

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

по дисциплине

«Резание материалов и физико-химическая обработка»

для студентов специальности 1-53 01 06

«Промышленные роботы и робототехнические комплексы»

дневной формы обучения

Библиотека ГГТУ им. П.О.Суворова

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа №1
«ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ИНСТРУМЕНТА И КИНЕМАТИКИ РЕЗАНИЯ МАТЕРИАЛОВ» - 3

Лабораторная работа №2
«ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛ РЕЗАНИЯ» - 7

Лабораторная работа №3
«ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В ЗОНЕ РЕЗАНИЯ» - 14

Лабораторная работа №4
«РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ» - 20

Лабораторная работа №5
«ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА НА ЕГО
ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ» - 25

Лабораторная работа №6
«ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
ОБРАБОТКИ» - 28

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИНСТРУМЕНТА И КИНЕМАТИКИ РЕЗАНИЯ МАТЕРИАЛОВ.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Освоить понятия общих элементов и геометрических параметров инструмента и закрепить их практически.
2. Научиться измерять линейные размеры и геометрические параметры инструмента, выполнять чертеж режущего инструмента.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучение определение элементов и геометрических параметров инструмента (рис.1).
2. Нахождение элементов и геометрических параметров на макетах и натуральных образцах различных видов инструмента.

Для определения углов лезвия и других характеристик процесса резания вводится в рассмотрение специальная система координатных плоскостей:

- основная плоскость P_y ;
- плоскость резания P_n ;
- главная секущая плоскость P_τ .

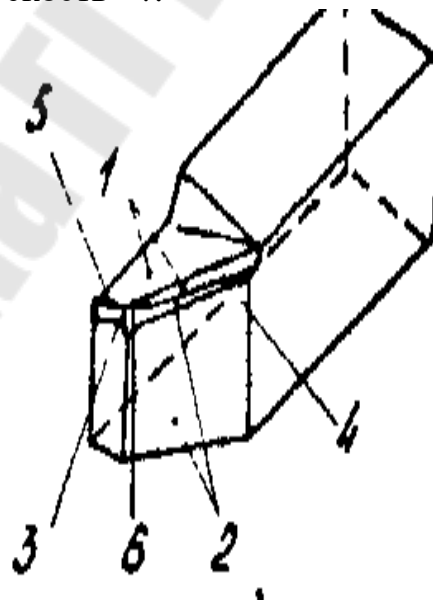


Рис.1. Элементы токарного проходного резца - 1 – передняя поверхность A_γ ; 2- главная задняя поверхность A_α ; 3 – вспомогательная задняя поверхность A'_α ; 4 – главная режущая кромка K ; 5 – вспомогательная режущая кромка K' ; 6 – вершина лезвия B .

Углы лезвия рассматриваются в координатных плоскостях и имеют следующие названия, обозначения и определения (рис.2):

- передний угол γ - это угол в секущей плоскости между передней поверхностью и основной плоскостью;
- задний угол α - это угол в секущей плоскости между задней поверхностью и плоскостью резания;
- угол заострения β - это угол в секущей плоскости между передней и задней поверхностями;
- угол резания δ - это угол в секущей плоскости между передней поверхностью и плоскостью резания;
- угол в плане φ - это угол в основной плоскости между плоскостью резания и осью OX технологической системы координат;
- угол при вершине ε - это угол в основной плоскости между плоскостями резания двух сопрягающихся в вершине режущих кромок;
- угол наклона кромки λ - это угол в плоскости резания между режущей кромкой и основной плоскостью.

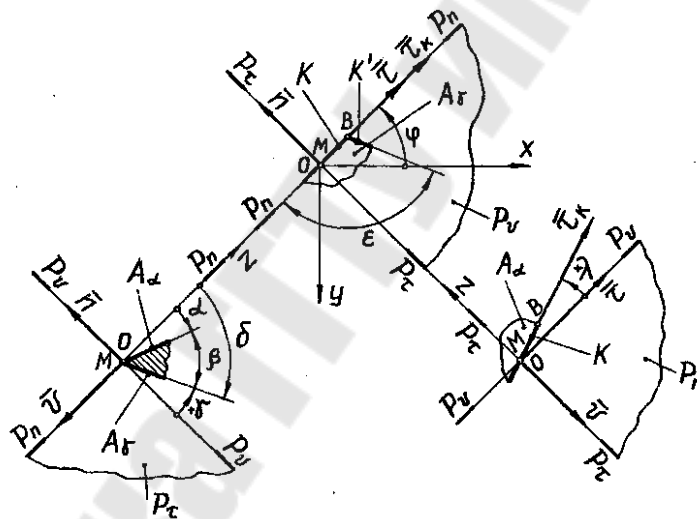


Рис. 2 . Углы лезвия инструмента на примере токарного проходного резца

Между углами в основной и в главной секущей плоскостях имеют место вполне очевидные соотношения (рис.2):

$$\begin{aligned} \varphi + \varphi' + \varepsilon &= 180^\circ, \\ \gamma + \alpha + \beta &= 90^\circ, \\ \gamma + \delta &= 90^\circ, \\ \beta + \alpha &= \delta. \end{aligned}$$

Измерение геометрических параметров режущего инструмента

1. Для измерения углов резца используется резцовый угломер (рис.3)

Измеритель состоит из цельного или сборного корпуса 3 с угловой шкалой 4, поворотного измерительного флажка 5 с осью, зажимным винтом и гайкой, общего стопорного винта 6.

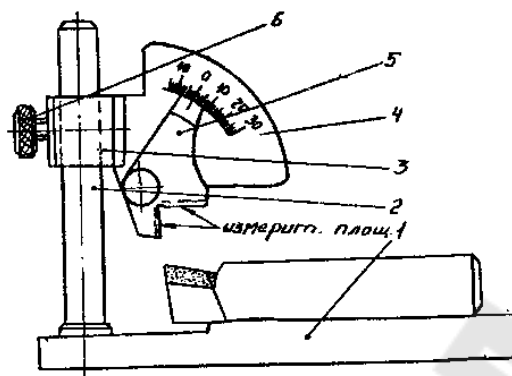


Рис.3. Резцовый угломер: 1 – плита, 2- вертикальная стойка, 3 – блок состоящий из трех шкал с измерительными линейками, 4,5 шкальное устройство, 6- фиксатор

б) Измерение углов любого инструмента

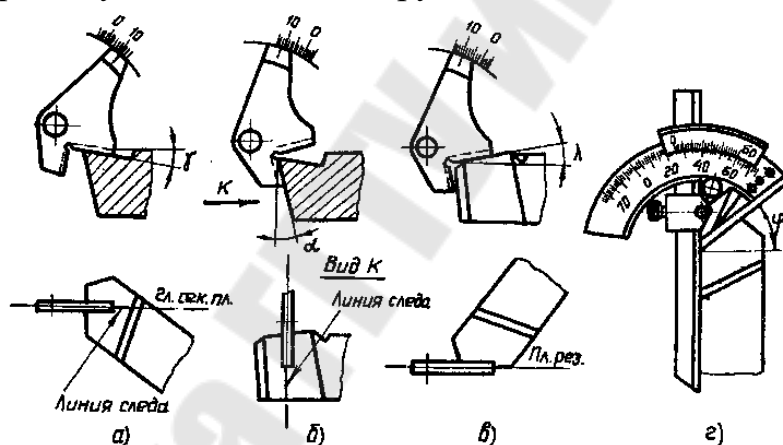


Рис.4. Схемы измерения переднего угла γ (а), заднего угла α (б), угла наклона кромки λ (в) и угла в плане φ (г)

Примеры установки различных режущих инструментов в позицию измерения показаны на рис.4. Значения измеренных углов резца заносятся в таблицу Протокол измерения углов.

