

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Брестский политехнический институт
кафедра технологии машиностроения

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторной работе по дисциплине
"Тепловые процессы в технологических системах"

"ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ТОЧЕНИИ"

Для студентов специальности Т.03.01

УДК 621.002 (075,8) -

В методических указаниях изложено описание современных методов экспериментальных исследований тепловых процессов при резании металлов. Даны теоретические сведения об источниках выделения и распределении тепла при резании. Описана методика проведения экспериментов по исследованию влияния режимов резания на температуру резания с помощью естественной термопары, а также методика математической обработки экспериментальных данных с целью получения эмпирической формулы для расчёта температуры резания. Методические указания по дисциплине "Тепловые процессы в технологических системах" предназначены для студентов специальности Т.03.01 "Технология, оборудование и автоматизация машиностроения" дневной и заочной форм обучения.

Составитель: М.А. Ермолаев, доцент, к. т. н.

Рецензент: Ю.И. Площев, заместитель гл. инженера БМЗ, доцент

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ТОЧЕНИИ

Цель работы: ознакомление с методами измерения температуры в зоне резания; приобретение навыков определения температуры в зоне резания, обработки экспериментальных данных и получения эмпирических зависимостей; установление влияния на среднюю контактную температуру зоны резания скорости, подачи и глубины резания.

1. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Одним из главных факторов, определяющих характер и результаты процесса резания, является теплота, образующаяся в зоне резания. Законы теплообразования объясняют целый ряд явлений, связанных со стойкостью инструмента и качеством обработанной поверхности. Чтобы правильно использовать режущий инструмент, необходимо знать эти законы.

Основными источниками возникновения теплоты при резании металлов являются:

- работа, затрачиваемая на деформации в срезаемом слое и в поверхностных слоях детали, $A_{\text{деф}}$;
- работа, затрачиваемая на преодоление трения по передней и задней поверхностям инструмента, $A_{\text{тр.п.п}}$, $A_{\text{тр.з.п}}$.

Суммарная работа, затраченная на процесс резания, будет равна:

$$A = A_{\text{деф}} + A_{\text{тр.п.п}} + A_{\text{тр.з.п}}$$

Работа резания, произведенная за одну секунду, равна:

$$W = P_z \cdot v,$$

где P_z — главная составляющая силы резания; v — скорость резания.

Установлено, что практически вся механическая работа резания (99.5%) переходит в теплоту.

Небольшая часть работы переходит в потенциальную энергию искаженной кристаллической решетки деформированных зерен металла. Это связано с тем, что стружка, обработанная поверхность претерпевают наклеп. Обычно этими потерями пренебрегают. Следовательно, общее количество тела, выделившееся при резании, зависит от деформации срезаемого слоя и трения на контактных площадках передней и задней поверхности инструмента. Образовавшаяся в процессе резания теплота уносится стружкой, распространяется в деталь, резец и окружающую среду. Уравнение теплового баланса при резании будет иметь следующий вид:

$$Q = Q_{\text{деф}} + Q_{\text{тр.п.п}} + Q_{\text{тр.з.п}} = Q_c + Q_d + Q_{\text{ин}} + Q_{\text{о.ср}},$$

Где - $Q_{\text{деф}}$, $Q_{\text{тр.п.п}}$, $Q_{\text{тр.з.п}}$ - соответственно теплота, выделившаяся в результате работы деформации, трения по передней поверхности инструмента, трения по задней поверхности инструмента; Q_c , Q_d , $Q_{\text{ин}}$, $Q_{\text{о.ср}}$ -соответственно теплота, распространяющаяся в стружку, деталь, инструмент, окружающую среду.

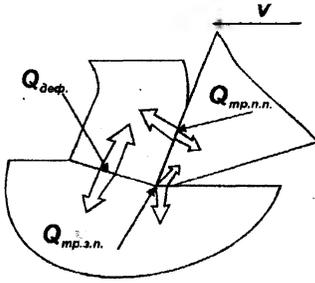


Рис. 1

Опытным путем установлено, что $Q_{\text{дэф}}$ составляет примерно 55%, $Q_{\text{тр.п.п}}$ - 35%, $Q_{\text{тр.з.п}}$ - 10%. При невысоких скоростях резания (30...40 м/мин) Q_c составляет примерно 60...70%, Q_d - 30...40%, $Q_{\text{ин}}$ - 3%.

Если скорость резания значительно повышается, то тепло, образовавшееся в зоне резания, не успевает распространяться в деталь и инструмент, а уносится стружкой. Например, при $V = 400...500$ м/мин Q_c составляет 97...98%, $Q_{\text{ин}}$ - 1%.

На распределение тепла значительно влияет теплопроводность обрабатываемого материала. Например, при обработке титановых сплавов $Q_{\text{ин}} = 10...20\%$.

