 - 0,06
50 и более	-	-	-	0,025 - 0,055

Таблица 6. Подачи при черновом наружном точении резцами с пластинами из твердого сплава и быстрорежущей стали.

Диаметр детали, мм	Размер державки резца, мм	Обрабатываемый материал									
		Сталь конструкционная углеродистая, легированная и жаропрочная					Чугун и медные сплавы				
		Подача *s*, мм/об, при глубине резания *t* , мм									
		До 3	Св. 3 до 5	Св. 5 до 8	Св. 8 до 12	Св. 12	До 3	Св. 3 до 5	Св.5 до 8	Св.8 до 12	Св. 12
До 20	От 16 × 25	0,3–0,4	-	-	-	-	--	-	-	-	-
Св. 20 до 40		0,4–0,5	0,3-0,4	-	-	-	0,4-0,5	-	-	-	-
	до 25 × 25	0,5-0,9	0,4-0,8	0,3-0,7	-	-	0,6-0,9	0,5-0,8	0,4-0,7	-	-
Св. 40 до 60		0,6-1,2	0,5-1,1	0,5-0,9	0,4-0,8	-	0,8-1,4	0,7-1,2	0,6-1,0	0,5-0,9	-
	От 16 × 25	0,8-1,3	0,7-1,2	0,6-1,0	0,5-0,9	0,4-1,1	1,0-1,5	0,8-1,9	0,8-1,1	0,6-0,9	-
Св. 60 до 100	до 25 × 25	1,1-	1,0-1,3	0,7-1,2	0,6-1,2	0,1-1,2	1,3-1,6	1,2-1,5	1,0-1,2	0,7-0,9	0,8-1,0
				0,8-	0,6-1,3	0,7-1,3	1,2-	1,2-	1,0-	0,9-1,2	0,9-1,2
						1,0-1,5					1,2-1,7

Св. 100 до 400 Св. 400 до 500 Св. 500 до 600 Св. 600 до 1000 Св. 1000 до 2500	От 16 × 25 до 25 × 40 От 16 × 25 до 25 × 40 От 16 × 25 до 25 × 40 От 20 × 30 до 40 × 60 От 20 × 30 до 40 × 60 От 25 × 40 до 40 × 60 От 30 × 45 до 40 × 60	1,4 1,2-1,5 1,2-1,8 1,3-2,0	1,0-1,4 1,1-1,5 1,3-1,8	1,3 0,9-1,4 1,2-1,6	0,8-1,4 1,1-1,5		1,5-1,8 1,5-2,0 1,6-2,4	1,6 1,3-1,8 1,6-2,0	1,4 1,0-1,4 1,4-1,8	1,0-1,3 1,3-1,7	

Примечания: 1. При обработке жаропрочных сталей и сплавов подачи свыше 1 мм/об не применять.

2. При обработке прерывистых поверхностей и при работах с ударами табличные значения подач следует уменьшать на коэффициент 0,75 – 0,85.

3. При обработке закаленных сталей табличные значения подачи уменьшать, умножая на коэффициент 0,8 для стали $HRC_э$ 44-56 и на 0,5 для стали с $HRC_э$ 57 – 62.

Таблица 7. Подачи при черновом растачивании на токарных и токарно-револьверных станках резцами с пластинами из твердого сплава и быстрорежущей стали.

Резец или оправка		Обрабатываемый материал							
Диаметр круглого сечения резца или размеры прямоугольного сечения оправки, мм	Вылет резца или оправки, мм	Сталь конструкционная углеродистая, легированная и жаропрочная				Чугун и медные сплавы			
		Подача *s*, мм/об, при глубине резания *t*, мм							
		2	3	5	8	2	3	5	8
10	50	0,08	-	-	-	0,12-0,16	-	-	-
12	60	0,10	0,08	-	-	0,12-0,20	0,12-0,18	-	-
16	80	0,1-0,2	0,15	0,1	-	0,20-0,30	0,15-0,25	0,1-0,18	-
20	100	0,5-0,3	0,15-0,25	0,12	-	0,3-0,4	0,25-0,35	0,12-0,25	-
25	125	0,25-0,5	0,15-0,4	0,12-0,2	-	0,4-0,6	0,3-0,5	0,25-0,35	-
30	150	0,4	0,2-0,5	0,12-0,3	-	0,5-0,8	0,4-0,6	0,25-0,45	0,4-0,5
40	200	-	0,25-0,6	0,15-0,4	-	-	0,6-0,8	0,3-0,8	0,3-0,4
40×40	150	-	0,6-1,0	0,5-0,7	0,6-0,8	-	0,7-1,2	0,5-0,9	0,5-0,7
40×40	300	-	0,4-0,7	0,3-0,6	0,4-0,7	-	0,6-0,9	0,4-0,7	0,6-0,8
60×60	150	-	0,9-1,2	0,8-1,0	0,7-0,9	-	1,0-1,5	0,8-1,2	-
60×60	300	-	0,7-1,0	0,5-0,8	0,5-0,7	-	0,9-1,2	0,7-0,9	
75×75	300	-	0,9-1,3	0,8-1,1	-	-	1,1-1,6	0,9-1,3	
75×75	500	-	0,7-1,0	0,6-0,9			-	0,7-1,1	
75×75	800	-	-	0,4-0,7			-	0,6-0,8	

Примечания: Верхние пределы подач рекомендуются для меньшей глубины резания при обработке менее прочных материалов, нижние – для большей глубины и более прочных материалов.

Таблица 8.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, $\sigma_в$ = 750 МПа						
Наружное продольное точение проходными резцами	Т15К6*	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	Т15К6*	$s \le t$ $s > t$	292	0,30 0,15	0,15 0,30	0,18
Отрезание	Т5К10* Р18**	- -	47 23,7	- -	0,80 0,66	0,20 0,25
Фасонное точение	Р18**	-	22,7	-	0,50	0,30
Нарезание крепежной резьбы	Т15К6*	-	244	0,23	0,30	0,20
	Р6М5	Черновые ходы: P 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	Т15К6*	-	2330	0,50	0,50	0,50
Обработка серого чугуна, *НВ* 190						
Наружное продольное точение проходными резцами	ВК6*	s 0,40≤ s 0,40>	292 243	0,15	0,20 0,40	0,20
Наружное продольное точение резцами с	ВК6**	$s \ge t$	324	0,40	0,20	0,28

дополнительным лезвием		$s < t$	324	0,20	0,40	0,28
Отрезание	ВК6*	-	68,5	-	0,40	0,20
Нарезание крепежной резьбы		-	83	0,45	-	0,33
Обработка ковкого чугуна, НВ 150						
Наружное продольное точение проходными резцами	ВК8*	s 0,40≤ s 0,40>	317 215	0,15 0,15	0,20 0,45	0,20 0,20
Отрезание	ВК6*	-	86	-	0,4	0,20
Обработка медных гетерогенных сплавов средней твердости, НВ 100 – 140						
Наружное продольное точение проходными резцами	Р18*	s 0,20≤ s 0,20>	270 182	0,12	0,25 0,30	0,23
Обработка силумина и литейных алюминиевых сплавов, $\sigma_в$ 200 МПа,÷= 100 HB 65;≤ Дюралюминия, $\sigma_в$ 400 МПа,÷= 300 HB 100≤						
Наружное продольное точение проходными резцами	Р18*	0,20≤s 0,20>s	485 328	0,12	0,25 0,50	0,28

* Без охлаждения
** С охлаждением
Примечания: 1. При внутренней обработке (растачивание, 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 Т15К6 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.

Таблица 9. Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние параметров резца на скорость резания.

Главный угол	Коэффициент $K_{\varphi v}$	Вспомогательный угол	Коэффициент	Радиус при	Коэффициент K_{rv}

в плане φ°		в плане $\varphi_1{}^{\circ}$	$K_{\varphi 1v}$	вершине резца r*, мм	
20 30 45 60 75 90	1,4 1,2 1,0 0,9 0,8 0,7	10 15 20 30 45 -	1,0 0,97 0,94 0,91 0,87 -	1 2 3 - 5 -	0,94 1,0 1,03 - 1,13 -

* Учитывают только для резцов из быстрорежущей стали.

Таблица 10
Режимы резания при точении закаленной стали резцами с пластинами из твердого сплава.

Подача s, мм/об	Ширина прорезания, мм	Твердость обрабатываемого материала $HRC_э$									
		35	39	43	46	49	51	53	56	59	62
		Скорость резания v, мм/мин									
Наружное продольное точение											
0,2	-	157	135	116	107	83	76	66	48	32	26
0,3	-	140	118	100	92	70	66	54	39	25	20
0,4	-	125	104	88	78	60	66	45	33	-	-
0,5	-	116	95	79	71	53	-	-	-	-	-
0,6	-	108	88	73	64	48	-	-	-	-	-
Прорезание паза											
0,05	3	131	110	95	83	70	61	54	46	38	29
0,08	4	89	75	65	56	47	41	37	31	25	19
0,12	6	65	55	47	41	35	30	27	23	18	14
0,16	8	51	43	37	32	27	23	-	-	-	-
0,20	12	43	36	31	27	23	20	-	-	-	-

Примечания: 1. В зависимости от глубины резания на табличное значение скорости резания вводить поправочный коэффициент: 1,15 при t 0,9 мм; 1,0 при÷= 0,4 t 2 мм и 0,91 при÷= 1 t 3 мм.÷= 2
2. В зависимости от параметра шероховатости на табличное значение скорости резания

вводить поправочный коэффициент: 1,0 Rz = 10 мкм; 0,9 для Ra = 2,5 мкм и 0,7 для Ra = 1,25 мкм.

3. В зависимости от марки твердого сплава на скорость резания вводить поправочный коэффициент K_{uv}:

Твердость обрабатываемого материала	*HRC*э 35 – 49				*HRC*э 50 – 62		
Марка твердого сплава	Т30К4	Т15К6	ВК6	ВК8	ВК4	ВК6	ВК8
коэффициент K_{uv}	1,25	1,0	0,85	0,83	1,0	0,92	0,74

4. В зависимости от главного угла в плане вводить поправочные коэффициенты:
1,2 при $\varphi = 30^o$; 1,0 при $\varphi^o = 45$; 0,9 при $\varphi = 60^o$; 0,8 при $\varphi = 75^o$; 0,7 при $\varphi = 90^o$.

5. При работе без охлаждения вводить на скорость резания поправочный коэффициент 0,9.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6

Тема: Расчет и табличное определение режимов резания при точении.

Цель: научиться назначать режимы резания при точении по таблицам нормативов; самостоятельно пользоваться справочной и методической литературой, калькуляторами.

Оборудование: справочная литература, инженерные калькуляторы, паспортные данные станков.

Справочный материал

Точение является наиболее распространенным методом обработки наружных, внутренних и торцовых поверхностей тел вращения (цилиндрических, конических, сферических и фасонных).

Точение осуществляется на токарных станках токарными резцами различных типов. Заготовку крепят в шпинделе станка, и она вращается, а резец, закрепленный в резцедержателе, совершает продольное или поперечное поступательное движение.

Порядок выполнения практической работы

1. Определение записи исходных данных. Условие задания.
2. Выбор режущего инструмента.
2.1.Выбор типа РИ [1, с. 119... 136].
2.2. Выбор материала режущей части РИ Таблица 2..3 [1,с. 115... 118].
Определение геометрических параметров резца [1,с.119... 136].
3. Назначение режима резания.
3.1.Определение глубины резания

$$t = \frac{D-d}{2}, мм$$

Где D- диаметр заготовки.
d-диаметр детали.

3.2.Назначение подачи. Таблица 11...16 [1, с..266] или карта Т-2 [2, с.23..25]. Учесть поправочный коэффициент.

3.2.1.Корректировка подачи по паспорту станка. [3.с.421]
3.3. Назначение периода стойкости резца. Карта Т-3 [2,с.26].
Для резцов из твердого сплава – стойкость Т=60 мин.
3.4. Определение скорости резания.
3.4.1. Табличное значение скорости резания. КартаТ-4 [2,с.29..36]
3.4.2.Расчетное значение скорости резания с учетом поправочных коэффициентов.

$$Vp = Vm \cdot K1 \cdot K2 \cdot K3, \frac{м}{мин}$$

3.5. Расчет частоты вращения шпинделя.

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_д}{\pi \cdot D}, мин^{-1}$$

3.5.1. Корректировка подачи по паспорту станка $n_д$ [3,с.421]
3.5.2. Корректировка скорости резания.

$$Vд = \frac{\pi \cdot D \cdot n_д}{1000}, \frac{м}{мин}$$

3.6.Определение силы резания, Pz, Н.
3.6.1. Табличное значение Pz_m. Карта Т-5 [2.с.35]
3.6.2. Корректировка с учетом поправочных коэффициентов.[2,с.36]

$$Pz = Pzm \cdot K1 \cdot K2, кГ$$

1кГ=10Н

3.7. Определение мощности, потребной на резание

$$N_{рез} = \frac{Pz \cdot Vд}{1020 \cdot 60}, кВт$$

3.7.1. Поправочный коэффициент по мощности.

Nрез < Nшп

Где Nшп - мощность шпинделя, [3, с.421].

$$N_{шп} = 1{,}2 \cdot N_{двиг} \cdot \eta$$

η -- коэффициент полезного действия, [3,с.421]

3.8. Определение основного (машинного) времени на обработку.

$$T_o = \frac{Lрх}{S_{од} \cdot n_д}, мин$$

3.8.1. Определение длины рабочего хода.

$$L_{рх} = l_{рез} + y + \Delta, мм$$

Lрез - длина резания, мм.

y - величина врезания, мм. [2,с.300...]

Δ- величина перебега, мм.

Задание 1. Выполнить расчет режимов резания табличным методом позаданному варианту для обработки на токарно–винторезном станке 16К20.

Исходные данные приведены в таблице.