Протокол измерения углов

| Углы и их измеренные значения | γ | α | φ | λ | δ | β | ε |
|-------------------------------|----------|----------|-----------|-----------|----------|---------|---------------|
| Главный угол | | | | | | | |
| Вспомогательный угол | | | | | | | |

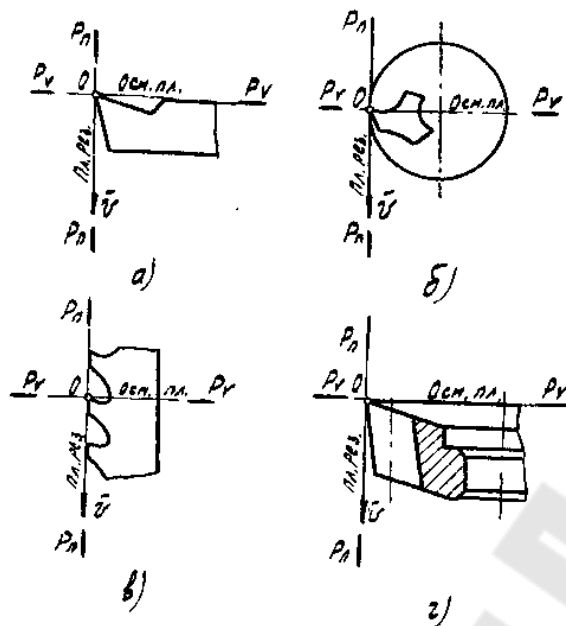


Рис.5. Установка в позицию измерения: резца (а), фрезы (б), протяжки (в) и долбяка (г)

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ:

1. Произвести измерения конструктивных элементов токарного резца и занести в карту отчета.
2. Произвести измерения геометрических параметров токарного резца и занести в карту отчета.
3. Выполнить эскиз измеряемого резца с приведением его конструктивных и геометрических параметров.

СТРУКТУРА ОТЧЁТА

1. Название лабораторной работы.
2. Цель работы.
4. Основные термины и определения.
5. Рис. 1, 2, 4 (а,б,в), 5.
6. Выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите поверхности режущей части инструмента.
2. Сформулируйте термины переднего и заднего углов .
3. Укажите на резце углы в плане.
4. Покажите как угломером измерить угол наклона режущей кромки.
5. Укажите как измерить угломером передний и задний угол.
6. Как определить значение угла резца при вершине
7. Как определить значение угла заострения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛ РЕЗАНИЯ

Инструмент, движущийся по заготовке, в процессе резания испытывает со стороны последней значительное сопротивление. Это сопротивление выражается действием сил на режущую часть инструмента, вызывая его износ.

Силы резания являются важным показателем процесса обработки. Величину сил резания и их зависимость от различных параметров необходимо знать для расчёта мощности оборудования, прочности инструмента, приспособлений и станков, а также для определения их влияния на точность обработки. Кроме того, знание сил резания позволяет решать вопросы по исследованию деформации обрабатываемого материала, тепловых явлений, износа инструмента, конструированию станков, приспособлений и режущих инструментов.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучить схему действия сил резания.
2. Ознакомиться с приборами, используемыми при исследовании сил резания.
3. Исследовать влияние глубины резания t , подачи S и скорости резания V на составляющие силы резания.
4. Освоить методику математической обработки результатов эксперимента и получение степенных эмпирических формул.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Рассмотрение схемы действия сил резания.
2. Ознакомление с содержанием работы и приборами для измерения сил резания.
3. Экспериментальное исследование сил резания в зависимости от элементов режима резания (t , S , V).
4. Построение в двойной логарифмической системе координат прямолинейных зависимостей сил резания от глубины t , подачи S и скорости резания V .
5. Определение показателей степени и коэффициентов в степенных формулах для сил.
6. Выполнение анализа полученных конкретных эмпирических зависимостей сил резания от элементов режима резания.
7. Оформление отчёта и формулирование выводов по работе.

СИСТЕМА СИЛ В ПРОЦЕССЕ РЕЗАНИЯ

Рассмотрим систему сил, возникающих при свободном резании (рис. 1, *a*). На переднюю поверхность резца давит стружка с силой R_{II} , которая является равнодействующей нормальной силы N_{II} и силы трения стружки о переднюю поверхность F_{II} , т.е. $R_{II} = N_{II} + F_{II}$.

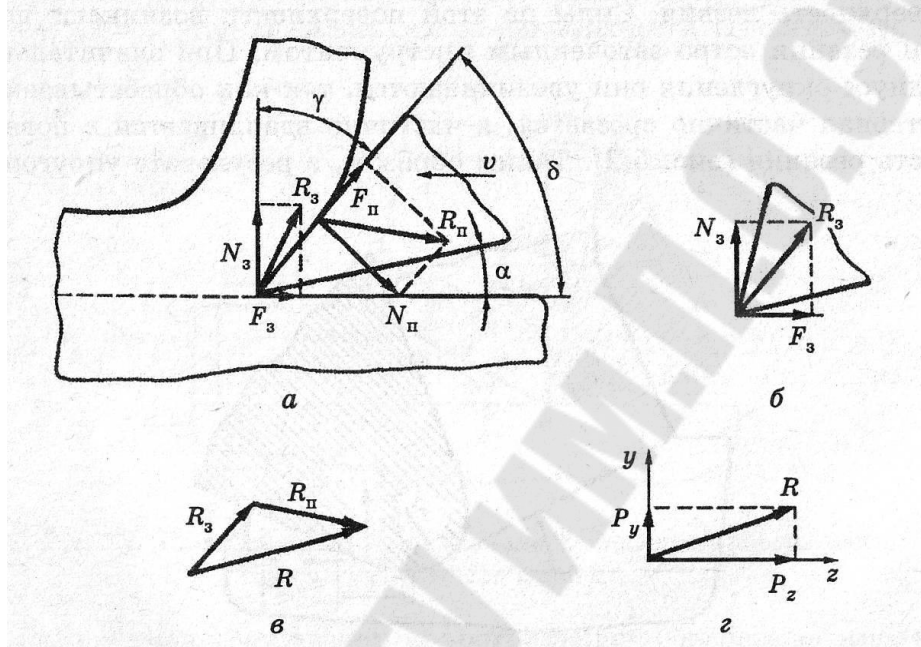


Рис. 1 Система сил, действующих при свободном резании

В то же время на заднюю поверхность резца вблизи режущей кромки действует нормальная сила упругого противодействия обрабатываемого материала N_3 и сила трения о заднюю поверхность инструмента F_3 . Они дают результирующую силу R_3 . Так как задний угол α мал, а при наличии площадки износа на некотором участке задней поверхности он равен нулю, в расчетной схеме принимаем направление сил F_3 и N_3 , как показано на рис. 1, б, т.е. направление F_3 противоположно вектору скорости резания v . Для осуществления процесса резания или сохранения равновесия резца к нему извне должна быть приложена сила, равная по величине и противоположная по направлению силе

На передней поверхности – нормальная сила N_{II} и сила трения F_{II} стружки о переднюю поверхность инструмента; на задней поверхности – нормальная сила N_3 и сила трения F_3 поверхности резания заготовки к заднюю поверхность /площадку износа/ инструмента.

Эти силы имеют важное научное значение. По значению и распределению касательных сил /сил трения/ судят об интенсивности износа поверхности инструмента и режущей кромки, производят расчёт тепловыделения и контактной температуры, оценивают напряжённость процесса резания. По значению нормальных сил определяют прочность

режущей части инструмента, напряжённость процесса стружкообразования и т.д. Кроме того, силы трения и нормального давления дают возможность рассчитать важный показатель процесса резания – коэффициент трения.

Определить силы экспериментально в настоящее время трудно, так как они являются внутренними силами системы резец-заготовка-стружка. Если их геометрически сложить по правилу многоугольника, как показано на рисунке 1 и 2, то получим равнодействующую силу сопротивления резанию силу R . Эта сила действует на инструмент и направлена в его тело. Равнодействующую силу измерить экспериментально также затруднительно, так как она имеет в общем случае неопределённое пространственное расположение.

Для облегчения экспериментального определения сил резания, равнодействующую силу R проектируют на три взаимно перпендикулярные оси технологической координатной системы.