Степень концентрации теплоты в различных участках изделия, стружки и инструмента различна. Большое количество тепла концентрируется в определенных зонах, сильно повышает их температуру. Поэтому различные точки рабочих поверхностей инструмента стружки и детали имеют различную температуру, доходящую до нескольких сотен градусов. Образуются температурные поля. Высокая температура изменяет свойства металла и определяет фактическую износостойкость инструментального материала. Температурные деформации детали снижают точность обработки. Поэтому важно знать, какие возникают температуры в различных условиях резания и каков характер их распределения при изменении условий работы.

Зависимости для расчета температуры резания выводятся двумя путями:

- определяются теоретически на основе теории теплоотдачи;
- находятся по эмпирическим формулам, полученным путем непосредственного измерения температуры при изменении условий резания.

Таким образом, на основе теоретических и экспериментальных исследований можно показать зависимость температуры резания, а также температуры режущего инструмента и обрабатываемой детали от различных факторов.

1.2. Методы экспериментального исследования тепловых процессов

1.2.1. Классификация методов.

Изучение тепловых процессов в технологических системах тесно связано с проведением экспериментов по измерению температур на различных участках инструмента, заготовки или оборудования, а также с определением мощности и плотности тепловых потоков.

Методы измерений зависят от поставленной цели, технических возможностей и требуемой точности измерения. Целью постановки экспериментов могут служить следующие:

1. Температурное поле внутри тела.
2. Распределение температур по поверхности.

3. Средняя температура на поверхности.
4. Локальная температура.
5. Определение мощности источников тепловыделения.

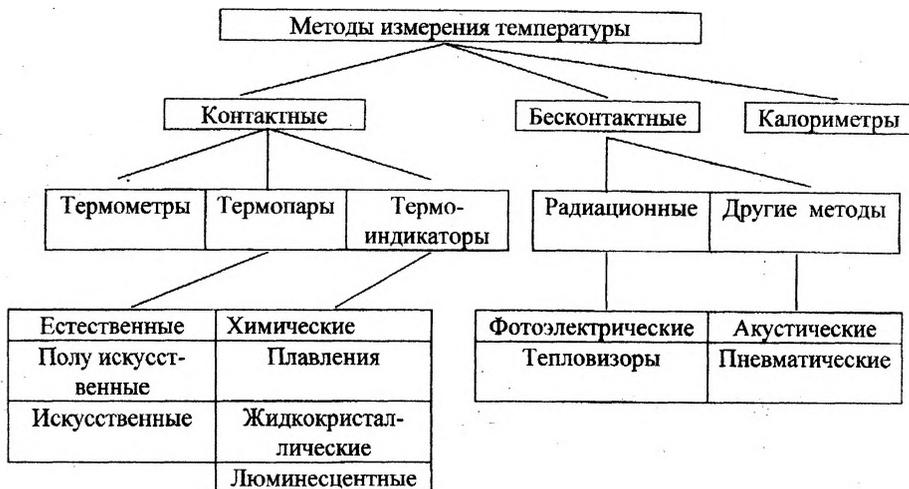


Рис. 2

1.2.2. Контактные методы измерения температур.

▪ Термометры.

Применяются в основном для измерения температуры жидкостей, газов и расплавов. Кроме обычных термометров, в которых используется тепловое расширение специальных жидкостей, бывают манометрические и механические.

В манометрических термометрах в небольшом резервуаре (теплоприёмнике) содержится жидкость или газ. В результате нагрева происходит их расширение, и в замкнутом объёме создаётся избыточное давление, которое воспринимается чувствительным элементом (манометрической пружиной) и вызывает перемещение указателя на шкале прибора.

Измерение температуры механическими термометрами основано на изменении термической деформации биметаллического элемента, состоящего из двух слоёв металлов или сплавов с различными коэффициентами теплового расширения.

Обычные термометры позволяют наблюдать температуру объекта только вблизи места измерения, так как отсчётная шкала находится на самом приборе. В манометрических термометрах теплоприёмник, обычно соединён с измерительным устройством тонким и длинным капилляром, что позволяет наблюдать результаты измерений на некотором удалении от объекта.

Механические термометры в процессе измерения могут развивать достаточно большие усилия, что позволяет использовать их в качестве устройств, автоматизирующих процесс. Например, различные выключатели.

▪ Термопары.

В термопарах используется явление, открытое в 1821 г. Зеебеком. Это явление состоит в том, что в замкнутой цепи из двух разнородных металлических проводников А и В (Рис. 3) температура спаев которых поддерживается различной (Θ_1 , Θ_2), возникает электрический ток. Электродвижущую силу в такой цепи называют термоэлектродвижущей силой или сокращённо термо ЭДС.