Номер варианта	Заготовка, материал и его свойства	Вид обработки и параметр шероховатости	D, мм	d, мм	l, мм
1	Поковка. Сталь 30ХН3А, $\sigma_в$ =800 МПа	Обработка на проход Ra=12,5 мкм	115	105Н12	220
2	Прокат. Сталь 30ХМ, в=780 МПа	Подрезание торца Ra=1,6 мкм	60	0	2,5
3	Обработанная. Сталь 45, $\sigma_в$ =650 МПа	Обработка на проход Ra=1,6 мкм	62	60Н9	100
4	Прокат. Сталь ШХ15, $\sigma_в$ =700 МПа	Растачивание на проход Ra=3,2 мкм	80	85Н11	50
5	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 15, НВ163	Обтачивание в упор Ra=6,3 мкм	120	112h8	70
6	Прокат. Бронза Бр АЖ 9-4, $\sigma_в$ =500 МПа	Растачивание в упор Ra=12,5 мкм	60	69Н11	30
7	Прокат. Сталь 35Г2 $\sigma_в$ =618 МПа	Подрезание торца втулки Ra=6,3 мкм	100	80	3,0
8	Прокат. Сталь 14Х17Н2, НВ200	Растачивание в упор Ra=3,2 мкм	70	73Н11	30
9	Отливка без корки СЧ30, НВ220	Растачивание на проход Ra=3,2 мкм	60	63Н11	50
10	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, НВ210	Растачивание на проход Ra=12,5 мкм	120	125Н12	120
11	Поковка. Ковкий чугун КЧ30, НВ163	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	105	100h7	130
13	Прокат. Сталь 38ХА, $\sigma_в$ =680 МПа	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	86	80h12	215
14	Обработанная. Сталь 35, $\sigma_в$ =560 МПа	Растачивание на проход Ra=3,2 мкм	97	100Н11	55
15	Обработанная. Сталь	Подрезание сплошного	80	0	5

	Ст3, $\sigma_в$ =600 МПа	торца Ra=12,5 мкм			
16	Отливка с коркой. Бронза Бр АЖН 10-4, НВ170	Обтачивание на проход Ra=1,6 мкм	68	65e12	100
17	Прокат. Латунь ЛМцЖ 52-4-1, НВ220	Растачивание в упор Ra=3,2 мкм	38	43H11	55
18	Обработанная. Серый чугун СЧ 30, НВ220	Подрезание торца Ra=1,6 мкм	45	0	1,5
19	Обработанная. Серый чугун СЧ 20, НВ220	Обработка в упор Ra=3,2 мкм	74	70H11	120
20	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, НВ200	Подрезание втулки Ra=3,2 мкм	60	40	2,5
21	Поковка. Сталь 20Х, $\sigma_в$ =580 МПа	Растачивание сквозное Ra=1,6 мкм	58	60H9	45
22	Обработанная. Сталь 50, $\sigma_в$ =750 МПа	Подрезание торца втулки Ra=3,2 мкм	90	60	2,0
23	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 15, НВ170	Обтачивание в упор Ra=12,5 мкм	129	120h12	240
24	Обработанная. Серый чугун СЧ 10, НВ160	Подрезание сплошного торца Ra=12,5 мкм	80	0	3,5
25	Поковка. Сталь 40ХН $\sigma_в$ =700 МПа	Растачивание на проход Ra=3,2 мкм	77	80H11	35
26	Прокат. Сталь 20, $\sigma_в$=500 МПа	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	80	72h12	160
27	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, НВ160	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	100	90h12	210
28	Поковка. Сталь 12Х18Н9Т, НВ180	Обтачивание в упор Ra=1,6 мкм	62	60e9	200
29	Прокат. Сталь 40Х, $\sigma_в$ =750 МПа	Обтачивание в упор Ra=0,8 мкм	58	52e9	150
30	Обработанная. Сталь Ст5, $\sigma_в$=600 МПа	Растачивание на проход Ra=12,5 мкм	65	70H14	35

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7

Тема: Расчет режимов резания при точении. Аналитический метод
Цель: научиться производить расчет режимов резания аналитическим методом. Самостоятельно работать со справочной и методической литературой; пользоваться инженерными калькуляторами.

Оборудование: Справочная литература, паспортные данные станков, калькулятор.

Справочный материал.

Точение является наиболее распространенным методом обработки наружных, внутренних и торцовых поверхностей тел вращения (цилиндрических, конических, сферических и фасонных поверхностей).

Точение выполняется на токарных станках токарными резцами различных типов. Заготовку крепят в шпинделе станка, и она вращается, а резец, закрепленный в резцедержателе, совершает продольное или поперечное поступательное движение.

Порядок выполнения практической работы

1. Определение и запись исходных данных. Условие задачи.
2. Выбор режущего инструмента.
2.1. Выбор типа РИ [1,с.119.. 136].
2.2. Выбор материала режущей части РИ. Таблица 2..3 [1,с.115..118].
2.3. Определение геометрических параметров резца. [1,с.119..136].
3. Выбор режимов резания.
3.1. Определение глубины резания.

$$t = \frac{D-d}{2}, мм$$

3.2. Назначение подачи.

Таблица 11... 16 [1,с.226] или Карта Т-2 [2.с.23..25]; учесть поправочный коэффициент.

3.2.1. Корректировка подачи по паспорту станка [3,с,421].
3.3. Назначение периода стойкости резца. Карта Т-3 [2,с.26].
Для резцов из твердого сплава – стойкость Т=60мин.
3.4 Определение скорости резания.

$$Vp = \frac{Cv}{T^{M} \cdot t^{x} \cdot S_{\partial}^{y}} \cdot K_{v}, \frac{м}{мин}$$

3.4.1. Коэффициент Cv и показатели степени x, y, м. Таблица 17 [1,с.269..270].
3.4.2 Поправочный коэффициент.

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

Kmv - Таблица. 1-4 [1, с.261..263];
Knv - Таблица.5 [1, с.263];
Kuv - Таблица.6 [1, с.263].
3.5. Определение частоты вращения шпинделя.

$$n_{p} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, мин^{-1}$$

3.5.1. Корректировка по паспорту станка [3, с.421]
3.5.2. Определение действительной скорости резания.

$$V\partial = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\partial}}{1000}, \frac{м}{мин}$$

3.6. Определение силы резания, Н

$$Pz = 10 \cdot Cp \cdot t^x \cdot S_{\partial}^y \cdot V^n \cdot K_P$$

3.6.1. Значение коэффициента Ср и показатели степени x,y,n. Таблица 22 [1, с273..274].

3.6.2. Поправочные коэффициенты.

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

Кмр- для стали и чугуна. Таблица 9 [1, с.264]

Кмр- для цветных сплавов. Таблица.10 [1,с.275]. Таблица 23 [1,с275].

3.6.3. Информация о геометрических параметров резца. Таблица 8.2 [4,с. 144] или ПРИЛОЖЕНИЕ.

3.7,Определение основного машинного времени,

$$T_o = \frac{L_{px}}{n_{\partial} \cdot S_{o\partial}}, мин$$

3.8. Определение длины рабочего хода.

$$Lpx = l_{рез} + y + \Delta$$

Lрез - длина резания, мм.

v-величина врезания, мм; [2,с.300..,]

Δ-величина перебега, мм.

Задание: Расчет режимов резания при точении. Аналитический метод

Исходные данные приведены в таблице.

Номер варианта	Заготовка, материал и его свойства	Вид обработки и параметр шероховатости	D, мм	d, мм	l, мм
1	Поковка. Сталь 30ХН3А, $\sigma_в$ =800 МПа	Обработка на проход Ra=12,5 мкм	115	105H12	220
2	Прокат. Сталь 30ХМ, в=780 МПа	Подрезание торца Ra=1,6 мкм	60	0	2,5
3	Обработанная. Сталь 45, $\sigma_в$ =650 МПа	Обработка на проход Ra=1,6 мкм	62	60H9	100
4	Прокат. Сталь ШХ15, $\sigma_в$ =700 МПа	Растачивание на проход Ra=3,2 мкм	80	85H11	50
5	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 15, НВ163	Обтачивание в упор Ra=6,3 мкм	120	112h8	70
6	Прокат. Бронза Бр АЖ 9-4, $\sigma_в$ =500 МПа	Растачивание в упор Ra=12,5 мкм	60	69H11	30
7	Прокат. Сталь 35Г2 $\sigma_в$ =618 МПа	Подрезание торца втулки Ra=6,3 мкм	100	80	3,0
8	Прокат. Сталь 14Х17Н2, НВ200	Растачивание в упор Ra=3,2 мкм	70	73H11	30
9	Отливка без корки СЧ30, НВ220	Растачивание на проход Ra=3,2 мкм	60	63H11	50
10	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, НВ210	Растачивание на проход Ra=12,5 мкм	120	125H12	120
11	Поковка. Ковкий чугун КЧ30, НВ163	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	105	100h7	130
13	Прокат. Сталь 38ХА, $\sigma_в$ =680 МПа	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	86	80h12	215
14	Обработанная. Сталь 35,	Растачивание на проход	97	100H11	55

	$\sigma_в$ =560 МПа	Ra=3,2 мкм			
15	Обработанная. Сталь Ст3, $\sigma_в$ =600 МПа	Подрезание сплошного торца Ra=12,5 мкм	80	0	5
16	Отливка с коркой. Бронза Бр АЖН 10-4, НВ170	Обтачивание на проход Ra=1,6 мкм	68	65e12	100
17	Прокат. Латунь ЛМцЖ 52-4-1, НВ220	Растачивание в упор Ra=3,2 мкм	38	43H11	55
18	Обработанная. Серый чугун СЧ 30, НВ220	Подрезание торца Ra=1,6 мкм	45	0	1,5
19	Обработанная. Серый чугун СЧ 20, НВ220	Обработка в упор Ra=3,2 мкм	74	70H11	120
20	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, НВ200	Подрезание втулки Ra=3,2 мкм	60	40	2,5
21	Поковка. Сталь 20Х, $\sigma_в$ =580 МПа	Растачивание сквозное Ra=1,6 мкм	58	60H9	45
22	Обработанная. Сталь 50, $\sigma_в$ =750 МПа	Подрезание торца втулки Ra=3,2 мкм	90	60	2,0
23	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 15, НВ170	Обтачивание в упор Ra=12,5 мкм	129	120h12	240
24	Обработанная. Серый чугун СЧ 10, НВ160	Подрезание сплошного торца Ra=12,5 мкм	80	0	3,5
25	Поковка. Сталь 40ХН $\sigma_в$ =700 МПа	Растачивание на проход Ra=3,2 мкм	77	80H11	35
26	Прокат. Сталь 20, $\sigma_в$=500 МПа	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	80	72h12	160
27	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, НВ160	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	100	90h12	210
28	Поковка. Сталь 12Х18Н9Т, НВ180	Обтачивание в упор Ra=1,6 мкм	62	60e9	200
29	Прокат. Сталь 40Х, $\sigma_в$ =750 МПа	Обтачивание в упор Ra=0,8 мкм	58	52e9	150
30	Обработанная. Сталь Ст5, $\sigma_в$=600 МПа	Растачивание на проход Ra=12,5 мкм	65	70H14	35

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №8

Тема: Расчет и табличное определение режимов резания при сверлении.

Цель: научиться рассчитывать режимы резания при сверлении, зенкеровании, развертывании табличным методом, пользоваться справочной и методической литературой.

Оборудование: справочная литература, инженерные калькуляторы, методическое пособие, паспортные данные станков.

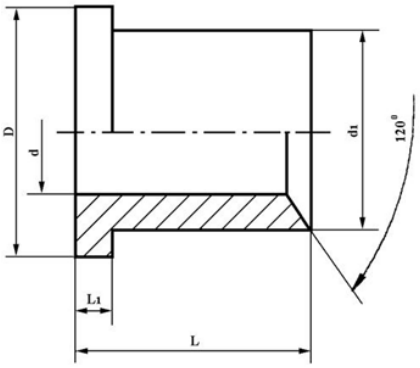
Справочный материал

Наиболее широкое распространение изготовления отверстий получили операции сверления, зенкерования, развертывания.

Сверление используют для изготовления сквозных и глухих отверстий в сплошном материале. Обработанные отверстия имеют параметр шероховатости Ra=12.5мкм и точность соответствующую 12—14-му квалитету.

Задание 1.

На вертикально-сверлильном станке мод. 2Н135 производится сверление отверстия диаметром d мм, глубиной L мм. Данные выбрать из таблицы.



№ п/п	d мм	L мм.	№ п/п	d мм	L мм.
1	10	40	8	8	40
2	14	36	9	12	36
3	18	42	10	16	42
4	22	35	11	20	35
5	12	40	12	18	40
6	20	38	13	14	38

Порядок выполнения практической работы

1. Определение исходных данных.
2. Выбор типа инструмента.

сверла. Таблица 40..46 [1, с.137]

комбинированные Р.И. Таблица 54 [1, с.161]

2.1. Выбор материала Р.Ч.

БРС – Таблица 2 [1, с.115].

ТС--Таблица 3 [1, с.116..118].

2.2. Выбор геометрических параметров Р.И.

сверла: форма заточки. Таблица 43 [1, с.151].

Параметры лезвий и углы. Таблица 44..46 [1,с.151..152]
3. Назначение режима резания.
3.1. Определение глубины резания.
при сверлении:

$$t = \frac{D}{2}, мм$$

при рассверливании:

$$t = \frac{D-d}{2}, мм$$

3.2. Определение подачи.
при сверлении. Таблица 25 [1, с.276..277];

$$S_{ор} = S_{от} \cdot K_s, мм$$

K_s -см.примечание под соответствующими таблицами.
3.2.1. Корректировка $S_{од}$ по паспорту станка.
3.3. Определение длины рабочего хода.

$$L_{рх} = l_{рез} + y + \Delta, мм$$

Величина врезания y и перебега Δ определяется по Приложению 3 [2, с.303]
4. Определение стойкости инструмента. Карта С-3 [2, с.114]
5. Расчет скорости резания. Карта С-4 [2, с.115..123]

$$Vp = V_m \cdot K1 \cdot K2 \cdot K3, \frac{м}{мин}$$

Поправочные коэффициенты К1, К2, К3. Карта С-4 [2, с.115..123]
6. Расчет числа оборотов шпинделя.