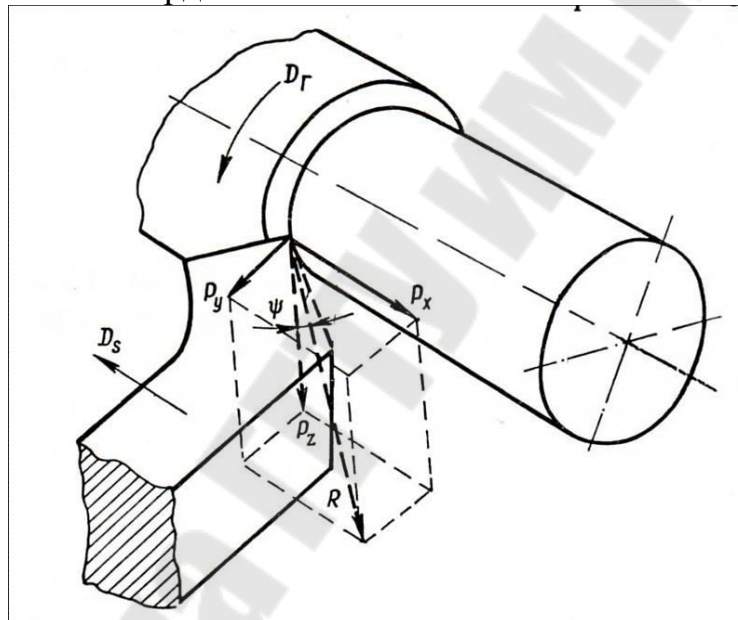


Рис. 2 - Разложение сил резания при точении

Начало этой системы координат должно располагаться в средней точке рабочего участка режущей кромки инструмента, а оси координат – приходиться следующим образом:

В условиях несвободного резания при точении равнодействующую силу сопротивления резанию R раскладывают на три составляющие (рис. 2): P_z — *главную силу резания*, которая действует в направлении скорости главного движения; P_y — *радиальную силу*, направленную по радиусу главного вращательного движения резания в вершине лезвия; P_x — *осевую силу*, действующую параллельно оси главного вращательного движения резания, т.е. силу подачи. По P_z производят расчеты прочности и жесткости резца, а также мощности, необходимой на осуществление резания.

Каждая из этих сил оказывает на процесс резания вполне определённое воздействие. Сила P_x влияет на механизм подачи станка, изгиб резца и упорные подшипники шпинделя; сила P_y оказывает влияние на отжим резца от заготовки, деформацию детали, точность обработки, радиальные подшипники шпинделя; сила P_z определяет мощность привода главного движения и крутящий момент на шпинделе станка, влияет на прочность инструмента и механизма коробки скоростей, изгиб заготовки, радиальные подшипники шпинделя, точность и шероховатость обработки и другие параметры процесса резания. В связи с таким значительным влиянием силы P_z её также называют главной составляющей.

Каждую из составляющих можно измерить экспериментально. Зная силы, рассчитывают равнодействующую силу резания по формуле

$$P_z = C_{Pz} t^Y S^X V^Z k_{Pz}$$

При определении сил резания пользуются как аналитическим, так и экспериментальными методами. Однако аналитический метод ещё не совершенен и поэтому он не может дать достаточно точных количественных значений сил. Наиболее приемлемым для практических целей является экспериментальный метод исследования с использованием специальных приборов для измерения сил резания – динамометров. Для измерения сил резания в лабораторной работе используются электрические тензометрические, пьезоэлектрические и динамометры. Электрические динамометры являются наиболее чувствительными приборами, так как они мало инерционны и позволяют с помощью осциллограф производить запись быстропротекающих процессов за тысячные и стотысячные доли секунды. Такие динамометры преобразуют механическое воздействие сил резания в легко измеряемые в электрические величины.

Динамометр для измерения сил резания в принципе представляет собой устройство с упругими элементами, деформирующимися в направлении действия сил резания. В динамометр устанавливается либо инструмент, либо заготовка. Упругий элемент, деформируемый в процессе резания действующей силой, связан с каким-нибудь датчиком деформации. С изменением силы резания изменяется деформация упругого элемента динамометра, вследствие чего датчик даёт косвенную информацию о силе.

Принцип действия датчиков, применяемых в динамометрии резания, может быть различным. Датчики бывают механические (стрелочные индикаторы), гидравлические, электроиндуктивные, ёмкостные, пьезоэлектрические, электросопротивления и т.п. Каждый из этих датчиков имеет свои преимущества и недостатки. Наиболее точным и простым датчиком сил резания, широко применяемым в исследовательской практике, является датчик электросопротивления. В дальнейшем будем называть его тензодатчиком.

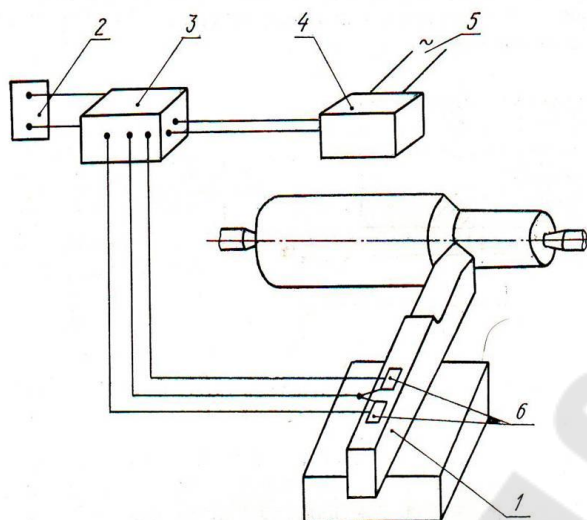


Рис.3. Схема измерения сил резания с использованием тензометрического преобразователя

Тензодатчик представляет собой зигзагообразное проволочное сопротивление, изготовленное из высокоомной проволоки диаметром 0,02 мм и обклеенное тонкой диэлектрической бумагой. Датчик имеет небольшие размеры и крепится к упругому элементу динамометра путём приклеивания.

Конструкция тензометрического преобразователя (рисунок 3) представляет собой несколько витков очень тонкой проволоки, изготавливаемой из специального сплава, которая измеряет электрическое сопротивление при деформации преобразователя. Витки или решетку из такой проволоки помещают между двумя клееными бумажными полосками и наклеивают на элемент державки 6. Под влиянием сил резания элемент 6 и приклеенная к нему проволока 5 упруго деформируется. Это вызывает изменение силы тока в электрической цепи, которая увеличивается усилителем 2 и измеряется регистрирующим прибором 1. Чтобы не было искажений в показаниях приборов при измерении сил резания из-за непостоянства напряжений в сети, в электрическую сеть необходимо включать стабилизатор напряжения 3, устанавливаемый между регистрирующим прибором и источником питания.

СТРУКТУРА ОТЧЁТА

1. Название лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Порядок выполнения работы.
4. Схема действия сил резания (рис.1 или 2).
5. Описание схемы действия сил.
6. Описание оборудования и аппаратуры.

7. Заполнение протокола исследования сил резания.
8. Математическая обработка результатов эксперимента.
9. Формулы общего вида составляющих сил резания с полученными значениями коэффициентов и показателей степени.
10. Анализ полученных формул и выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие силы действуют на режущие поверхности инструмента?
2. Объяснить схему действия сил резания.
3. Каково значение составляющих сил резания P_x, P_y, P_z ?
4. Как влияют элементы режима резания на составляющие силы резания?
5. Объяснить принцип устройства трёхкомпонентного тензометрического динамометра.
6. Как производится обработка данных динамометрических измерений в логарифмической системе координат?
7. Как производится определение значений коэффициентов и показателей степени при переменных t, S и v ?
8. Что сильнее влияет на силы резания: глубина резания t , подача S , или скорость резания V ?

Протокол исследования сил резания

| Серии | № опыта | Условия обработки | | | | | | | | Силы резания при обработке | | | Примечание | |
|--------------|---------|-------------------|------------------|------------------|-----------|------------------|-----------|-----------|-----------|----------------------------|------------|------------|------------|--|
| | | n об/ мин | V м/ мин | S мм/ об | t мм | γ град | D мм | a мм | b мм | P_x Н | P_y Н | P_z Н | | |
| Серии v | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| Серии S | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| Серии t | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | |

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

1. Перед началом работы изучить методические указания, особенно по выполнению практической части.
2. Практическая часть лабораторной работы на станках выполняется организовано под руководством учебного мастера.
3. Включать, переключать и выключать станок в процессе лабораторной работы без разрешения учебного мастера не разрешается.
4. При проведении экспериментов на станке следует соблюдать все меры предосторожности.
5. Ручки исследовательской аппаратуры без надобности не переключать.
6. К вращающимся частям станка в процессе лабораторной работы не прикасаться.
7. В плоскости отлетающей от станка стружки не стоять.
8. По окончании лабораторной работы студенты должны привести в порядок станок.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В ЗОНЕ РЕЗАНИЯ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с принципом измерения температуры и с приборами, используемыми в работе.
2. Исследовать влияние глубины резания t , подачи S и скорости резания U на температуру резания.
3. Закрепить навыки математической обработки результатов эксперимента и получить эмпирические формулы.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомление с оборудованием и аппаратурой, используемыми в работе.
2. Экспериментальное определение (измерение) температуры при изменяющемся режиме резания с занесением результатов в протокол /бланк протокола к работе прилагается.
3. Вычерчивание графиков зависимостей температуры резания от глубины резания t , подачи S и скорости резания U в логарифмической функциональной сетке.
4. Получение на основании обработки опытных данных формулы для температуры в конкретном виде путём подстановки в общую формулу найденных значений показателей степени и коэффициента.
5. Оформление отчёта и формулирование выводов по работе.

ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЧАСТИ

Процессу резания сопутствует целый ряд физических явлений. При обработке возникают силы, напряжения, трение, упругие и пластические деформации. В зоне деформирования и на площадках трения инструмента со стружкой и заготовкой выделяется большее количество тепла.

Температура, возникающая при резании как результат тепловыделения, оказывает влияние на весь ход процесса резания. От температуры поверхностей инструмента зависит его износ, а, следовательно, и продолжительность работы. Температура влияет и на точность обработки, вызывая тепловое расширение заготовки и инструмента. Поэтому изучение тепловых явлений составляет важную задачу теории резания.

В технике известно немало способов и средств измерения температуры. Самым распространённым, и, пожалуй, самым надёжным способом является измерение температуры термопарами.

Термопарой называется спай или прочное механическое соединение двух разнородных проводников A и B (рис.1). Проводники A и B

называются термоэлектродами, а место их соединения C -горячим спаем. Если этот спай нагревать, а к свободным концам термоэлектродов термопары подключить какой-нибудь чувствительный регистрирующий прибор, например: гальванометр, потенциометр или милливольтметр, то в цепи термопары появится электрический ток, напряжение которого составляет тысячные доли вольта (милливольты). В этом случае измерение температуры сводится к измерению силы или напряжения электрического тока цепи, составленной из термопары, проводников и прибора. Следует иметь в виду, что термопара регистрирует разность потенциалов горячего и холодных спаев, т.е. разность температур этих спаев.

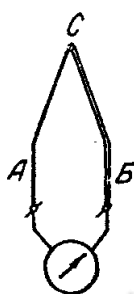


Рис.1. Схема термопары

Термопары в резании принято делить на три группы: искусственные, полуискусственные (полуестественные) и естественные.

У полуискусственной или полуискусственной термопары одним из электродов служит проводник. В качестве второго термоэлектрода здесь используется непосредственно резец или заготовка. Горячий спай такой термопары образуется путём приварки проводника к массе резца или заготовки, либо путём запеканки конца провода в специальном отверстии.

Естественная термопара (рис. 2) представляет собой резец и заготовку, которые выполняются, как правило, из различных материалов и имеют в процессе резания надёжный контакт. Этот контакт и является термочувствительным (горячим) спаем естественной термопары. Главным преимуществом естественной термопары является простота.

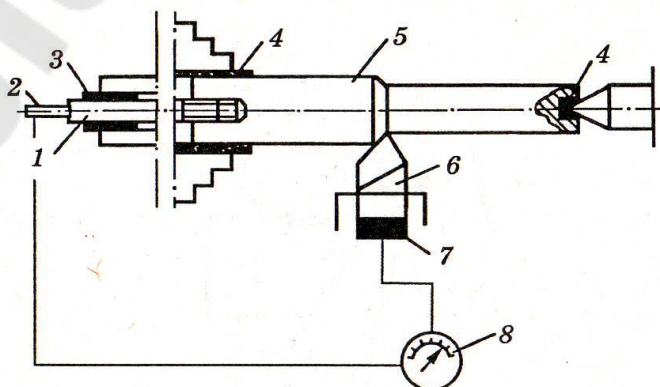


Рис.2. Схема измерения температуры резания естественной термопарой

Заготовка 5 изолируется от станка с помощью диэлектрических прокладок и текстолитовой вставки 4 в деталь, на которую опирается задний центр станка. Резец 6 изолируется от резцедержателя станка текстолитовыми прокладками 7. Для замыкания контакта с деталью в заготовку ввертывается стержень 1, диаметр которого меньше, чем диаметр отверстия в шпинделе. Этот стержень при выходе из шпинделя проходит через текстолитовую втулку 3, чтобы избежать соприкосновения со станком. На конце стержня установлен токосъемник 2, обеспечивающий надежное замыкание вращающегося и неподвижного участков цепи. Возникающая в процессе резания термоЭДС регистрируется гальванометром 8.

Тарирование можно также произвести электроконтактным методом. Для тарирования изготавливаются стержни из материала детали 1 и материала режущей части инструмента 2 (рис. 3).

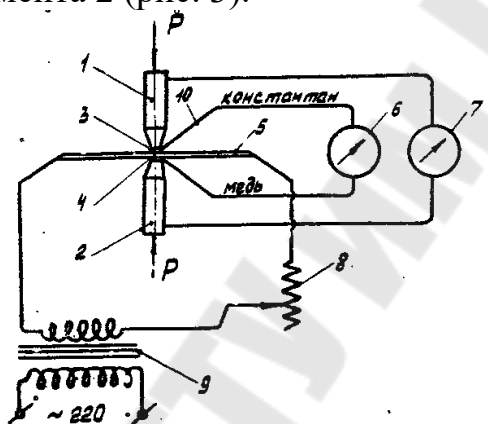


Рис. 3. Схема тарирования естественной термопары электроконтактным методом

Нагрев нихромовой пластины 5 осуществляется переменным электрическим током от сети напряжением 220 вольт через трансформатор 9. Регулирование степени нагрева производится реостатом 8. Задавая таким образом разную температуру нагрева пластины и торцов тарлируемых стержней, получают на приборе 7 различные значения термо-электродвижущей силы в милливольты. Снимая вместе с тем показания контрольной термопары 10 по прибору 6, который может быть проградуирован в градусах Цельсия, составляют тарировочную таблицу. По данным тарировочной таблицы строится тарировочный график в координатах «милливольты-градусы».

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Формулу, определяющую зависимость температуры резания от элементов режима, часто представляют в виде степенного выражения, полученного на основании экспериментальных данных:

$$\theta = C_{\theta} \cdot t^{X_{\theta}} \cdot S^{Y_{\theta}} \cdot v^{Z_{\theta}} \cdot K_{\theta}, \quad (1)$$

где: θ - температура резания, °С; C_θ - коэффициент, зависящий от материалов заготовки и рабочей части инструмента, а также от других условий; t - глубина резания, мм; S - подача на оборот, мм/об; v - скорость резания, м/мин; $X_\theta, Y_\theta, Z_\theta$ - показатели степеней, зависящие от материалов заготовки и резца, а также от условий резания; K_θ - коэффициент, учитывающий отличие заданных условий от условий, в которых производились эксперименты.