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D}, мин^{-1}$$

6.1. Корректировка nд по паспорту станка.[3, с.422].
7. Расчет основного машинного времени.

$$T_o = \frac{L_{рх}}{S_{од} \cdot n_д} = \frac{Lрх}{V_s}, мин$$

8. Определение осевой силы резания. Карта 5 [2, с.124..125]

$$Po = P_m \cdot Kp кГ (\times 10Н)$$

9. Определение мощности резания. Карта С-6 [2, с.126..128].
-при сверлении:

$$N_{рез} = N_m \cdot K_N \cdot \frac{n_д}{1000}, кВт$$

-при рассверливании:

$$N_{рез} = N_m \cdot K_N \cdot \frac{V_д}{1000}, кВт$$

10. Проверочный расчет.

$$N_{рез} \le 1{,}2 \cdot N_{двиг} \cdot \eta, кВт$$

Если условие выполняется — обработка возможна.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №9

Тема: Расчет и табличное определение режимов резания при зенкеровании, развертывании

Цель: научиться рассчитывать режимы резания при зенкеровании, развертывании табличным методом, пользоваться справочной и методической литературой.

Оборудование: справочная литература, инженерные калькуляторы, методическое пособие, паспортные данные станков.

Справочный материал

Наиболее широкое распространение изготовления отверстий получили операции зенкерования, развертывания.

Зенкерование применяют при обработке сквозных и глухих отверстий, предварительно обработанных сверлом либо полученных литьем или ковкой (штамповкой). Обработка производиться многолезвийным инструментом—зенкером (Z=3—8). Увеличенное число режущих зубьев, по сравнению со сверлом, позволяет получить более точное по форме и размеру отверстие. При этом обеспечивается параметр шероховатости обработанных поверхностей Ra=6,3мкм.

Развертывание применяют после зенкерования или растачивания и является финишной обработкой точных отверстий. В среднем при развертывании достигается точность, соответствующая 6—9-му квалитету, и Ra=0,32—1,25мкм.

Порядок выполнения практической работы

1. Определение исходных данных.
2. Выбор типа инструмента.

зенкеры, зенковки. Таблица 47..48 [1, с.153..155]
развертки. Таблица 49..53 [1, с.156..161]
комбинированные Р.И. Таблица 54 [1, с.161]

2.1. Выбор материала Р.Ч.

БРС – Таблица 2 [1, с.115].
ТС--Таблица 3 [1, с.116..118].

2.2. Выбор геометрических параметров Р.И.

зенкеры и зенковки: геометрические параметры. Таблица 48 [1, с.154..155]
развертки. Таблица 49 [1,с.156..157]; (с.157-текст)

3. Назначение режима резания.

3.1. Определение глубины резания.

при зенкеровании и развертывании:

$$t = \frac{D-d}{2}, мм$$

3.2. Определение подачи.

при зенкеровании. Таблица 26 [1, с.277];
при развертывании. Таблица 27 [1, с.278].

$$S_{ор} = S_{от} \cdot K_s, мм$$

K_s-см.примечание под соответствующими таблицами.

3.2.1. Корректировка $S_{од}$ по паспорту станка.

3.3. Определение длины рабочего хода.

$$L_{рх} = l_{рез} + y + \Delta, мм$$

Величина врезания y и перебега Δ определяется по Приложению 3 [2, с.303]

4. Определение стойкости инструмента. Карта С-3 [2, с.114]
5. Расчет скорости резания. Карта С-4 [2, с.115..123]

$$Vp = V_m \cdot K1 \cdot K2 \cdot K3, \frac{м}{мин}$$

Поправочные коэффициенты К1, К2, К3. Карта С-4 [2, с.115..123]

6. Расчет числа оборотов шпинделя.

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D}, \; мин^{-1}$$

6.1. Корректировка nд по паспорту станка.[3, с.422].

7. Расчет основного машинного времени.

$$T_o = \frac{L_{px}}{S_{od} \cdot n_d} = \frac{Lpx}{V_s}, мин$$

8. Определение осевой силы резания. Карта 5 [2, с.124..125]

$$Po = P_m \cdot Kp кГ (\times 10H)$$

9. Определение мощности резания при зенкеровании:

$$N_{рез} = N_m \cdot K_N \cdot \frac{V_д}{1000}, кВт$$

10. Проверочный расчет.

$$N_{рез} \leq 1{,}2 \cdot N_{двиг} \cdot \eta, кВт$$

Если условие выполняется — обработка возможна.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №10

Тема: Измерение геометрических и конструктивных параметров сверла.
Цель: ознакомиться с основными типами свёрл, изучить назначение и область применения свёрл, особенности их конструкции и геометрии, научиться измерять конструктивные элементы и основные углы спирального сверла.

Оборудование: комплект спиральных сверл, штангенциркуль, микрометр, угломер, установка для измерения задних углов сверла.

Справочный материал

Сверление- один из распространенных методов получения глухих и сквозных отверстий. Режущим инструментом при сверлении служит спиральное сверло, с помощью которого получают отверстия в сплошном материале (диаметром до 12 мм) и увеличивают диаметр предварительно просверленного или пробитого при штамповке отверстия (рассверливание).

Свёрла изготовляют из легированной стали 9ХС, быстрорежущих сталей Р6М5 и др., оснащенные твёрдым сплавом ВК6, ВК6-М, ВК8 и др. 80 мкм. В качестве инструментов используются свёрла различных конструкций.

Сверлением обеспечивается 11...12 квалитет точности и шероховатость обработанной поверхности Rz 20. Спиральные свёрла имеют наибольшее распространение и состоят из следующих основных частей: режущей, калибрующей или направляющей, хвостовой и соединительной (рис. 2, а).

Спиральные свёрла из быстрорежущей стали с цилиндрическим хвостовиком изготавливают диаметром до 8 мм делают сварными, хвостовики у этих свёрл изготавливают из сталей 45, 40Х и приваривают их к рабочей части. При диаметре сверла свыше 6 мм хвостовик чаще всего имеет коническую форму. Для корпусов свёрл, оснащенных твёрдым сплавом, применяют сталь 9ХС и быстрорежущую сталь.÷ром от 1 до 10 мм. Свёрла с коническим хвостовиком изготавливают диаметром от 6 до 80 мм.

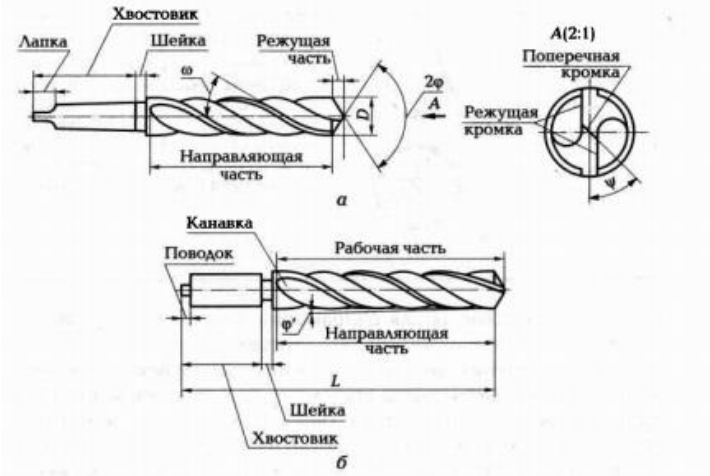


Рис.2. Конструктивные параметры спирального сверла:
L- длина сверла; D - диаметр сверла; 2φ - угол при вершине сверла; φ' - вспомогательный угол в плане; ω- угол наклона винтовой стружечной канавки; ψ- угол наклона поперечной режущей кромки

Поверхности и режущие кромки сверла показаны на рис.3:

- передняя поверхность 1 – это часть поверхности винтовой стружечной канавки, по которой сходит стружка;
- главная режущая кромка 2 - это линия образованная пересечением передней и главной задней поверхностей (их две);

- вершина лезвия 3 - это точка пересечения главной и вспомогательной режущих кромок;
- поперечная кромка (перемычка) 4 образуется пересечением двух главных задних поверхностей сверла;
- главная задняя поверхность 5 может быть конической, винтовой поверхностью или плоскостью;
- вспомогательная режущая кромка 6 образуется пересечением передней и вспомогательной задней поверхностей;
- вспомогательная задняя поверхность 7 (ленточка) - это часть конической поверхности с обратной конусностью, ось которой совпадает с осью сверла;
- спинка 8 зуба сверла, заниженная относительно ленточки, предназначена для уменьшения трения между сверлом и обработанной поверхностью отверстия;
- винтовая стружечная канавка 9, служит для отвода стружки.

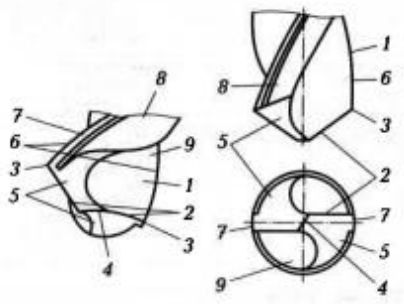


Рис.3. Поверхности и режущие кромки сверла спирального сверла:
1- передняя поверхность; 2 – главная режущая кромка; 3 - вершина лезвия; 4 - поперечная кромка; 5 - главная задняя поверхность; 6 - вспомогательная режущая кромка; 7 – вспомогательная задняя поверхность: 8 - спинка зуба; 9 - винтовая стружечная канавка

Геометрические параметры спирального сверла

Геометрия спирального сверла определяется передним γ и задним α углами, углом наклона винтовой канавки ω, углом наклона поперечной кромки ψ и углом при вершине резца 2φ. Режущие свойства сверла во многом определяются геометрическими параметрами и материалом его режущей части. Рассмотрим геометрические параметры сверла.

Геометрические параметры рассмотрены на рис.2, 4

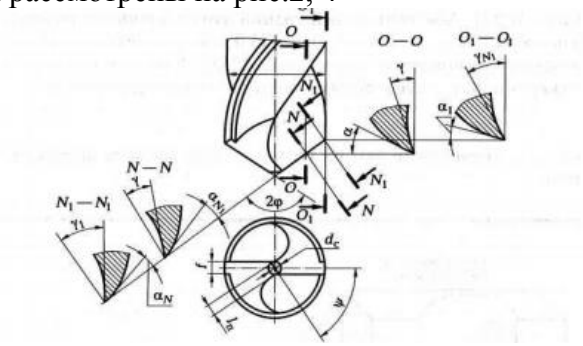


Рис. 4. Изменение переднего и заднего углов спирального сверла вдоль режущей кромки:
γ - передний угол; α - задний угол; ψ- угол наклона поперечной кромки; 2φ - угол при вершине сверла; D - диаметр сверла; d_c- диаметр сердцевины сверла; f-ширина ленточки; l_n - длина перемычки

Спиральное сверло содержит пять лезвий: два главных, два вспомогательных (вдоль ленточек) и поперечное, которое не режет, а сминает, выдавливает металл. Поперечное лезвие у сверла есть основной его дефект. Геометрические параметры сверла рассматриваются на его режущей части.

Задний угол α рассматривается в плоскости О-О, параллельной оси сверла (рис.4) для текущей точки х (см. сечение О-О); он изменяется от α_{min} на периферийной точке сверла до α_{max}, у перемычки сверла.

Передний угол γ берется в плоскости N-N, перпендикулярной режущему лезвию сверла (рис. 4), для текущей точки х; этот угол изменяется от γ_{min} у перемычки сверла до γ_{max} на периферийной точке сверла. Угол при вершине сверла 2φ находится между главными режущими лезвиями: 2φ = 116 ÷ 118° при обработке стали, чугуна, твердой бронзы; 2φ = 140° при обработке алюминия и легких сплавов; 2φ = 80 ÷ 90° при обработке эбонита, целлулоида, мрамора.

Угол наклона поперечного лезвия ψ равен 55º.

Угол наклона винтовой канавки ω – это угол заключенный между осью сверла и развернутой винтовой линией стружечной канавки. Для свёрл из быстрорежущей стали угол ωназначается в зависимости от их диаметра в пределах от 18 до 30 градусов.

Для уменьшения трения об образованную поверхность отверстия и уменьшения теплообразования сверло на всей длине направляющей части имеет занижение по спинке с оставлением по режущей кромке ленточки шириной от 0,4 до 2,0 мм в зависимости от диаметра сверла. Ленточки обеспечивают направление сверла в процессе резания. Вспомогательные задние углы на ленточках равны 0, так как вспомогательная задняя поверхность очерчена цилиндром.

Для уменьшения трения при работе на ленточках делают утонение по направлению к хвостовику. За счёт обратного конуса образуется вспомогательный угол в плане φ_1.

Конструктивные элементы спиральных свёрл стандартизированы. ГОСТ регламентирует следующие основные размеры спиральных свёрл:

- номинальный диаметр D;
- общая длина сверла L;
- длина рабочей части l;
- размеры шейки l3 и хвостовика l4 .

Методика и порядок выполнения работы

Ознакомление с геометрическими и конструктивными параметрами спирального сверла по экспонатам, имеющимся в лаборатории.

Измерение значений конструктивных и угловых параметров сверла.
Диаметры сверла $d_н$ и $d_к$ на рабочей части измеряются с помощью микрометра или штангенциркуля.

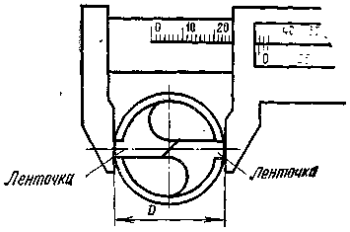


Рис. 6. Измерение диаметра сверла штангенциркулем

Толщина сердцевины у вершины сверла измеряется с помощью микрометра со специальными вставками.

Общая длина сверла L; длина рабочей части l; размеры шейки и хвостовика, ширина ленточки измеряются масштабной линейкой.

Размеры конусного хвостовика характеризуются системой и номером конуса по стандарту (см. таблицу 1).

Таблица 1- Конуса Морзе

№ конуса Морзе	Диаметр хвостовика D_1, мм
0	9,212
1	18,240
2	17,980
3	24,051
4	31,542
5	44,731
6	63,760

Для определения номера конуса измеряется диаметр конуса D_1. По измеренному значению из таблицы 1 определяется номер конуса. производится развёртыванием винтовой линии сверла на плоскость. Развёртывание осуществляется прокатыванием сверла через копировальную бумагу на плоскость. Величина угла измеряется между линией, отпечатавшейся от развёртки винтовой ленточки и прямой, перпендикулярной к торцу развёртки и параллельной направлению сверла. Измерение угла производится при помощи транспортира или угломера. Определение угла наклона винтовой канавки производится универсальным угломером (рис.7).

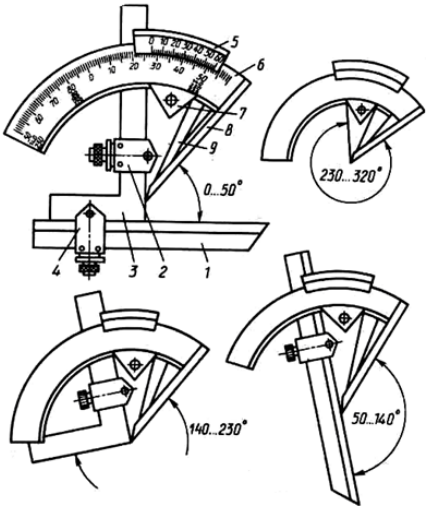


Рис. 7. Угломер с нониусом типа УН.

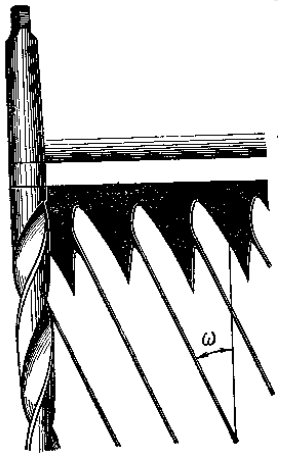


Рис. 8. Измерение угла наклона винтовой канавки ω

Измерение угла при вершине 2φ (рис.9).

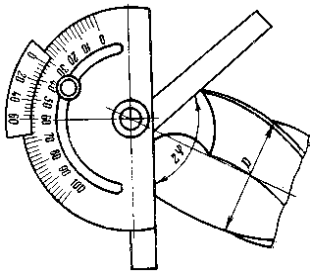


Рис. 9. Измерение угла при вершине универсальным угломером

Измерение угла наклона поперечной режущей кромки ψ производится также универсальным угломером (рис.10).

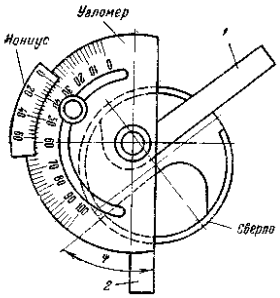


Рис.10. Измерение угла наклона поперечной режущей кромки ψ

Передняя поверхность спирального сверла представляет собой винтовую поверхность. Вследствие изменения угла наклона винтовой линии для различных точек лезвия сверла величина переднего угла постепенно увеличивается от центра к периферии.

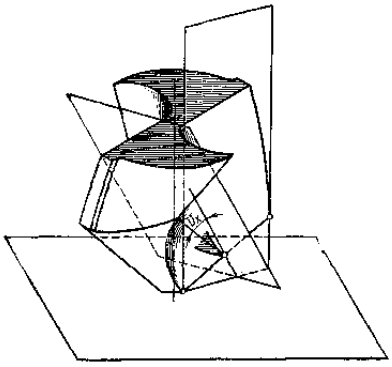


Рис.11.Схем измерения угла γ

Передний угол в различных точках лезвия определяется в плоскости, проходящей перпендикулярно к режущей кромке. Передний угол в различных точках лезвия различен.

Задний угол сверлаα может быть измерен с помощью специального индикаторного приспособления, устанавливаемого на токарном станке.
контактным методом (рис. 12).

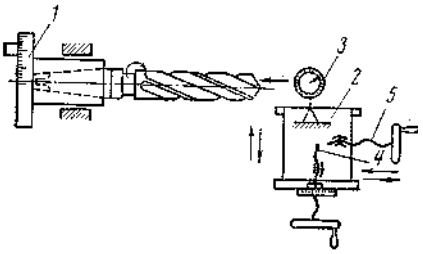


Рис. 12. Прибор для измерения величины заднего угла сверла α

Задание 1. Произвести измерение геометрических параметров предоставленных сверл.
Задание 2. Расшифровать марки материалов режущих пластин.
Задание 3. Заполнить таблицу 1.
Задание 4. Составление рабочего чертежа спирального сверла.

Рабочий чертёж составляется на сверло, указываемое преподавателем. На рабочем чертеже делаются все необходимые проекции и сечения, а также проставляются измеренные значения габаритных размеров и угловых параметров.

Таблица 2 - Результаты вычислений и измерений

Наименование параметров сверла	Результаты вычислений и измерений
Наименование и тип сверла	
Материал режущей части	
Параметры сверла	
Примечание	
Диаметр сверла D_x ,мм	
Длина L, мм	
Толщина перемычки a, мм	
Длина перемычки b, мм	
Ширина ленточки f, мм	
Угол при вершине 2φ	
Угол наклон главной винтовой канавки ω	
Угол наклона поперечной кромки ψ	
Угол обратного конуса φ1	
Задний угол на периферии α	
Передний угол на периферии γ	
Угол резания δ	
Задний угол αx на диаметрах DX сверла, мм	

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №11

Тема: Расчет и табличное определение режимов резания при фрезеровании.

Цель: научиться рассчитывать режимы резания по таблицам нормативов.

Оборудование: справочная и методическая литература, инженерные калькуляторы, паспортные данные станков.

Справочный материал

Фрезерование является одним из высокопроизводительных методов обработки плоских и фасонных поверхностей. Фрезерование производиться фрезой – многолезвийным инструментом, на периферии которого или на торце располагаются режущие элементы – зубья фрезы. Каждый зуб фрезы можно рассматривать как резец с присущими ему конструктивными и геометрическими параметрами: поверхности, плоскости, режущие кромки, углы α, β, γ.

Особенностью фрезерования является прерывистость.

Наиболее распространенными являются цилиндрическое и торцовое фрезерование. При цилиндрическом фрезеровании срезание припуска производится режущими элементами фрезы, расположенными по образующей тела вращения, и зуб фрезы снимает слой металла переменной толщины.

При торцовом фрезеровании лезвийным инструментом с торцовыми зубьями зуб фрезы снимает слой металла практически постоянной толщины.

Различают встречное и попутное фрезерование.

Фрезерование при котором фреза и заготовка движутся навстречу друг другу называют встречным. Это есть наиболее распространенный способ, характеризующийся тем, что нагрузка на каждый зуб фрезы увеличивается постепенно, т.к. толщина срезаемого слоя изменяется от нуля при входе зуба до максимума на выходе зуба.

При попутном фрезеровании фреза и заготовка движутся в одном направлении. Вертикальная составляющая силы резания прижимает заготовку к столу – это способствует отсутствию вибраций, более равномерному снятию припуска. Зуб фрезы подвергается наибольшей нагрузке. Несмотря на лучшие условия снятия припуска, существует опасность захвата (или «подрыва») заготовки.

Порядок выполнения практической работы

1. Исходные данные:

2. Выбор типа фрезы:

2.1. Выбор материала РЧ. Таблица 2…3 [1,с.115..118].

2.2. Выбор конструкции фрезы, смотри схемы фрезерования [1, с.281..282].

Диаметр торцовой фрезы:

$$D_{ф} = 1{,}6 \cdot B$$

В-ширина фрезерования; мм.

2.2.1. Корректировка диаметра торцовой фрезы. Таблица 91..96, 100 [1, с.187].

Шпоночные фрезы, Таблица 73..76 [1, с.177].

Концевые фрезы. Таблица 65..72 [1,с. 174..176].

Дисковые пазовые фрезы. Таблица 80..83 [1, с.180].

Дисковые 3-хсторонние фрезы. Таблица 84..85 [1, с.182].

Цилиндрические фрезы [6, с.325], Таблица 9.9 [4, с.342], Таблица 9.8 [4, с.348]

2.3. Определение геометрических элементов фрезы (смотри конспект) [4, с.347..350].

3.Определение режима резания:

3.1. Глубина резания.

При снятии припуска за проход t = h, мм
Ширина фрезерования B. Смотри эскиз обработки детали.
3.2. Определение подачи на зуб. Карта Ф-2 [2, с.83..86].
Ks – смотри под соответствующими таблицами.

$$S_{zm} = S_{zp} \cdot K_s, мм$$

3.3. Назначение периода стойкости фрезы. Карта Ф-3 [2, с.87].
3.4. Определение скорости главного движения:

$$V_p = V_m \cdot K1 \cdot K2 \cdot K3, \frac{м}{мин}$$

Для чугуна: Карта Ф-4 [2, с.88..101];
Для стали: Карта Ф-2 [2, с.96..99];
Для алюминия: Карта Ф-2 [2,с.101].
3.5. Определение частоты вращения шпинделя:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D_ф}, мин^{-1}$$

3.6. Корректировка пд по паспорту станка.
3.7. Действительная скорость главного движения:

$$V_д = \frac{\pi \cdot D_ф \cdot n_д}{1000}, \frac{м}{мин}$$

3.8. Определение скорости подачи:

$$V_{зд} = S_z \cdot n_д \cdot Z, \frac{мм}{мин}$$

3.9. Корректировка Vsд по паспорту станка.
3.10. Определение мощности резания. Карта Ф-5 [2, с.101..103].
3.10.1. Проверка по мощности станка:

$$N_{рез} \leq N_ш$$

$$N_{шп} = N_{двиг} \cdot \eta$$

4. Определение основного (машинного) времени:

$$T_o = \frac{L_{рх}}{V_{зд}}, мин$$

4.1. Определение длины рабочего хода:

$$L_{рх} = l_{рез} + y + \Delta, мм$$

y-величина врезания. Δ - величина перебега. [2, с.301..302].

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №12

Тема: Измерение геометрических и конструктивных параметров фрезы

Цель: Изучить геометрические и конструктивные параметры различных типов фрез и произвести измерения.

Оборудование: комплект фрез,угломеры, штангенциркуль, микрометр чертежный инструмент, справочник токаря.

Справочный материал

По технологическому признаку различают фрезы для обработки плоскостей, пазов, шлицев, фасонных поверхностей, тел вращения, зубчатых и резьбовых поверхностей.

По конструктивным признакам фрезы делятся:

- по расположению зубьев (торцовые, цилиндрические, дисковые, угловые, фасонные, концевые);
- по конструкции зубьев (с острозаточенными и затылованными);
- по направлению зуба (с прямыми, наклонными,, винтовыми);
- по конструкции фрезы (цельные составные, сборные, со вставными зубьями);
- по способу крепления с коническими и цилиндрическими хвостовиками;
- по виду инструментального материала (из быстрорежущей стали или твердых сплавов).

К геометрическим параметрам режущей части фрезы относятся: передний угол, задний угол, угол резания и угол заострения.

Методы измерения конструктивных и геометрических параметров фрез

Для измерения фрез конструктивных и геометрических параметров фрез различных типов применяются: штангенциркуль, линейка, универсальный угломер, для измерения углов фрез и другие средства, имеющиеся в распоряжении лаборатории.

Диаметр D, мм, фрезы и ширина 8, мм, насадных фрез измеряются штангенциркулем,

Длины l, l_1, l_2, l_3, мм, концевой фрезы измеряются измерительной линейкой.

Способы измерения геометрических параметров всех типов фрез одинаковые, за исключением сборной твердосплавной фрезы, у которой ножки по конструкции и геометрии напоминают резцы.

Задний угол α цилиндрических острозаточенных фрез измеряется в плоскости, перпендикулярной оси фрезы, т.е. в торцовой плоскости.

Нормальный задний угол α_n измеряется в плоскости перпендикулярной режущей кромке. От значения заднего угла α_n зависят трение задней поверхности зуба фрезы об обрабатываемую поверхность и чистота обработанной поверхности.

Передний угол у измеряется в плоскости, перпендикулярной режущей кромке, а поперечный передний угол γ 'торцовых фрез - в плоскости, перпендикулярной оси фрезы.

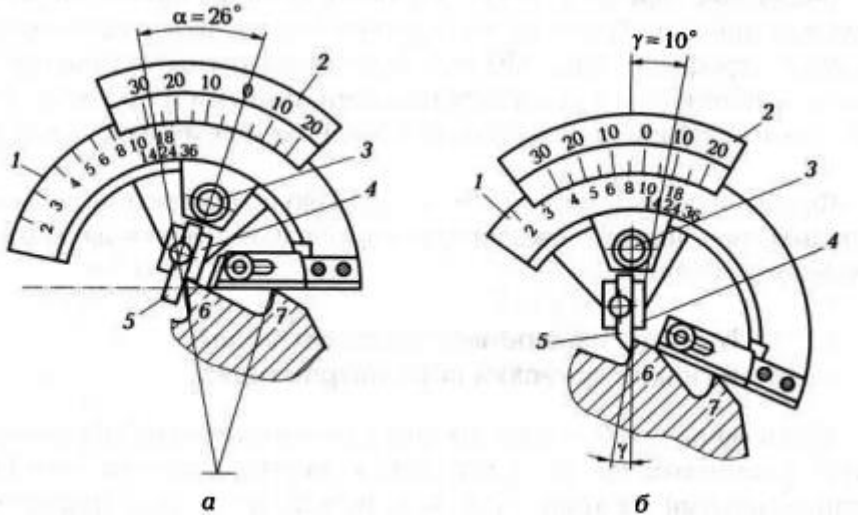


Рис.16. Схемы измерения заднего (а) и переднего (б) углов торцовой фрезы: 1, 2 - секторы; 3 - викт; 4 - измерительная плоскость планки; 5 – измерительная плоскость ножа; 6, 7 - зубья фрезы

Порядок измерения заднего угла следующий (рис.16, а):

1. угломер накладывают на лезвия двух соседних зубьев 6 и 7 таким образом, чтобы режущее лезвие измеряемого зуба упиралось в вершину угла составленного измерительной плоскостью 5 ножа и измерительной плоскостью 4 планки, а торцовая часть прибора была перпендикулярна оси фрезы;
2. сектор 2 прибора поворачивают до совмещения измерительной плоскости 5 с задней поверхностью зуба фрезы;
3. по градусной шкале сектора 2 отсчитывают значение заднего угла (оно соответствует дуге между риской 0 на градусной шкале сектора 2 и одной из рисок сектора 1, соответствующей числу зубьев фрезы. Например, для фрезы с числом зубьев z = 18 задний угол $\alpha_1 = 26^0$.