Если опыты проводятся при неизменных прочих условиях резания, то коэффициент K_θ можно принять равным единице ($K_\theta = 1$). Тогда

$$\theta = C_\theta \cdot t^{X_\theta} \cdot S^{Y_\theta} \cdot v^{Z_\theta} \quad (2)$$

С целью определения показателей $X_\theta, Y_\theta, Z_\theta$ и коэффициента C_θ в этой формуле проводятся опыты по измерению температуры резания при различных режимах обработки (t, S, v).

Так как невозможно исследовать влияние на температуру сразу всех элементов режима резания, то опыты выполняются по сериям. В каждой серии изменяется лишь один из элементов режима резания. В первой серии, например, изменяется глубина резания t , остальные параметры (подача и скорость резания) остаются неизменными. Затем, во второй серии опытов, за переменную величину берётся другой параметр (например, подача S), неизменными же остаются глубина t и скорость v . В третьей серии меняется скорость резания.

В каждой серии опытов берётся не менее трех значений переменного параметра. Во всех опытах измеряется температура, а результаты измерения по сериям заносятся в протокол исследования.

Очевидно, что формула (2) применительно к каждой серии может быть записана в более простой форме:

$$\begin{aligned} \text{для серии глубины} \quad & \theta = C_{\theta 1} \cdot t^{X_\theta}; \\ \text{для серии подачи} \quad & \theta = C_{\theta 2} \cdot S^{Y_\theta}; \\ \text{для серии скорости} \quad & \theta = C_{\theta 3} \cdot v^{Z_\theta}, \end{aligned} \quad (3)$$

где множители $C_{\theta 1}, C_{\theta 2}, C_{\theta 3}$, называемыми коэффициентами в частных зависимостях, включают в себя величины, постоянные в данной серии, т.е.

$$\begin{aligned} C_{\theta 1} &= C_\theta \cdot S^{Y_\theta} \cdot v^{Z_\theta}; \\ C_{\theta 2} &= C_\theta \cdot t^{X_\theta} \cdot v^{Z_\theta}; \\ C_{\theta 3} &= C_\theta \cdot t^{X_\theta} \cdot S^{Y_\theta}. \end{aligned} \quad (4)$$

Показатели степеней $X_\theta, Y_\theta, Z_\theta$, коэффициенты в частных зависимостях $C_{\theta 1}, C_{\theta 2}$ и $C_{\theta 3}$, а также коэффициент C_θ в общей зависимости определяются по методике, изложенной в специальном методическом пособии кафедры «Математическая обработка результатов эксперимента». Это пособие выдаётся при проведении работы.

В заключении записывается формула (2) в конкретном виде, т.е. вместо величин X_0, Y_0, Z_0 и C_0 в ней должны стоять численные значения, полученные в результате математической обработки результатов экспериментов. Элементы режима резания остаются в буквальном выражении.

Сопоставление численных значений показателей в полученной формуле позволяет сделать заключение о степени влияния отдельных элементов режима резания на контактную температуру инструмента. Чем больше показатель степени при какой-то переменной, тем значительнее влияет эта переменная на температуру. Основываясь на анализе показателей, можно рекомендовать пути снижения температуры резания, что позволит повысить стойкость инструмента, не снижая при этом производительности обработки.

СТРУКТУРА ОТЧЁТА

1. Название лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Порядок выполнения работы.
4. Оборудование и аппаратура.
5. Схема измерения температуры резания (рис.2).
6. Построение графиков зависимости изменения температуры от режимов резания.
7. Выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. На чём основан метод измерения температуры в зоне резания?
2. Объяснить схему измерения температуры естественной термопарой.
3. Объяснить принципиальную схему тарирования.
4. Как производить обработку опытных данных?
5. Как влияют элементы режима резания t, S и v на температуру резания, что влияет значительнее всего?
6. Как подбирать элементы режима резания, чтобы уменьшить температуру, не снижая при этом производительности обработки?

ПРОТОКОЛ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПРОЦЕССЕ РЕЗАНИЯ

| Серии | № опыта | Условия обработки резанием | | | | | | | | Показатели температуры | | | | | | | Примечание |
|---------|---------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------|------------------|-----------|-----------|-----------|------------------------|----------------|------------------|------------------|--------------|------------|--|------------|
| | | $n \frac{\text{об}}{\text{мин}}$ | $v \frac{\text{м}}{\text{мин}}$ | $s \frac{\text{мм}}{\text{об}}$ | t мм | γ град | D мм | a мм | b мм | θ | θ °C | θ_k °C | θ_o °C | Q_o кал | Q кал | | |
| серия V | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| серия S | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| серия t | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучить элементы режима резания.
2. Произвести расчет режимов резания для обработки детали точением на токарном станке (параметры детали задаются преподавателем).

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Под режимом резания понимается совокупность значений скорости резания, подачи и глубины резания.

Скорость резания v – скорость главного движения резания

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

Подача S – отношение расстояния, пройденного рассматриваемой точки лезвия или заготовки вдоль траектории этой точки лезвия или заготовки вдоль траектории этой точки в движении подачи, к числу циклов или определенных долей цикла другого движения во время резания.

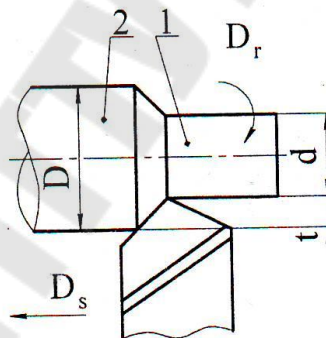


Рис. 1 Точение продольное:

1 - обработанная поверхность; 2 - обрабатываемая поверхность

Глубина резания t – кратчайшее расстояние между обработанной и обрабатываемой поверхностями заготовки.

Для точения глубина

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

Скорость резания V :

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

Значения коэффициента C_v и показателей степени, содержащихся в формуле, а так же стойкость T инструмента, применяемого для конкретного вида токарной обработки, приведены в справочник [1,2 т.2].

Исходные данные:

1. Заготовка, ее материал.
2. Общий припуск на обработку.
3. Диаметр заготовки $D = \dots$, мм.
4. Диаметр детали (после обработки) $d = \dots$, мм.
5. Длина обрабатываемой поверхности $l = \dots$, мм.
6. Требуемая шероховатость $Ra = \dots$, мкм.
(Задание выдается преподавателем).

При расчете режимов резания необходимо:

- выбрать тип, размеры и геометрические параметры резца;
- выбрать станок;
- рассчитать элементы режима резания по мощности привода главного движения резания, крутящему моменту, прочности резца;
- произвести расчет времени;

Провести проверку эффективности выбранного режима резания и оборудования.

1. Выбор токарного резца

Исходя из общего припуска на обработку и требований к шероховатости поверхности, обработку проводим в один или два прохода (черновое и чистовое точение). Исходя из заданного обрабатываемого материала выбираем материал режущей части инструмента [3], например, для обрабатываемой детали из стали, выбираем материал Т15К6, для обработки чугуна - ВК-8.

2. Назначения размеров резца.

В зависимости от выбранного оборудования [1, т.1] выбираем проходной резец (прямой, отогнутый) и принимаем сечение державки, например для станков с ЧПУ, $H \times B = 20 \times 20$ [3].

3. Назначение геометрических параметров режущей части резца.

В зависимости от материала режущей части резца и условий обработки выбираем форму передней поверхности резца (для чернового и чистового точения). Согласно ГОСТ18877-73 или справочника выбираем геометрические параметры резца [3].

4. Назначение глубины резания.

При чистовом точении глубину резания принимаем $t_2 = 1$ мм, а глубину резания для чернового точения определяем по формуле: $t_1 = h/2 - t_2$. мм.

5. Назначение величины подачи [1, 2 т.2]

При черновой обработке выбираем подачу в зависимости об обрабатываемого материала, диаметра заготовки и глубины резания в пределах $0,6 \dots 1,2$ мм/об.