Порядок измерения переднего угла аналогичен порядку измерения заднего угла:

1. угломер накладывают на лезвия двух соседних зубьев 6 и 7 таким образом, чтобы режущее лезвие измеряемого зуба упиралось в вершину угла составленного измерительной плоскостью 5 ножа и измерительной плоскостью 4 планки, а торцовая часть прибора была перпендикулярна оси фрезы;
2. сектор 2 прибора поворачивают до совмещения измерительной плоскости 5 с передней поверхностью зуба фрезы;
3. по градусной шкале сектора 2 отсчитывают значение переднего угла (оно соответствует дуге между риской 0 на градусной шкале сектора 2 и одной из рисок сектора 1, соответствующей числу зубьев фрезы). Например, для фрезы с числом зубьев z = 18 передний угол $\gamma_1 = 10^0$.

Передний угол γ и задний угол α фрезы измеряются в торцовой плоскости. Для фрез с винтовым зубом значение переднего угла в торцовой плоскости $\gamma_т$ полученное при измерении инструментом, необходимо пересчитать на передний угол γ_n в нормальной секущей плоскости по формуле

$$tg\gamma_n = tg\gamma_т \cos\omega,$$

где γ_n - передний угол в нормальной секущей плоскости; ω – угол наклона винтовой канавки.

При определении заднего угла в нормальной секущей плоскости по формуле методика измерения заднего угла прежняя, а угол α_n определяется по формуле

$$tg\alpha_n = \frac{tg\alpha_T}{\cos\omega}.$$

Угол резания в главной секущей плоскости

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

Главный угол заострения в главной сею7щей плоскости

$$\beta = 90^o- (\alpha + \gamma).$$

Вспомогательный угол заострения в секущей плоскости перпендикулярной вспомогательной режущей кромке, определяют по формуле

$$\beta = 90^o- (\alpha_1 + \gamma_1).$$

Шаг винтовой линии фрезы, мм определяется по формуле

$$H = \pi D ctg\omega,$$

где D - диаметр фрезы, мм; ω - угол подъема винтовых зубьев.

Угол подъема винтовых зубьев ω измеряется по следу винтовой линии фрезы на плоскость. Винтовую линию фрезы развертывают методом накатки через копировальную бумагу.

Схема измерения угла наклона винтовой канавки о показана на рис.17.

Схема измерения угла профиля угловых фрез универсальным угломером показана на рис.18.

Угол наклона глазной режущей кромки λ, измеряется аналогично углу подъема винтовых зубьев ω и, следовательно, равен ему.

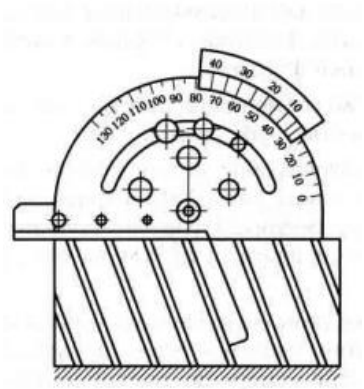


Рис.17. Схема измерения угла наклона винтовой канавки

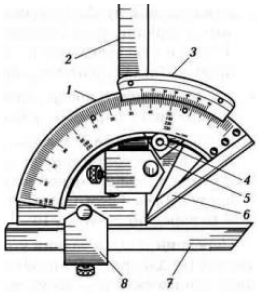


Рис. 18. Схема измерения угла профиля угловых фрез универсальным угломером:
1- лимб; 2- угольник; 3- нониус; 4- стопор; 5- сектор; 6- основание; 7- съемная линейка; 8- державка.

Порядок выполнения работы

Задание 1. Изучите конструктивные элементы и геометрические параметры фрезы (по заданию преподавателя).
Задание 2. Изучите принципы работы измерительных приборов (штангенциркуля, микрометра, угломеров).
Задание 3. Нарисуйте эскиз фрезы, покажите ее конструктивные элементы и геометрические параметры, а также изобразите фрезы и схему измерения заднего угла.
Задание 4. Измерьте конструктивные элементы и геометрические параметры фрез.
Задание 5. Результаты измерений оформите в табл.1.

Таблица 1 – Результаты измерений конструктивных геометрических параметров фрез

Параметр	Значение
Тип фрезы	
Материал фрезы	
Форма зуба	
Твердость фрезы HRC	
Диаметр фрезы D, мм	
Ширина ленточки, мм	
Диаметр посадочного отверстия фрезы d, мм	
Число зубьев z фрезы	
Длина рабочей части фрезы L_1, мм	
Длина шейки фрезы L_2, мм	
Длина хвостовой части L_3, мм	
Общая длина фрезы L, мм	
Длина цилиндрического пояска *l*, мм	
Ширина фрезы B, мм	
Шаг винтовой линии H, мм	
Угол наклона винтовой линии ω, …^{o}	
Главный задний угол α,…^{o}	
Главный передний угол γ,…^{o}	
Угол заострения β,…^{o}	
Угол резания δ,…^{o}	
Задний угол в торцовой плоскости α,…^{o}	

Передний угол в торцовой плоскости γ,…^{o}	
Угол заострения в торцовой плоскости β,…^{o}	
Угол наклона главной режущей кромки λ,…^{o}	
Главный угол в плане φ,…^{o}	
Вспомогательный угол в плане φ_1,…^{o}	
Угол резания в нормальной плоскости δ,…^{o}	
Передний угол в плоскости, нормальной к режущей кромке γ,…^{o}	

Контрольные вопросы

1. Назовите виды фрезерования и основные типы фрез.
2. Какой материал применяют для изготовления фрез?
3. Какие движения необходимы для осуществления процесса резания при фрезеровании?
4. Какие существуют схемы резания при фрезеровании и каковы достоинства и недостатки этих схем?
5. Покажите поверхности резания при фрезеровании фрезами с прямыми и винтовыми зубьями.
6. В какой плоскости рассматриваются углы цилиндрической фрезы с винтовыми зубьями?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №13

Тема: Расчет и табличное определение режимов резания при резьбонарезании

Цель: Научить выбирать по справочным данным параметры режима резания и производить расчет режимов резания при резьбонарезании.

Оборудование: чертежи, справочник станочника, образцы деталей с резьбой.

Справочный материал

Резьба – винтовая поверхность, образованная на телах вращения и применяемая для соединения, уплотнения или обеспечения заданных перемещений деталей машин и механизмов. Резьбы подразделяются на цилиндрические и конические. Основные элементы резьбы: наружный- D, средний- d_1 и внутренний диаметр- d резьбы, угол профиля резьбы -ά, шаг резьбы- p, высота- h профиля резьбы.

По профилю резьбы бывают: треугольные, прямоугольные, трапецеидальные, упорные, круглые.

Профиль резьбы - контур сечения резьбы в плоскости, проходящей через ее ось.

В многозаходной резьбе различают ход и шаг резьбы. Ход многозаходной резьбы – расстояние по линии, параллельной оси резьбы. Ход многозаходной резьбы равен шагу резьбы, умноженному на число заходов:

P_h= n P, где n-число заходов.

При нарезании резьбы резцом различают следующие режимы резания:

- глубина резания: $t = d – d_1 /2i$, мм
- подача; S, мм/об (выбирается по справочнику). При нарезании резьбы резцами подача равна шагу резьбы.
- скорость резания; $V = \pi Dn / 1000$, м/мин ($\pi = 3,14$)
- число оборотов шпинделя. $n = 1000V / \pi D$, об/мин.

Задание1 На токарно-винторезном станке производят нарезание наружной метрической треугольной резьбы резцом М24х3-6g. Длина резьбы 60мм, материал заготовки-сталь 45Х. Выбрать режущий инструмент и назначить режимы резания по нормативам.

Практическая часть:

1. Выбрать режущий инструмент и определить геометрические элементы резца
2. Установить число рабочих ходов
3. Определить скорость резания с использованием поправочных коэффициентов по формуле: $V=V_{табл}K$
4. Определить частоту вращения шпинделя станка по формуле.
5. Провести корректировку частоты вращения шпинделя по паспортным данным станка и установить действительную частоту вращения шпинделя
6. Определить действительную скорость главного движения резания.

Задание2: Нарезать треугольную резьбу М20 резцом. Материал заготовки – сталь 20. Резец Р18. Шаг резьбы – 2.5мм. Ход резьб -12мм. Токарно-винторезный станок 16К20. Определить режимы резания.

Задание№2 На вертикально-сверлильном станке метчиком нарезают резьбу М16х2 – 7Н в сквозном отверстии. Шаг резьбы 2мм, длина резьбы 50мм. Материал заготовки – серый чугун.

Практическая часть:

1.Определить глубину резания.

2.Определить подачу и скорость резания по справочнику.

3.Рассчитать число оборотов шпинделя по формуле и уточнить полученную величину по паспорту станка.

4.Определить фактическую скорость резания по формулам

5. Определить машинное время.

Приложение 1.

Определение диаметра сверла под резьбу

Таблица 1 - Диаметр сверла для отверстий под нарезание метрической резьбы

Номинальный диаметр резьбы	Шаг резьбы	Диаметр сверла		Номинальный диаметр резьбы	Шаг резьбы	Диаметр сверла
6	0,50	5,50		20	0,75	19,25
	0,75	5,25			1,00	19,00
	1,00	5.00			1,50	18,50
7	0,50	6,50		22	0,75	21,25
	0,75	6,25			1,00	21,00
	1,00	6.00			1,50	20,50
8	0,50	7,50		24	1,00	23,00
	0,75	7,25			1,50	22,50
	1,00	7.00			2,00	22,00
	1,00	9,00			2,00	22,00
11	0,75	10,25		25	1,00	24,00
	1,00	10,00			1,50	23,50
	1,50	9,50			2,00	23,00
12	0,75	11,25		27	1,00	26,00
	1,00	11,00			1,50	25,50
	1,50	10,50		26	2,00	25,00
	1,50	12,50		28	1,00	27,00
15	1,00	14,00			1,50	26,50
	1,50	13,50			2,00	26,00
16	0,75	15,25		30	1,00	29,00
	1,00	15,00			1,50	28,50
	1,50	14,50			2,00	28,00
17	1,00	16,00		25	1,00	24,00
	1,50	15,50			1,50	23,50
18	0,75	17,25			2,00	23,00
	1,00	17,00		27	1,00	26,00
	1,50	16,50			1,50	25,50

Таблица 2 - Диаметр стержней под резьбу при нарезании резьбы плашками

Диаметр резьбы	Шаг резьбы, Р	Диаметр стержня	
		наибольший	Допуск
5,00	0,80	4,92	- 0,08
6,00	1,00	5,92	- 0,08
8,00	1,25	7,90	- 0,10
10,00	1,50	9,90	- 0,10
12,00	1,75	11,88	- 0,12
14,00	2,00	13,88	- 0,12
16,00	2,00	15,88	- 0,12
18,00	2,50	17,88	- 0,12
20, 00	2,50	19,86	- 0,14

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №14

Тема: Расчет и табличное определение режимов резания при зубодолблении.

Цель: научиться рассчитывать режимы резания при зубодолблении.

Оборудование: справочная и методическая литература, инженерные калькуляторы.

Справочный материал

Существует два метода нарезания зубьев зубчатых колес (ЗК): метод копирования и метод обката (огибания).

Метод копирования используется в мелкосерийном и единичном типах производства.

Долбяк для нарезания зубьев колес (рис. 2.1) представляет собой зубчатое колесо с изменяющейся по его высоте коррекцией (смещением исходного контура зубчатой рейки относительно оси долбяка от положительного у нового к отрицательному у предельно сточенного долбяка), ао на вершине зубьев долбяка образуются за счет выполнения задней поверхности вершинаαблагодаря чему на боковых сторонах зубьев долбяка образуются положительные задние углы. Положительные задние углы и на боковых сторонах зубьев долбякаγзубьев в виде конической поверхности соосной оси долбяка. Положительные передние углы на вершине ао образуются за счет выполнения их передней поверхности в виде конической поверхности соосной оси долбяка. Благодаря изменяющейся по высоте долбяка коррекции, боковые поверхности его зубьев представляют собой эвольвентные винтовые поверхности. ао углов приводит к тому, что профиль проекции режущих кромок зубьев долбяка наα и заднего γНаличие положительного переднего ао торец заготовки обрабатываемого зубчатого колеса не совпадает с профилем зубьев долбяка в сечении, перпендикулярном его оси.

По методу обката профиль боковой поверхности зуба изделия образуется постепенно и представляет собой огибающую мгновенных положений в работе режущего контура зубообрабатывающего РИ. РИ—червячные модульные фрезы, долбяки, зубострогальные резцы, резцовые головки, рейки. РИ для чистовой обработки—шевер, хон, притир.

Наиболее высокая точность достигается долбяками и зубострогальными резцами.

К геометрическим параметрам зуборезных РИ относятся форма передней и задней поверхностей зуба, а также передний γ, задний α углы и угол наклона стружечных канавок ω фрез.

Порядок выполнения практической работы

1. Исходные данные
2. Выбор типа конструкции долбяк РИ:
2.1. Выбор РИ. Таблица 117 [2, с.296], Таблица 105 [1, с.293], Таблица 15 [3, с.184].
2.2. Класс точности РИ. Таблица 3 [3, с.11].
2.3. Уголы заточки долбяка. Таблица 2 [3, с.160].
2.4. Геометрические параметры долбяка. Таблица 15 [3, с.184].
3. Назначение режимов резания.
3.1. Определение глубины резания:
Если нарезание происходит за 1 режущий ход, то t = h..
Если мощности станка не достаточно, тогда обработка ведется за 2 прохода.
t(чист)=0,6h
t(черн)=1,4h
Назначение подачи:
$S_P = S_T \cdot K_{MS} \cdot K_{\beta S}$

3.2.1. Определение классификационной группы станка. Карта 1 [3, с.25].

3.2.2. Назначение подачи. [3, с.26..27].

3.2.3. Корректировка подачи по паспорту. [2, с.426].

4. Период стойкости долбяка. Приложение 3 [3, с.161].

5. Определение скорости главного движения.

5.1. Определение табличного значения скорости резания Vm; Карта 4 [3, с.28..35].

5.2. Определение допустимого числа перемещений долбяка, за время ее работы. Карта 11 [3, с.36..37];

5.3. Поправочный коэффициент на скорость.