При чистовой обработке подачу выбирают в зависимости от шероховатости поверхности и радиуса при вершине резца, который можно принять, например, 1,2 мм при $S = 0.2$ мм/об.

Выбранные подачи необходимо уточнить по паспортным данным выбранного станка.

4. Определяем скорость резания по формуле

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y}, \quad (1)$$

все параметры выбираются из справочника (1).

4.1. Определяем частоту вращения шпинделя, об/мин по формуле

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

4.2. Определяем фактическую скорость резания, V_ϕ , м/мин:

$$V_\phi = \frac{D\pi n}{1000}, \text{ м/мин.}$$

5. Проверка выбранного режима по мощности привода шпинделя станка:

- по мощности

Мощность, затрачиваемая на резание N_p , должна быть меньше или равна мощности на шпинделе $N_{шп}$:

$$N_p \leq N_{шп} = N_\Delta \eta, \quad (2)$$

где N_Δ – мощность электродвигателя станка, кВт; η – КПД привода станка.

Мощность резания определяется по формуле:

$$N_\Delta = \frac{P_Z V_\phi}{1000}, \quad (3)$$

где P_Z – сила резания, Н; V_ϕ – фактическая скорость резания, м/с.

Для определения мощности резания определяется сила резания при черновой (или чистовой) обработки. Сила резания при точении рассчитывается по следующей формуле:

$$P_Z = 9,81 C_p t_1^x S_1^y V_\phi K_p,$$

где C_p – коэффициент, учитывающий свойства обрабатываемого материала режущей части резца, а так же условий обработки резания. Коэффициент и показатели степени выбираются из справочника [1, 2 т.2]; K_p – общий поправочный коэффициент, численно равный произведению ряда коэффициентов, каждый из которых отражает влияние определенного фактора на силу резания:

$$K_p = K_{\mu p} K_{\phi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{r p},$$

Где $K_{\mu p}$ – поправочный коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала, определяется по формуле

$$K_{\mu p} = \left(\frac{\sigma}{750} \right)^{0.75},$$

где: поправочный коэффициент $K_{\phi p}$, учитывающий главный угол в плане резца; поправочный коэффициент $K_{\gamma p}$, учитывающий передний угол резца; поправочный коэффициент $K_{\lambda p}$, учитывающий угол наклона главного лезвия; поправочный коэффициент K_{rp} - учитывает радиус при вершине резца, определяется для резцов из быстрорежущей стали, все значения коэффициентов выбирается из справочника [2. т.2].

Далее рассчитывается мощность резания, кВт. Мощность резания определяется по формуле (3). Полученные значения сравниваются с мощностью на шпинделе, формула (2).

Если $N_p < N_{шт}$, то выбранный режим резания удовлетворяет условия по мощности на шпинделе станка, если $N_p > N_{шт}$, то необходимо произвести замену выбранных режимов резания, или выбрать другой станок [1.т.1].

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ:

1. Изучить элементы режимов резания.
2. Изучить виды токарных станков.
3. Провести расчет режимов резания для заданной детали.
4. Сделать вывод и правильности выбора оборудования для рассчитанных режимов резания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дальский, А.М. Справочник технолога-машиностроителя, том 2-х т. / А.М. Дальский, Суслов А.Г., Косилов А.Г. и др. – М.: Машиностроение-1, 2003. - 760 с.
2. Косилов, А.Е. Справочник технолога машиностроителя, т.2 / А.Е.Косилова, Р.К.Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1985. – 497 с.
3. Ординарцев, И.А, Справочник инструментальщика / И.А. Ординарцев, Г.В. Филиппов Г.В, А.Н. Шевченко. – Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1987. – 846 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА НА ЕГО ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучить физико-механические и химические свойства двух заданных материалов и их влияние на обрабатываемость.
3. Исследовать силы резания при обработке двух различных по физико-механическим и химическим свойствам материала по возникающим в процессе сил резания, а так же влияния на силы резания режимов резания t , подачи S и скорости резания V на составляющие силы резания.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучение физико-механические и химические свойства исследуемых материалов (сталь, чугун, алюминий).
2. Ознакомление с содержанием работы и приборами для измерения сил резания.
3. Назначение режимов резания (t , S , V) для исследование сил резания.
4. Получение значений сил резания с учетом выбранных материалов и режимов резания их обработки.
6. Выполнение анализа полученных значений сил резания с учетом выбранных режимов резания.
7. Провести расчет сил резания для заданных материалов по справочнику «Технолога машиностроителя» для сравнения полученных измеренных результатов.
7. Оформление отчёта и формулирование выводов по работе.

ВЛИЯНИЕ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ МАТЕРИАЛА НА СИЛЫ РЕЗАНИЯ

Способность металлов поддаваться резанию принято называть обрабатываемостью. Понятие «обрабатываемость» охватывает совокупность нескольких технологических свойств материала, характеризующих его влияние на различные стороны процесса резания

Параметры, характеризующие обрабатываемость:

- 1) силы резания и потребляемая мощность;
- 2) легкость ломания и отвода стружки, определяемая ее деформацией и характером стружкообразования;

3) возможность получения обработанных поверхностей с минимальной или заданной шероховатостью, степенью и глубиной наклепа и других характеристик качества поверхностного слоя;

4) легкость получения необходимой точности обработки при чистовых и отделочных операциях, определяемой для заданной технологической системы интенсивностью изнашивания инструмента, возникающими при резании силами и их изменением по мере затупления инструмента;

5) скорость резания v_T , соответствующая заданному периоду стойкости T при износе инструмента до принятого критерия затупления h_z (например, v_{60} , v_{120} или $v_h=0,4$);

6) оптимальная скорость резания v_0 , при которой наблюдается наименьшая интенсивность изнашивания инструмента и наименьший относительный поверхностный износ $h_{0,II}$;

7) экономическая скорость резания $v_э$, при которой достигается наименьшая себестоимость обработки условной детали при заданных стоимости станко-минуты, времени на смену затупившегося инструмента и стоимости его эксплуатации за период стойкости.

Разработанные способы оценки обрабатываемости можно разделить на три группы:

К первой группе относятся способы, основанные на сопоставлении и анализе интенсивности изнашивания режущего инструмента. Он заключается в определении зависимостей различных материалов $v=f(T)$.

Во второй группе способов оценки обрабатываемости физическими параметрами процесса резания являются силы резания, угол сдвига, угол трения, усадка стружки, уровень температур в зоне резания (или термоЭДС) и др.

Перспективным направлением является *третья группа* способов оценки обрабатываемости, где используются сведения о физических и механических свойствах материалов.

СТРУКТУРА ОТЧЁТА

1. Описание физико-механических и химических свойств исследуемого материала.

2. Проведение эксперимента по выбранным режимам резания. Заполнение протокола измерения:

3. Проведение анализа влияния физико-механических и химических свойств на обрабатываемость материалов.

4. Расчет (по справочной литературе 1 и 2) сил резания для исследуемых материалов с учетом выбранных режимов резания для проведения сравнения измеренных с расчетными значениями.

5. Выводы по обрабатываемости исследуемых материалов

ПРОТОКОЛ ИЗМЕРЕНИЯ СИЛ РЕЗАНИЯ

| Серии | № опыта | Условия обработки | | | | | | | | Силы резания при обработке | | | Примечание |
|----------|---------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|------------|
| | | <i>n</i> об/ мин | <i>V</i> м/ мин | <i>S</i> мм/ об | <i>t</i> мм | <i>γ</i> град | <i>D</i> мм | <i>a</i> мм | <i>b</i> мм | <i>P_x</i> Н | <i>P_y</i> Н | <i>P_z</i> Н | |
| Сталь | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | |
| Чугун | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | |
| Алюминий | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | |

ЛИТЕРАТУРА:

1. Косилова, А.Е. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. / А.Е.Косиловой и Р.К.Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1985.
2. Общемашиностроительные укрупнённые нормативы режимов резания для многоцелевых станков фрезерно-сверлильно-расточной группы. М. 1986.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

1. Перед началом работы изучить методические указания, особенно по выполнению практической части.
2. Практическая часть лабораторной работы на станках выполняется организованно под руководством учебного мастера.
3. Включать, переключать и выключать станок в процессе лабораторной работы без разрешения учебного мастера не разрешается.
4. При проведении экспериментов на станке следует соблюдать все меры предосторожности.
5. Ручки исследовательской аппаратуры без надобности не переключать.
6. К вращающимся частям станка в процессе лабораторной работы не прикасаться.
7. В плоскости отлетающей от станка стружки не стоять.
8. По окончании лабораторной работы студенты должны привести в порядок станок.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Изучение методов, технологии и оборудование физико-химической обработки материалов.
2. Проведение исследования физико-химических методов обработки и влияния режимов обработки на точность поверхности детали.