В этой же таблице (Карта 4 [3, с.28..35]).. поправочный коэффициент для мощности.

$$V_P = V_m \cdot K_{MV} \cdot K_{\omega V} \cdot K_{\beta V} \cdot K_V \cdot \Delta_V$$

6. Частота вращения фрезы:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D_\phi}, мин^{-1}$$

7. Корректировка по паспорту станка. [2, с.426].

8. Действительная скорость резания:

$$V_\partial = \frac{\pi \cdot D_\phi \cdot n_\partial}{1000}, \frac{м}{мин}$$

1. Мощность, затрачиваемая на резание. Карта 4 [3, с.28…35].

$$N_P = N_m \cdot K_{MN} \cdot K_{\omega N} \cdot K_{\beta N} \cdot K_N$$

10. Проверка мощности привода станка:

$$N_{рез} \le N_{шп}$$

$$N_{шп} = N_{двиг} \cdot \eta$$

11. Определение основного машинного времени:

$$T_o = \frac{L_{рх} \cdot Z}{n \cdot S \cdot K}, мин$$

Lрх — длина рабочего хода, мм

$$L_{рх} = B \cdot n \cdot l_i, мм$$

где п - число заходов фрезы;

Z - число зубьев фрезы;

B - ширина венца, мм;

$n_з$ - число одновременно обтачиваемых заготовок, шт.

Смотри примечание 2 [3, с.169], т.к. табличная величина l_i может быть изменена.

$$l_i = l_i + l_i^{''}, мм$$

12. Определение времени, затрачиваемого на обработку одной заготовки:

$$T_{o1} = \frac{T_o}{n_з}, мин$$

13. Сводная таблица режимов резания.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №15

Тема: Расчет и табличное определение режимов резания при зубофрезеровании.

Цель: научиться рассчитывать режимы резания при зубофрезеровании.

Оборудование: справочная и методическая литература, инженерные калькуляторы.

Справочный материал

Существует два метода нарезания зубьев зубчатых колес (ЗК): метод копирования и метод обката (огибания).

Метод копирования используется в мелкосерийном и единичном типах производства. РИ—дисковые и пальцевые модульные фрезы, головки для контурного зубодолбления, протяжки. Режущий контур этих РИ копирует себя в межзубных впадинах обрабатываемой детали. При этом фрезами и часто протяжками выполняют обработку зубьев методом деления, т.е. обрабатывается одна межзубья впадина, затем поворот заготовки на угловой шаг зубьев для обработки второй впадины и т.д. Обработка малопроизводительная, точность обработки низкая.

По методу обката профиль боковой поверхности зуба изделия образуется постепенно и представляет собой огибающую мгновенных положений в работе режущего контура зубообрабатывающего РИ. РИ—червячные модульные фрезы, долбяки, зубострогальные резцы, резцовые головки, рейки. РИ для чистовой обработки—шевер, хон, притир.

Наиболее высокая точность достигается долбяками и зубострогальными резцами. Однако следует помнить, что такие операции, как зубофрезерование с последующим шевингованием, обеспечивают и производительность и точность более высокую, чем зубодолбление.

К геометрическим параметрам зуборезных РИ относятся форма передней и задней поверхностей зуба, а также передний γ, задний α углы и угол наклона стружечных канавок ω фрез.

Порядок выполнения практической работы

1. Исходные данные

2. Выбор типа конструкции зуборезного РИ:

2.1. Выбор РИ. Таблица 117 [2, с.296], Таблица 105 [1, с.293], Таблица 15 [3, с.184].

2.2. Класс точности РИ. Таблица 3 [3, с.11].

2.3. Угол заточки передней поверхности фрезы. Таблица 2 [3, с.160].

2.4. Геометрические параметры фрезы. Таблица 15 [3, с.184].

3. Назначение режимов резания.

3.1. Определение глубины резания:

Если нарезание происходит за 1 режущий ход, то t = h, h-высота зуба.

Обычно черновые червячные фрезы, такие, что можно нарезать зубья на полную глубину, но оставляют припуск на чистовую механическую обработку лишь по боковым сторонам зуба. В этом случае

t=h=2,2m

Если мощности станка не достаточно, тогда обработка ведется за 2 прохода.

t(чист)=0,6h

t(черн)=1,4h

Назначение подачи:

$S_P = S_T \cdot K_{MS} \cdot K_{\beta S}$

3.2.1. Определение классификационной группы станка. Карта 1 [3, с.25].

3.2.2. Назначение подачи. [3, с.26..27].

3.2.3. Корректировка подачи по паспорту. [2, с.426].

4. Период стойкости фрезы. Приложение 3 [3, с.161].

5. Определение скорости главного движения.

5.1. Определение табличного значения скорости резания Vm; Карта 4 [3, с.28..35].

5.2. Определение допустимого числа осевых перемещений фрезы, за время ее работы. Карта 11 [3, с.36..37];

5.3. Поправочный коэффициент на скорость.

В этой же таблице (Карта 4 [3, с.28..35]).. поправочный коэффициент для мощности.

$$V_P = V_m \cdot K_{MV} \cdot K_{\omega V} \cdot K_{\beta V} \cdot K_V \cdot \Delta_V$$

6. Частота вращения фрезы:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D_\phi}, мин^{-1}$$

7. Корректировка по паспорту станка. [2, с.426].

8. Действительная скорость резания:

$$V_\partial = \frac{\pi \cdot D_\phi \cdot n_\partial}{1000}, \frac{м}{мин}$$

1. Мощность, затрачиваемая на резание. Карта 4 [3, с.28…35].

$$N_P = N_m \cdot K_{MN} \cdot K_{\omega N} \cdot K_{\beta N} \cdot K_N$$

10. Проверка мощности привода станка:

$$N_{рез} \le N_{шп}$$

$$N_{шп} = N_{двиг} \cdot \eta$$

11. Определение основного машинного времени:

$$T_o = \frac{L_{рх} \cdot Z}{n \cdot S \cdot K}, мин$$

Lрх — длина рабочего хода, мм

$$L_{рх} = B \cdot n \cdot l_i, мм$$

где п - число заходов фрезы;

Z - число зубьев фрезы;

B - ширина венца, мм;

$n_з$ - число одновременно обтачиваемых заготовок, шт.

Смотри примечание 2 [3, с.169], т.к. табличная величина l_i может быть изменена.

$$l_i = l_i + l_i^{пр}, мм$$

12. Определение времени, затрачиваемого на обработку одной заготовки:

$$T_{o1} = \frac{T_o}{n_з}, мин$$

13. Сводная таблица режимов резания.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №16

Тема: Расчет и табличное определение рациональных режимов резания при протягивании

Цель: научиться рассчитывать режимы резания на протягивание табличным методом, совершенствовать навыки работы со справочной и методической литературой.

Оборудование: справочная и методическая литература, паспортные данные станков, инженерные калькуляторы.

Справочный материал

Протягивание — механическая обработка внутренних и наружных поверхностей с прямолинейной образующей с помощью многолезвийного РИ — протяжки. Заготовка при прямолинейном протягивании неподвижна. Особенно эффективно протягивание сложных и фасонных профилей заготовок. Находит широкое применение в массовом и серийном производствах. В мелкосерийном и единичном производствах обрабатывают поверхности, к которым предъявляются высокие требования к точности и параметрам шероховатости.

Основное отличие протягивания от других методов обработки — отсутствует движение подачи Ds. Значение подачи заключено в конструкции самого РИ. Размер каждого последующего зуба протяжки, больше предыдущего на величину, численно равную подаче на зуб Sz. Каждый зуб только один раз учувствует в процессе резания.

Протягиванием обрабатывают различные внутренние и наружные, а также полуоткрытые поверхности.

Существует два варианта протягивания: свободное и координатное.

Все протяжки работают на растяжение, т.к. сила Р прикладывается к замковой части.

Если сила прикладывается к задней части протяжки, то такой метод обработки называют прошиванием, а РИ — прошивкой. Прошивка работает на сжатие и продольный изгиб. Прошивки чаще всего применяют для калибровки внутренних отверстий высокой точности. Иногда последние секции прошивки или протяжки выполняют полукруглыми для развальцовки — сглаживания шероховатости и придания поверхности высоких эксплуатационных свойств.

При протягивании применяют профильную, генераторную и прогрессивную схемы срезания припуска.

При профильной схеме срезания припуска геометрическая форма всех зубьев подобна профилю окончательно обработанной поверхности заготовки. Эта схема резания имеет ограниченное применение вследствие трудности изготовления профильных протяжек.

При генераторной схеме срезания припуска первый зуб протяжки имеет круглую форму, все последующие зубья имеют также круглую форму в виде частей окружности — дуг. Они более просты в изготовлении, их проще затачивать повторно и себестоимость их изготовления ниже, чем у протяжек, работающих по профильной схеме. Квадратные, многогранные, координатные протяжки для срезания припуска изготовляют по генераторной схеме.

Прогрессивную схему резания используют, когда профильное и генераторное протягивание невозможно.

В качестве СОТС (СОЖ) при протягивании используют эмульсии, сульфофрезол, а так же смесь керосина и масла. Обработка чугунных заготовок производится без охлаждения.

Порядок выполнения практической работы

1.Выбор исходных данных.

2. Выбор СОЖ [2, с.282..283].
3. Выбор оборудования. [1, с. 63..64].
Модель протяжного станка (тип)
Паспортные данные:

Скорость рабочего хода протяжки - Vр.х., $\frac{м}{мин}$;

Скорость обратного хода — Vо.х, $\frac{м}{мин}$;
Тяговое усилие станка Рс, кН. Таблица 8 (методическое пособие)
Мощность э/двигателя, кВт. Таблица 9 (методическое пособие)
КПД станка η =0,85.
3.Выбор протяжки:
• Тип протяжки. Таблица 56 [1, с.163..173]
Размер протяжки.
Приложение 1 (методическое пособие)
L -общая длина, мм
L1-длина до первого зуба, мм
L2=lр - рабочая часть, мм
i - количество проходов
Zс - число зубьев в секции, шт.
Для не прогрессивных схем (профильной, генераторной)
Zс=1.
Для прогрессивной- см. конструкцию протяжки в соотв. ГОСТ
Наибольшее число одновременно режущих зубьев:

$$Z_i = Z_c = \frac{L_{рез}}{t} = \frac{длина}{шаг}$$

• Ро - осевая сила протягивания для выбранной протяжки и условий работы.

Приложение 1.
Геометрия зубьев протяжки. Таблица 59..62 [1, с.170]
Передний угол γ
Задний угол α
4. Определение группы обрабатываемости материала по скорости резания. Карта П-2 [2, с.132].

5. Назначение скорости резания V, $\frac{м}{мин}$. Карта П-2 [2, с.132].
Знать:
Группы обрабатываемости
Вид протягиваемой поверхности
Шероховатость (Ra)
Точность (квалитет—старое обозначение—класс).
6. Стойкость протяжки Т, мин. Карта П-5 [2, с.137..138].
7. Число заготовок, протянутых между повторными заточками инструмента:

$$n_{шт} = \frac{1000 \cdot T_p}{L_{рез}}, шт$$

8.Определение силы резания.
$P_p = F \cdot \sum B$,кгс (перевести в Н).
F — сила резания на единицу длины режущей кромки. Карта П-3 [2, с.135].
Для круглых отверстий:

$$\sum B = \pi \cdot D \cdot \frac{Z_i}{Z_c}$$

где, D - наибольший диаметр зубьев – D = Dотв.

Zc - число зубьев в секции

Zi - наибольшее число одновременно режущих зубьев (округлить до большего числа)

$$Z_i = Z_в = Z_c = \frac{L_{рез}}{t} + 1$$

Для шпоночных пазов и шлицевых отверстий:

$$\sum B = \frac{b_п \cdot n}{Z_c} \cdot i$$

где $b_п$-ширина паза (плоскости или уступа);

n --число шпонок.

9. Сравнение рассчитанного значения силы резания с ориентировочным значением усилия Po - осевой силы протягивания (для конструкции протяжки и условий работы) и с Рдоп -тяговым усилием станка.

Ррасч < Po < Рдоп

Po – осевая сила протягивания (приложение к методическим указанием).

Рдоп — допускаемая сила протягивания. (Смотри в исходных данных по паспорту станка.

10. Мощность резания Nрез (кВт). Карта П-4 [2, с.136].

Обработка возможна при условии:

$$N_{рез} < N_{шп}, кВт$$

Nшп - мощность шпинделя.

$$N_{шп} = N_{двиг} \cdot \eta$$,кВт

11. Допустимая скорость по мощности станка:

$$V_{доп} = \frac{60 \cdot 102 \cdot N_{шп}}{P}, \frac{м}{мин}$$

Должно выполняться условие:

V<Vдоп

12. Определение основного машинного времени.

$$T_o = \frac{L_{рх}}{1000 \cdot V \cdot q} \cdot K_1 \cdot i, мин$$

где q - число одновременно обработанных заготовок.

12.1 Определение длинны рабочего хода протяжки:

$$L_{рх} = L_п + L_{рез} + L_{доп}, мм$$

Длина рабочей части протяжки:

$$L_п = L - L_1, мм$$

L - общая длина протяжки;

L1 - длина протяжки до 1-го зуба;

Lдоп - перебег;

Lдоп = 30...50 мм

K1 -коэффициент;

$$K_1 = 1 + \frac{V}{V_{ох}}$$

Vo .x . - скорость обратного хода;

i –число проходов.

Приложение 1

Таблица 1 — протяжки круглые ГОСТ 20365-74

D отверстия, мм	Длина протягивания, мм		Усилие протягивания Po, Н при переднем угле g		
	Сталь и алюминиевые сплавы	Чугуны, бронза, Латунь	20	15	10
10 - 13	10,5 - 34	10,5 - 34	6650 - 8140	7450 - 9300	8820 - 11150
14 - 15	15 - 53	15 - 53	10000 - 11100	11200 - 12300	13420 - 14400
15 - 20	22 - 90	30 - 100	930 - 21300	10600 - 24100	12850 - 28700
20 - 25	30 - 53	31 - 63	21300 - 34900	24100 - 38700	28700 - 43700
25 - 30	40 - 110	40 - 135	40000 - 55200	44300 - 61300	50700 - 68800
30 - 35	21 - 46	21 - 63	51000-	68800	75000
35 - 40	24 - 58	24 - 85	73200	79000	88500
40 - 45	40 - 118	40 - 160	110000	120000	135000
45 - 50	40 - 118	40 - 160	127000	138000	155000
50 - 55	24 - 58	24 - 85	101000	109000	122000
55 - 60	24 - 58	24 - 85	110000	119000	133000
60 - 65	40 - 130	40 - 185	186500	197000	227000
65 - 70	42 - 170	42 - 215	214000	231000	260000
70 - 75	42 - 150	42 - 215	224000	244000	274000
75 - 80	26 - 63	26 - 95	148000	159000	178000
80 - 85	42 - 190	42 - 230	274000	296000	333000
85 - 90	40 - 120	40 - 175	240900 288000	259000 313000	290200 350800

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №17

Тема: Расчет и табличное определение рациональных режимов резания при различных видах шлифования

Цель: научиться назначать режимы резания при шлифовании по таблицам нормативов; работать со справочной и методической литературой.

Оборудование: справочная и методическая литература, паспортные данные станков, инженерные калькуляторы.

Справочный материал

Шлифование является одним из производительных методов обработки различных поверхностей. Обработка осуществляется абразивным инструментом (АИ), абразивные зерна которых являются режущими элементами. Абразивные зерна в АИ закреплены связующим компонентом—связкой с обязательным наличием пор. Особенностью шлифования является одновременное микрорезание несколькими зернами, каждое из которых имеет два-три режущих лезвия и более, у каждого режущего лезвия свои угловые параметры $\alpha, \beta, \gamma, \varphi, \lambda.$ Абразивные зерна находятся на различной высоте.

Схемы шлифования:

- наружное круглое шлифование в центрах (глубинное, врезное, шлифование двух взаимно перпендикулярных поверхностей);

-плоское шлифование периферией и торцом круга;

-внутреннее шлифование;

-внутреннее шлифование с планетарной подачей;

-бесцентровое шлифование;

-профильное шлифование.

Различают два вида шлифования: обычное (Vкр=35м/с) и скоростное (Vкр=50м/с).

Порядок выполнения практической работы

Характеристика ШК согласно ГОСТ 2424-83 включает в себя элементы:

тип круга;

основные размеры. Таблица 169..172 [1, с.252..253];

- марка абразивного материала / а/м /. Таблица 160 [1, с.242];

зернистость. Таблица 161 [1, с.245];

индекс зернистости;

твердость. [1, с.248..249];

номер структуры круга. Таблица 167 [1, с.249];

класс ШК. [1, с.250];

допустимая окружная скорость круга — это такая скорость, при которой обеспечивается безопасная работа. Различают два вида шлифования: обычное — V=35 $\frac{м}{с}$, и скоростное — V=50 $\frac{м}{с}$.

связка. [1, с.247];

Пример обозначения ШК:

ШК ПП 400 х 40 х 305

I5A, 25H, CI, 7, K1, A, 35 м/с

ПП - плоский прямой профиль

400 -диаметр круга

40 - ширина круга

305 – посадочный диаметр круга

I5A - ШК нормальный электрокорунд на керамической связке, класс А
25Н - для зернистости Н, содержание фракции 25%
С1 - средняя твердость
7 - номер структуры круга
KI - обычное шлифование электрокорундом на керамике
А - класс точности
35 м/с – окружная скорость.

1. Порядок назначения режимов резания при плоском шлифовании периферией круга

1.1. Исходные данные:

1.2. Определение поперечной подачи стола Sпоп, $\frac{мм}{ход}$. Таблица 6.33 [2, с.294].

1.3. Определение скорости вращения изделия Vд, $\frac{м}{мин}$. Таблица 6.33 [2, с.293].

1.4. Определение подачи на глубину на рабочий ход Sверт, $\frac{мм}{ход}$. Таблица 6.33 [2, с.293].

1.4.1. Определение поправочных коэффициентов для подачи на глубину. Таблица 6.34 [2, с.295].

1.4.2. Определение приведенной ширины шлифования Впр, мм:

$$Впр = \sum B_D + Вкр + 5$$

$\sum B_D$ --суммарная ширина шлифуемых деталей, включая просветы между деталями.

$Вкр$ -ширина круга.

1.4.3. Определение степени заполнения стола:

$$\frac{\sum F_D}{B_{пр} \cdot L}$$

$\sum F_D$ -суммарная площадь шлифуемых поверхностей изделий;

L-длина шлифованных изделий, мм

L=Lшл+(20..30)

Lшл — длина шлифования, включая просветы между изделиями, установленными на столе.

1.4.4. Определение рабочей подачи на глубину на рабочий ход Sверт.р., $\frac{мм}{ход}$:

$$S_{верт.р.} = S_{верт} \cdot K_1 \cdot K_2$$

1.5. Расчет основного времени:

$$T_o = \frac{L \cdot B_{пр} \cdot Z}{1000 \cdot V_д \cdot S_{поп} \cdot S_{верт.р.} \cdot q}, мин$$

Z=h — припуск на обработку.

2. Порядок назначения режимов резания при круглом наружном шлифовании с продольной подачей

2.1. Исходные данные:

2.2. Выбор характеристики круга. Таблица 6.15 [2, с.272]

2.3. Назначение режимов резания

2.3.1 Частота вращения шлифовального круга:

Принимаем обычное шлифование со скоростью вращения ШК 35 $\frac{м}{с}$ или скоростное шлифование со скоростью 50 $\frac{м}{с}$ тогда:

$$n_{kp} = \frac{1000 \cdot 60 \cdot V_{kp}}{\pi \cdot D_{kp}}, мин^{-1}$$

2.3.2. Определение частоты вращения изделия $n_{изд.}, мин^{-1}$. Таблица 6.15 [2, с.272].

2.3.3. Определение продольной минутной подачи, $S_{пр}, \frac{мм}{мин}$ Таблица 6.15 [2, с.272]

2.3.4 Определение поперечной подачи на ход стола, $S_{пон}, \frac{мм}{ход}$. Таблица 6.16 [2, с.273].

2.3.4.1. Определение поправочных коэффициентов. Таблица 6.17 [2, с.275..276].

2.3.5. Определение рабочей поперечной подачи на ход стола:

$$S_{пон\,р.} = S_{пон} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \frac{мм}{ход}$$

2.3.6. Определение основного времени на шлифование

$$T_o = \frac{L_D \cdot Z}{S_{пр} \cdot S_{пон\,р.}}, мин$$

2.3.7. Определение мощности затрачиваемой на шлифование.

3. Порядок назначения режимов резания при круглом наружномтшлифовании с поперечной подачей (врезанием).

3.1. Исходные данные:

3.2.Выбор характеристики ШК. Таблица 6.11. [2, с.267].

3.3.Назначение режимов резания

3.3.1. Частота вращения круга

При принятой скорости круга V=35 $\frac{м}{с}$:

$$n_{kp} = \frac{1000 \cdot 60 \cdot V_{kp}}{\pi \cdot D_{kp}}, мин^{-1}$$

3.3.2. Корректируем частоту вращения круга по паспорту станка

3.3.3.Определение частоты вращения изделия $n_{изд}, мин^{-1}$. Таблица 6.12 [2, с.268].

3.3.4. Определение минутной поперечной подачи $S_{пон}, \frac{мм}{мин}$. Таблица 6.12 [2, с.268].

3.3.4.1. Определение поправочных коэффициентов на поперечную подачу. Таблица 6.13 [2, с.269..270]. 3.3.4.2. Определение рабочей минутной поперечной подачи:

$$S_{пон\,р.} = S_{пон} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \frac{мм}{мин}$$

3.3.5. Определение основного времени на шлифование:

$$T_o = \frac{Z}{S_{пон\,р.}}, мин$$

4. Порядок назначения режимов резания при бесцентровомтшлифовании с поперечной подачей (врезанием)

4.1.Исходные данные:

4.2.Выбор характеристик ШК Таблица 6.19 [2, с.278]

4.3.Назначение режимов резания:

4.3.1. Частота вращения круга:

$$n_{kp} = \frac{1000 \cdot 60 \cdot V_{kp}}{\pi \cdot D_{kp}}, мин^{-1}$$

4.3.2. Определение частоты вращения изделия $n_{изд}, мин^{-1}$. Таблица 6.20 [2, с.279].

4.3.2.1. Корректировка частоты вращения изделия по паспорту станка.

4.3.3. Определение минутной поперечной подачи $S_{пон}, \frac{мм}{мин}$. Таблица 6.20 [2, с.279].

4.3.4. Определение поправочных коэффициентов на рабочую подачу. Таблица 6.21 [2, с.280..281].

4.3.5. Определение рабочей минутной поперечной подачи:

$$S_{пон.р.} = S_{пон} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \frac{мм}{мин}$$

4.3.6. Определение основного времени:

$$T_o = \frac{Z}{S_{пон.р.}}, мин$$

4.3.7. Определение мощности затрачиваемой на шлифование.

5. Порядок назначения режимов резания при бесцентровом шлифовании с продольной подачей

5.1. Исходные данные:

5.2.Выбор характеристики ШК Таблица 6.19 [2, с.278].

5.3.Назначение режимов резания:

5.3.1.Частота вращения круга:

$$n_{kp} = \frac{1000 \cdot 60 \cdot V_{kp}}{\pi \cdot D_{kp}}, мин^{-1}$$

5.3.1.1. Корректируем частоту вращения круга по паспорту станка.

5.3.2. Определение продольной минутной подачи и числа проходов. Таблица 6.23 [2, с.283].

5.3.3. Определение удвоенной глубины шлифования 2t (для каждого прохода) Таблица 6.24 [2, с.284].

5.3.4. Определение угла наклона ведущего круга:

$$\sin \alpha = \frac{S_{пр}}{\pi \cdot D \cdot n_{изд}}, град$$

5.3.4.1. Определение поправочных коэффициентов на продольную минутную подачу. Таблица 25 [2, с.285].

5.3.4.2. Определение рабочей минутной подачи:

$$S_{пр.р.} = S_{пр} \cdot K_1 \cdot K_2, \frac{мм}{мин}$$

5.3.5. Определение основного времени:

$$T_o = \frac{L_D \cdot i}{S_{пр.р}}, мин$$

5.4.Определение мощности, затрачиваемой на шлифование.

6. Порядок назначения режимов резания при внутреннем шлифовании с продольной подачей.

6.1. Исходные данные:

6.2. Выбор характеристики ШК. Таблица 6.27 [2, с.287].

6.3.Назначение режимов резания

6.3.1.Частота вращения круга:

$$n_{kp} = \frac{1000 \cdot 60 \cdot V_{kp}}{\pi \cdot D_{kp}}, мин^{-1}$$

6.3.2.Корректируем n по паспорту станка.

6.3.3.Определение продольной минутной подачи $S_{пр}, \frac{мм}{мин}$. Таблица 6.28 [2, с.288].

6.3.4. Определение поперечной подачи на двойной ход шпинделя $S_{пон}, \frac{мм}{дв.ход}$

Таблица 6.29 [2, с.289].

6.3.5. Определение поправочных коэффициентов рабочей поперечной подачи на двойной ход. Таблица 6.30 [2, с.290].

$$S_{пон.р.} = S_{пон} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \frac{мм}{дв..ход.}$$

5. $$T_o = \frac{2 \cdot L \cdot Z}{S_{пр} \cdot S_{пон.р}}, мин$$

6.4. Определение мощности, затрачиваемой на шлифование

Контрольные вопросы

1. Назовите виды шлифования и основные типы шлифовальных кругов.
2. Какой материал применяют для шлифовальных кругов.?
3. Какие движения необходимы для осуществления процесса резания при шлифовании?
4. Какие существуют методы шлифования ?
5. Характеристика шлифовального круга.
6. Какие абразивные материалы используют при изготовлении шлифовальных кругов?
7. Что такое твердость шлифовальных кругов?

Приложение 1

МОЩНОСТЬ, ПОТРЕБНАЯ НА РЕЗАНИЕ

Круглое наружное шлифование с радиальной подачей

Группы обрабатываемого материала				Длина шлифования, Lд, мм до										
I - II	III	IV - V	VI											
Диаметр шлифования, мм														
24	-	-	-	40	50	63	80	100	125	160	-	-	-	-
32	24	-	-	32	40	50	63	80	100	125	160	-	-	-
45	32	24	-	-	32	40	50	63	80	100	125	160	-	-
62	45	32	24	-	-	32	40	50	63	80	100	125	160	-
85	62	45	32	-	-	-	32	40	50	63	80	100	125	160
120	85	62	45	-	-	-	-	32	40	50	63	80	100	125
160	120	85	62	-	-	-	-	-	32	40	50	60	80	100
Минутная поперечная подача, Vs, $\frac{мм}{мин}$ до				Мощность резания, N, кВт										
0,26				-	-	-	-	-	-	2,6	3,2	4,0	5,0	6,3
0,38				-	-	-	-	-	2,6	3,2	4,0	5,0	6,3	7,9
0,53				-	-	-	-	2,6	3,2	4,0	5,0	6,3	7,9	9,9
0,78				-	-	-	2,6	3,2	4,0	5,0	6,3	7,9	9,9	12,4
1,0				-	-	2,6	3,2	4,0	5,0	6,3	7,9	9,9	12,4	15,5
1,4				-	2,6	3,2	4,0	5,0	6,3	7,9	9,9	12,4	15,5	19,3
1,9				2,6	3,2	4,0	5,0	6,3	7,9	9,9	12,4	15,5	19,3	24
2,6				3,2	4,0	5,0	6,3	7,9	9,9	12,4	15,5	19,3	24	-
3,6				4,0	5,0	6,3	7,9	9,9	12,4	15,5	19,3	24	-	-
5,0				5,0	6,3	7,9	9,9	12,4	15,5	19,3	24	-	-	-

Поправочные коэффициенты на мощность в зависимости от твердости и скорости круга

Скорость круга, Vкр, $\frac{м}{с}$	Твердость круга			
	СМ1…СМ2	С1..С2	СТ1..СТ2	СТ3, Т1
	Коэффициент			
35	1,0	1,16	1,36	1,58
50	1,2	1,4	1,63	1,9