Электроэрозионные методы обработки токопроводящих материалов и сплавов основаны на использовании преобразуемой в тепло энергии импульсных электрических разрядов, возбуждаемых между инструментом и изделием. В зависимости от вида электрического разряда (искра, дуга), параметров импульсов тока, напряжения и других условий электроэрозионная обработка подразделяется на

- электроискровую,
- электроимпульсную,
- электроконтактную и
- анодно-механическую.

МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Электроискровая установка (рис. 1), в зависимости от режима работы, может обеспечивать точность результата в широких пределах. Если требуется высокая производительность при относительно невысоких требованиях к состоянию поверхности (I и II класс), то используются токи 10-60 А при напряжении до 220В. В этом случае электроискровая эрозия может удалить из зоны реза или сверления металл в объеме до 300 мм³/мин. При более высоких показателях класса точности — VI и VII, производительность снижается до 20-30 мм³/мин, но и токи требуются поменьше, не более 1 А при напряжении до 40 В.

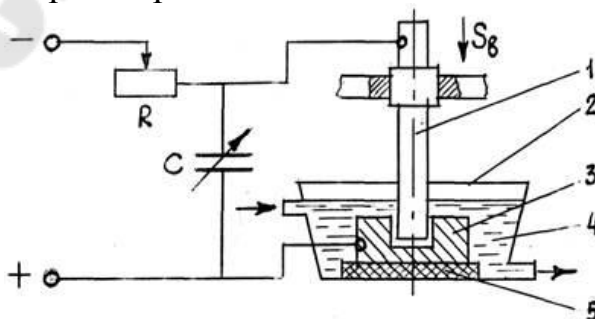


Рис. 1. Схема электроискрового станка: 1 - электрод -- инструмент; 2 - ванна; 3 - заготовка; 4 - диэлектрическая жидкость; 5 - пластина изолирующая.

В качестве генератора импульсов использовалась батарея конденсаторов (С), заряжаемых от источника постоянного тока; время зарядки конденсаторов регулировали реостатом (R). Так появилась первая в мире электроэрозионная установка. Электрод-инструмент 1 перемещали к заготовке 3. По мере их сближения возрастала напряженность поля в пространстве между заготовкой и инструментом. Это пространство называют межэлектродным промежутком (МЭП) или просто промежутком (зазором).

При достижении определенной напряженности поля на участке с минимальным расстоянием между поверхностями электродов (минимальным электродным зазором), возникал электрический разряд (протекал импульс) тока, под действием которого происходило разрушение участка заготовки. Продукты обработки попадали в диэлектрическую жидкость 4, где охлаждались, не достигая электрода-инструмента 1, и затем осаждались на дно ванны. Через некоторое время электрод-инструмент 1 прошил заготовку.

В зависимости от требуемой чистоты поверхности в процессе обработки применяют различные режимы. Грубые режимы дают возможность получать высокую производительность, но меньшую чистоту и точность обработки. Чистовые режимы позволяют получить малую шероховатость поверхности и высокую точность. Средние режимы обеспечивают промежуточные значения по точности и шероховатости поверхности.

Таблица - Режимы работы электроискровой установки

| Номер режима | Рабочая сила тока, А | Сила тока короткого замыкания, А | Напряжение, В |
|--------------|----------------------------|----------------------------------|---------------|
| 1 | Чистовой режим, 0,5...0,7 | 2,5 | 15 |
| 2 | 0,7...1,2 | 3,0 | 25 |
| 3 | Средний режим 1,2...1,5 | 3,5 | 45 |
| 4 | 1,5...2,0 | 4,5 | 75 |
| 5 | Грубые режимы 2,0...2,5 | 4,8 | 140 |
| 6 | 2,5...3,0 | 5,0 | 200 |

При грубых режимах можно получить покрытия толщиной до 0,5 мм, при мягких – до 0,2 мм. Для большинства металлов скорость наращивания составляет 100...150 мкм/с, глубина зоны термического влияния находится

в пределах 0,2...0,8 мм. Лучшими материалами для упрочнения считают хромомарганец и сплав Т15К6.

При электрическом тепловом разряде температура канала достигает 10000°C , что вызывает плавление металла электродов и частичное испарение. Процесс может протекать как в жидкой, так и газообразной среде. Для питания установок применяют постоянный ток. В зависимости от применяемой среды и полярности тока металл анода и частично катода может выбрасываться из зоны разряда и удаляться циркулирующей жидкостью либо возвращаться на деталь.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Весь процесс электроэрозионной обработки характеризуется сложными явлениями различного характера: процессами в канале разряда и на электродах; тепловыми процессами; газо- и гидродинамическими явлениями; термомеханическими процессами и др. И все это обеспечивает получение за каждый разряд единичного следа на обрабатываемой поверхности – единичной лунки (рис. 2).

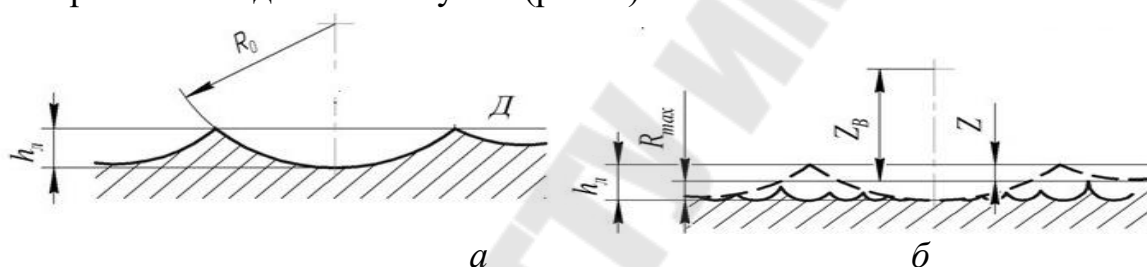


Рис. 2 – Параметры лунки, полученной при единичном разряде в процессе первого (а) и второго (б) проходов

Единичные лунки характеризуются радиусом R_0 , глубиной h_n и их соотношением

$$K = R_0 / h_n.$$

Условно можно допустить, что после первого прохода на поверхности Д (рис. 2 а) появляется волна углублений (лунок) с радиусом R_0 . При этом удаляется материал заготовки в объеме каждой лунки, определенной глубиной h_n .

При втором проходе (рис. 1 б), если разряды приходятся на вершины первоначальной волны, происходит уже сьем слоя металла величиной Z с образованием поверхности с шероховатостью

$$R_{max} = R_0 - Z.$$

Размер образуемой лунки во многом зависит от энергии воздействующего импульса. Для определения параметров шероховатости Rz при массивном воздействии разрядов можно использовать эмпирическую формулу

$$R_z = \frac{\beta^2}{3k^3 \sqrt{W_u}}, \text{ мкм},$$

где β – коэффициент перекрытия лунок; k – коэффициент, зависящий от материала электрода и длительности импульса; W_u – энергия импульса, Дж.