Приложение 2

Мощность , потребная на резание

Круглое наружное шлифование с продольной подачей

Группы материала				Продольная минутная подача, Vs, $\frac{мм}{мин}$ до									
I -II	III	IV,V	VI										
Диаметр шлифования, мм до													
50	37	-	-	2080	2870	3950	5150	7500	-	-	-	-	-
70	50	37	-	1510	2080	2870	3950	5150	7500	-	-	-	--
95	70	50	37	1100	1510	2080	2870	3950	5150	7500	-	-	-
130	95	70	50	800	1100	1510	2080	2870	3950	5150	7500	-	-
180	130	95	70	-	800	1100	1510	2080	2870	3950	5150	7500	-
250	180	130	95	-	-	800	1100	1510	2080	2870	3950	5150	7500
340	250	180	130	-	-	-	800	1100	1510	2080	2870	3950	5150
470	340	250	180	-	-	-	-	800	1100	1510	2080	2870	3950
-	470	340	250	-	-	-	-	-	800	1100	1510	2080	2870
-	-	470	340	-	-	-	-	-	-	800	1100	1510	2080
Поперечная подача, S, мм/ход, до				Мощность резания, N, кВт									
0,0035				-	-	-	1,9	2,4	3,0	3,8	4,8	5,9	7,4
0,005				-	-	1,9	2,4	3,0	3,8	4,8	5,9	7,4	9,2
0,007				-	1,9	2,4	3,0	3,8	4,8	5,9	7,4	9,2	11,5
0,010				1,9	2,4	3,0	3,8	4,8	5,9	7,4	9,2	11,5	14,5
0,014				2,4	3,0	3,8	4,8	5,9	7,4	9,2	11,5	14,5	18,0
0,019				3,0	3,8	4,8	5,9	7,4	9,2	11,5	14,5	18,0	22,5
-,026				3,8	4,8	5,9	7,4	9,2	11,5	14,5	18,0	22,5	-
0,036				4,8	5,9	7,4	9,2	11,5	14,5	18,0	22,5	-	-
0,050				5,9	7,4	9,2	11,5	14,5	18,0	22,5	-	-	--

Поправочные коэффициенты на мощность в зависимости от твердости, ширины и скорости круга

Скорость круга, $V_{кр}$, м/с	Ширина шлифовального круга, $B_{кр}$, мм до	Твердость шлифовального круга			
		М2..М3	СМ1..СМ2	С1..С2	СТ!..СТ2
		Коэффициент			
35	40	0,8	0,9	1,04	1,22
	50	0,85	0,95	1,10	1,3
	63	0,9	1,0	1,16	1,36
	80	0,95	1,05	1,22	1,45
	100	1,0	1,12	1,3	1,52
50	40	0,96	1,08	1,25	1,47
	50	1,02	1,14	1,32	1,56
	63	1,08	1,2	1,4	1,63
	80	1,14	1,26	1,47	1,74
	100	1,2	1,34	1,56	1,82

Приложение 3

Мощность , потребная на резание

Бесцентровое шлифование с радиальной подачей

Группы обрабатываемого материала				Длина шлифования, Lд, мм до										
I - II	III	IV - V	VI											
Диаметр шлифования, мм до														
17	12,5	-	-	63	80	100	125	160	-	-	-	-	-	-
24	17	12,5	-	50	63	80	100	125	160	-	-	-	-	-
32	24	17	12,5	40	50	63	80	100	125	160	-	-	-	-
45	32	24	17	32	40	50	63	80	100	125	160	-	-	-
62	45	32	24	-	32	40	50	63	80	100	125	160	-	-
85	62	45	32	-	-	32	40	50	63	80	100	125	160	-
120	85	62	45	-	-	-	32	40	50	63	80	100	125	160
160	120	85	62	-	-	-	-	32	40	50	63	80	100	125
-	160	120	85	-	-	-	-	-	32	40	50	63	80	100
Минутная поперечная подача, Vs, $\frac{мм}{мин}$ до				Мощность резания, N, кВт										
0,38				-	-	-	-	3,0	3,7	4,6	5,8	7,4	9,3	11,6
0,53				-	-	-	3,0	3,7	4,6	5,8	7,4	9,3	11,6	14,5
0,73				-	-	3,0	3,7	4,6	5,8	7,4	9,3	11,6	14,5	18,3
1,0				-	3,0	3,7	4,6	5,8	7,4	9,3	11,6	14,5	18,3	23
1,4				3,0	3,7	4,6	5,8	7,4	9,3	11,6	14,5	18,3	23	29
1,9				3,7	4,6	5,8	7,4	9,3	11,6	14,5	18,3	23	29	35,5
2,6				4,6	5,8	7,4	9,3	11,6	14,5	18,3	23	29	35,5	-
3,6				5,8	7,4	9,3	11,6	14,5	18,3	23	29	35,5	-	-
5,0				7,4	9,3	11,6	14,5	18,3	23	29	35,5	-	-	-
7,0				9,3	11,6	14,5	18,3	23	29	35,5	-	-	-	-

Поправочные коэффициенты на мощность резания в зависимости от скорости и твердости круга

Скорость круга, Vкр, $\frac{м}{с}$	Твердость круга			
	СМ1…СМ2	С1..С2	СТ1..СТ2	СТ3, Т1
	Коэффициент			
35	1,0	1,16	1,36	1,58
50	1,2	1,4	1,63	1,9

Приложение 4

Мощность , потребная на резание

Бесцентровое шлифование с продольной подачей

Группы обрабатываемого материала				Минутная поперечная подача, Vs, $\frac{мм}{мин}$ до								
I - II	III	IV - V	VI									
Диаметр шлифования, мм до												
17	12,5	-	-	1000	1380	1900	2600	-	-	-		
24	17	12,5	-	725	1000	1380	1900	2600	-	-	-	
32	24	17	12,5	525	725	1000	1380	1900	2600	-	-	
45	32	24	17	-	525	725	1000	1380	1900	2600	-	-
62	45	32	24	-	-	525	725	1000	1380	1900	2600	-
85	62	45	32	-	-	-	525	725	1000	1380	1900	2600
120	85	62	45	-	-	-	-	525	725	1000	1380	1900
160	120	85	62	-	-	-	-	-	525	725	1000	1380
-	160	120	85	-	-	-	-	-	-	525	725	1000
Удвоенная глубина шлифования, 2t, мм				Мощность резания, N, кВт								
0,07				-	-		4,2	5,3	6,6	8,3	10,5	13,0
0,10				-	-	4,2	5,3	6,6	8,3	10,5	13,0	16
0,14				-	4,2	5,3	6,6	8,3	10,5	13,0	16	20
0,19				4,2	5,3	6,6	8,3	10,5	13,0	16	20	25
0,26				5,3	6,6	8,3	10,5	13,0	16	20	25	31,5
0,36				6,6	8,3	10,5	13,0	16	20	25	31,5	39,5
0,5				8,3	10,5	13,0	16	20	25	31,5	39,5	-

Поправочные коэффициенты на мощность резания в зависимости от скорости и твердости круга

Ширина шлифовального круга, Вкр, мм	Скорость круга, Vкр, $\frac{м}{с}$	Твердость круга			
		СМ1…СМ2	С1..С2	СТ1..СТ2	СТ3, Т1
		Коэффициент			
150	35	0,93	1,08	1,27	1,47
200		1,0	1,16	1,36	1,58
300		1,1	1,26	1,5	1,74
150	50	1,12	1.3	1,52	1,76
200		1,2	1,4	1,63	1,9
300		1,32	1,51	1,8	2,05

Приложение 5

Мощность, потребная на резание

Шлифование отверстий

Группы обрабатываемого материала				Продольная минутная подача, Vs, $\frac{мм}{мин}$ до									
I - II	III	IV, V	VI										
Диаметр шлифования, мм до													
50	37	-	-	1510	2080	2810	3950	5450	7500	10000	-	-	-
70	50	37	-	1100	1510	2080	2810	3950	5450	7500	10000	-	-
95	70	50	37	800	1100	1510	2080	2810	3950	5450	7500	10000	-
130	95	70	50	-	800	1100	1510	2080	2810	3950	5450	7500	10000
180	130	95	70	-	-	800	1100	1510	2080	2810	3950	5450	7500
250	180	130	95	-	-	-	800	1100	1510	2080	2810	3950	5450
-	250	180	130	-	-	-	-	800	1100	1510	2080	2810	3950
-	-	250	180	-	-	-	-	-	800	1100	1510	2080	2810
Поперечная подача на двойной ход стола, S, $\frac{мм}{дв.ход}$ до				Мощность резания, N, кВт									
0,003				-	-	1,1	1,4	1,7	2,1	2,7	3,3	4,2	5,2
0,004				-	1,1	1,4	1,7	2,1	2,7	3,3	4,2	5,2	6,5
0,005				1,1	1,4	1,7	2,1	2,7	3,3	4,2	5,2	6,5	8,5
0,007				1,4	1,7	2,1	2,7	3,3	4,2	5,2	6,5	8,5	10,2
0,010				1,7	2,1	2,7	3,3	4,2	5,2	6,5	8,5	10,2	12,8
0,014				2,1	2,7	3,3	4,2	5,2	6,5	8,5	10,2	12,8	16,0
0,019				2,7	3,3	4,2	5,2	6,5	8,5	10,2	12,8	16,0	-
0,026				3,3	4,2	5,2	6,5	8,5	10,2	12,8	16,0	-	-

Поправочные коэффициенты на мощность резания в зависимости от твердости и ширины круга.

Ширина шлифовального круга Вкр, мм до	Твердость круга		
	М2..М3	СМ1…СМ2	С1..С2
	Коэффициент		
25..32	0,8	0,9	1,04
40..50	0,9	1,0	1,16
63..80	1,0	1,12	1,3

Приложение 6

Мощность , потребная на резание

Плоское шлифование периферией круга на станках с прямоугольным столом

Группы обрабатываемого материала				Поперечная подача на ход стола, $So \frac{мм}{ход}$ до											
I - II	III	IV -V	VI												
Скорость движения детали, м/мм до															
5	-	-	-	14	19	26	35	50	-	-	-	-	-	-	-
7	5	-	-	10	14	19	26	35	50	-	-	-	-	-	-
10	7	5	-	-	10	14	19	26	35	50	-	-	-	-	-
14	10	7	5	-	-	10	14	19	26	35	50	-	-	-	-
20	14	10	7	-	-	-	10	14	19	26	35	50	-	-	-
28	20	14	10	-	-	-	-	10	14	19	26	35	50	-	-
39	28	20	14	-	-	-	-	-	10	14	19	26	35	50	-
-	39	28	20	-	-	-	-	-	-	10	14	19	26	35	50
-	-	39	28	--	-	-	-	-	-	-	10	14	19	26	35
-	-	-	39	-	-	-	-	-	-	-	-	10	14	19	26
Подача на ход стола, S,м/мм , до				Мощность резания, N, кВт											
0,006				-	-					2,8	3,4	4,3	5,3	6,6	8,4
0,008				-	-				2,8	3,4	4,3	5,3	6,6	8,4	10,4
0,011				-	-			2,8	3,4	4,3	5,3	6,6	8,4	10,4	12,8
0,015				-	-		2,8	3,4	4,3	5,3	6,6	8,4	10,4	12,8	16,4
0,021				-	-	2,8	3,4	4,3	5,3	6,6	8,4	10,4	12,8	16,4	21,8
0,029				-	2,8	3,4	4,3	5,3	6,6	8,4	10,4	12,8	16,4	21,8	27,6
0,040				2,8	3,4	4,3	5,3	6,6	8,4	10,4	12,8	16,4	21,8	27,6	34,0
0,056				3,4	4,3	5,3	6,6	8,4	10,4	12,8	16,4	21,8	27,6	34,0	-
0,078				4,3	5,3	6,6	8,4	10,4	12,8	16,4	21,8	27,6	34,0	-	-
0,108				5,3	6,6	8,4	10,4	12,8	16,4	21,8	27,6	34,0	-	-	-
0,15				6,6	8,4	10,4	12,8	16,4	21,8	27,6	34,0	-	-	-	-

Поправочные коэффициенты на мощность резания в зависимости от ширины и твердости круга

Твердость круга	Ширина круга Вкр, мм до		
	40	63	100
М2..М3	0,8	0,9	1,0
СМ1..СМ2	0,9	1,0	1,12
С1..С2	1,04	1,16	1,3
СИ1..СТ2	1,22	1,3	1,52

Информационное обеспечение обучения

Печатные издания

Основные учебные издания

1. Зубарев, Ю. М. Основы резания материалов и режущий инструмент: учебное пособие для СПО / Ю. М. Зубарев, Р. Н. Битюков. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 228 с. — ISBN 978-5-8114-7253-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/156923

2. Зубарев, Ю. М. Процессы обработки и инструмент для формообразования поверхностей деталей: учебник для СПО / Ю. М. Зубарев, В. П. Максименко. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 152 с. — ISBN 978-5-8114-5374-0. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/149300.

3. Скуратов, Д. Л. Обработка металлов резанием, станки, инструмент: учебное пособие для СПО / Д. Л. Скуратов, В. Н. Трусов, Т. Н. Андрюхина. — Саратов : Профобразование, 2021. — 175 с. — ISBN 978-5-4488-1268-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/106835.html

Дополнительные учебные издания:

4. Зубарев, Ю. М. Абразивные инструменты. Разработка операций шлифования : учебное пособие для СПО / Ю. М. Зубарев, В. Г. Юрьев. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 360 с. — ISBN 978-5-8114-65477. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/148492.

5. Зубарев, Ю. М. Специальные методы обработки заготовок в машиностроении: учебное пособие для СПО / Ю. М. Зубарев. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 400 с. — ISBN 978-5-8114-6549-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/148494.

6. Копылов, Ю. Р. Технология машиностроения. Дистанционный курс: учебное пособие для СПО / Ю. Р. Копылов, А. А. Болдырев. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-6704-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/151684

7. Панкратов, Ю. М. САПР режущих инструментов: учебное пособие для СПО / Ю. М. Панкратов. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 336 с. — ISBN 978-5-8114-6880-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/153648

8. Процессы формообразования деталей машин: учебное пособие для СПО / В. Ф. Безъязычный, В. Н. Крылов, Ю. К. Чарковский, Е. В. Шилков. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 416 с. — ISBN 978-5-8114-6869-0. — Текст : электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/156633.

Электронные издания (электронные ресурсы)

9. Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: https://book.ru
10. Лань: электронно-библиотечная система: https://e.lanbook.com