В зависимости от режима и обрабатываемого материала электроэрозионная обработка обеспечивает следующую шероховатость поверхности: после обработки твердых сплавов на электроискровом режиме $Ra = 0,2...0,3$ мкм; после обработки сталей $Ra = 0,3...0,6$ мкм. После обработки на электроимпульсном режиме $Rz = 20...40$ мкм; при шлифовании в жидкости $Ra = 0,5...0,8$ мкм; при разрезании $Rz = 80...200$ мкм; при электроконтактном обдирочном шлифовании и разрезании на воздухе $Rz = 150...400$ мкм. При упрочнении и легировании высота неровностей повышается с увеличением толщины наносимого слоя и составляет $Rz = 10...200$ мкм.

В процессе электроэрозионной обработки удаление металла с заготовки происходит за счет серии импульсов, воздействующих на участки поверхности. При этом форма и размеры лунки будут отличаться от параметров углубления после единичного разряда. На рис. 3 показано изменение диаметра d_n и глубины h_n лунки.

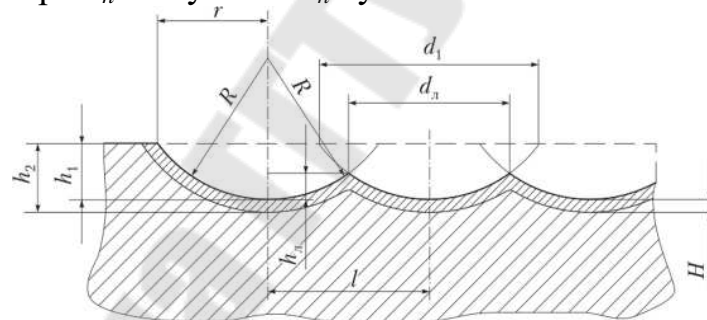


Рис. 3. Изменение диаметра и глубины лунки.

Если допустить, что размеры всех лунок на участке поверхности, где измеряют шероховатость, одинаковы, то можно считать $Rz \sim \kappa_d$. Так как размер лунки зависит от энергии импульса, то высоту неровностей на обрабатываемой поверхности можно определить так:

$$Rz = k_H A_{\text{имп}}^p,$$

При электроэрозионной обработке используются два вида разряда: *искровой* и *дуговой*. При искровой обработке удаление материала происходит за счет серии импульсов, действующих на смежные участки. Поэтому форма и размеры лунки будут отличаться от углубления после единичного разряда. С увеличением частоты электроискровые разряды сливаются и возникает электрическая дуга. При дуговом разряде

температура в канале проводимости ниже на $5 \cdot 10^3 - 6 \cdot 10^3$ °C по сравнению с искровым зарядом.

Качество поверхности деталей, подвергнутых электроэрозионной обработке, характеризуется шероховатостью, физико-химическими и физико-механическими свойствами поверхностного слоя.

Основными параметрами импульса являются: длительность, амплитуда, частота энергии импульсов; мощность обработки, износ электродов.

Длительность импульса τ_u – это время действия импульса электрического тока. При электроэрозионной обработке используются импульсы продолжительностью $10^{-7} - 10^{-1}$ с. Длительность импульса при черновой обработке стали $\tau_u = 10^{-5} \dots 2 \cdot 10^{-4}$ с., при чистовой обработке $\tau_u = 5 \cdot 10^{-5} \dots 2 \cdot 10^{-4}$ с. При обработке твёрдых сплавов длительность импульсов сокращается на 2...3 порядка.

Пауза τ_n – промежуток времени между двумя последовательными импульсами.

Период T – промежуток времени, через который наблюдается повторение начала или окончания импульсов (длительность T не превышает 10^{-2} сек.

$$T = \tau_u + \tau_n.$$

Концентрация энергии определяется величиной скважности, которая представляет отношение периода повторений импульсов T к длительности импульсов τ_u .

$$q = \frac{T}{\tau_u}.$$

При $q = 1$ импульсы тока действуют непрерывно и поэтому непрерывно тепловая энергия подводится к обрабатываемому материалу. Целесообразно, чтобы процесс образования отдельной лунки заканчивался несколько раньше начала воздействия следующего импульса. Поэтому диапазон скважностей обычно находится в пределах 1–30. При $q > 30$ считают, что на обрабатываемую поверхность действуют не периодичные, а одиночные импульсы.

Оптимальная длительность импульса равна

$$\tau_u = 1,27 \cdot \frac{\left[K_m \cdot C \cdot \rho \cdot t_{пл} \cdot \left(1 + \frac{q_{пл}}{C \cdot t_{пл}} \right)^2 \right]}{B_0^2} \cdot W_i^{2/3},$$

где K_m – коэффициент, зависящий от свойств материала см/дж; C – теплоёмкость, Дж/К; ρ – плотность, кг/м³; $t_{пл}$ – температура плавления материала, °C; $q_{пл}$ – тепловой поток, Вт; B_0 – коэффициент, зависящий от теплофизических констант; W_i – энергия импульса, Дж.

Амплитуда импульса силы тока колеблется в широком интервале от долей ампера до десятков тысяч ампер. Амплитуда колебаний напряжения импульса изменяется в более узком диапазоне от десятков до нескольких сотен вольт.

Частота f импульсов определяется количеством импульсов в единицу времени

$$f = \frac{1}{T}.$$

При электроэрозионной обработке диапазон частот изменяется в диапазоне $10^2 \dots 2 \cdot 10^6$ Гц.

Энергия импульса – это работа A_i , совершаемая единичным импульсом, которая изменяется в пределах от 1,001...50 Дж.

Мощность обработки W численно равна произведению энергии импульса W_i на частоту их следования f , т. е.

$$W = W_i \cdot f.$$

Скорость съёма Q процесса электроэрозионной обработки оценивается объёмом или массой материала, удаляемого в единицу времени. В зависимости от величин, выражающих количество материала (объём или масса) различают объёмную или массовую скорость съёма.

В общем случае скорость съёма можно представить в виде зависимости от энергии импульсов

$$Q = k \cdot f \cdot W_i, \text{ мм}^3/\text{мин},$$

где k – коэффициент, учитывающий теплофизические свойства обрабатываемого материала.

Относительный объёмный износ электрода-инструмента – отношение износа электрода-инструмента, к количеству материала, удаляемого за это же время с электрода-заготовки

$$V_{об} = \frac{V_{эи}}{V_{эз}} \cdot 100 \%,$$

где $V_{эи}$ – объём износа электрода-инструмента; $V_{эз}$ – объём удалённого металла электрода-заготовки.

Относительный линейный износ, %

$$V_{лин} = \frac{\Delta l_{эн}}{l_{отв}} \cdot 100 \%,$$

где $\Delta l_{эн}$ – изменение линейного размера электрода-инструмента; $l_{отв}$ – глубина прошитого отверстия

Износ электроэрозионных инструментов зависит от материала, из которого он изготовлен, от параметров электрического импульса, площади обрабатываемой поверхности, скорости прокачки жидкости. При обработке медными или латунными электродами относительный износ может

составлять 45...140 %. При обработке меднографитовыми электродами относительный износ составляет 0,1...4 %.

Напряжение 8-10 В, сила тока 150...200А.

Длительность импульса T не превышает 10^{-2} сек

диапазон частот следования импульсов 0,1—100 кГц, длительность импульсов 3—9000 мксек, максимальная мощность 7,5 квт, номинальная сила тока 125 а. Диапазон рабочих напряжений, вырабатываемых для электроискровой обработки, — 60—200 в.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Выбрать режимы обработки детали электроискровым методом.
2. Провести обработку поверхности детали электроискровым методом.
3. Выполнить снимки поверхностей обработанных деталей с применением микроскопа.
4. Сравнить параметры шероховатости образцов (фотографий) обработанных поверхностей и сделать вывод об уровне их точности согласно выбранным режимам обработки.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие виды физико-химической обработки вы знаете.
2. Где используются физико-химические виды обработки
3. Производительность физико-химической обработки.
4. Режимы физико-химической обработки.
5. Виды инструмента физико-химической обработки
6. Режимы работы электроискровой обработки.
7. Схема электроискровой обработки.