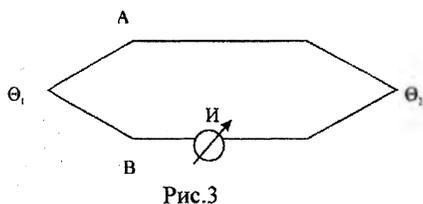


Рис.3

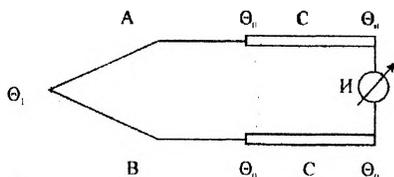


Рис. 4

Существуют следующие эмпирические законы для термоэлектрических цепей.

1. В замкнутой цепи, состоящей из одного проводника, термо ЭДС не генерируется даже при наличии перепада температур. Следовательно, термо ЭДС в цепи термопары не зависит от распределения температур вдоль проводников, а зависит только от температуры спаев. С первым законом связано применение наиболее распространённой схемы измерения, при которой температура Θ_0 свободных концов проводников А и В и поддерживается одинаковой и постоянной (например, комнатной), а спай АВ - находится при измеряемой температуре Θ . При этом сигнал термопары является только функцией измеряемой температуры.

2. Алгебраическая сумма термо ЭДС в цепи, состоящей из любого числа проводников из различных металлов, равна нулю, если вся цепь находится при одной температуре. Из этого следует, что при введении в контур, содержащий два разнородных проводника А и В (Рис. 4) с температурами спаев Θ и Θ_0 третьего проводника С, находящегося при одинаковой по всей длине температуре Θ_0 ЭДС термопары не меняется. Следовательно, в цепь термопары можно вводить измерительный прибор И или дополнительные удлиняющие провода С, если их температура сохраняется постоянной.

В технологических экспериментах применяют три вида термопар: искусственные (Рис. 5), полуискусственные (Рис.6), естественные (Рис. 7). **Искусственная термопара** состоит из двух проводников, не имеющих непосредственного отношения к инструменту, заготовке или детали оборудования, температуру которых измеряют; проводники и спай термопары служат только для измерения температуры интересующего объекта. В **полуискусственной термопаре** только один проводник не принадлежит компонентам технологической подсистемы, а второй присутствует в ней естественно, выполняя какую-либо функцию в процессе обработки. Это может быть материал инструмента, заготовки или детали оборудования, включённой в цепь термопары и находящейся в надёжном контакте с первым проводником.

В **естественной термопаре** оба проводника, образующие спай, естественно присутствуют в технологической подсистеме, участвуя в ней в качестве технологических компонентов.

Для изготовления термопары в принципе могут использоваться любые пары разнородных металлов, однако наиболее приемлемы так называемые термоэлектродные сплавы, удовлетворяющие следующим требованиям.

1. Термо ЭДС сплава должна быть достаточно большой, для того чтобы её мож-

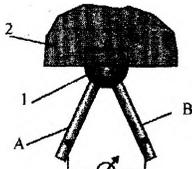


Рис. 5

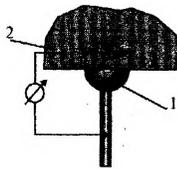


Рис. 6

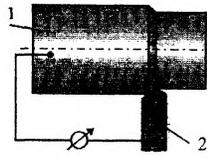


Рис. 7

но было измерять с нужной точностью; она должна быть непрерывной и однозначной (желательно линейной) функцией температуры.

2. Температура плавления или размягчения сплава должна быть выше, чем измеряемая температура поверхности.

3. Термоэлектродные сплавы должны быть коррозионно-стойкими.

4. Термоэлектродные сплавы должны сохранять свои свойства неизменными в процессе эксплуатации и градуировки.

5. Эти материалы должны быть достаточно прочными и пластичными.

Перечисленным свойствам в той или иной степени удовлетворяют следующие пары сплавов.

Медь-константан, медь-копель, железо-константан, хромель-копель, хромель-константан, хромель-алюмель. Пределы измерения примерно от 0 до 1000 °С.

Величину термо ЭДС термопары определяют по результатам градуирования (тарирования).

Тарирование термопары заключается в том, что определяется соответствие значений температуры показаниям вольтметра, включенного в цепь термопары.

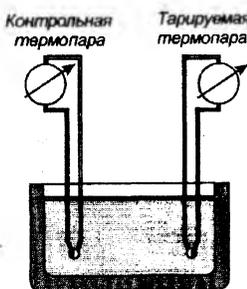
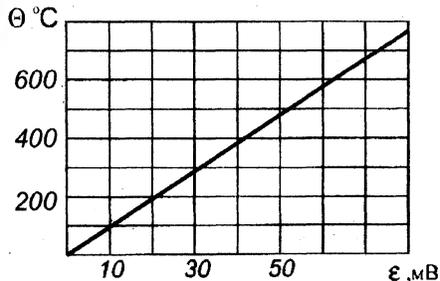


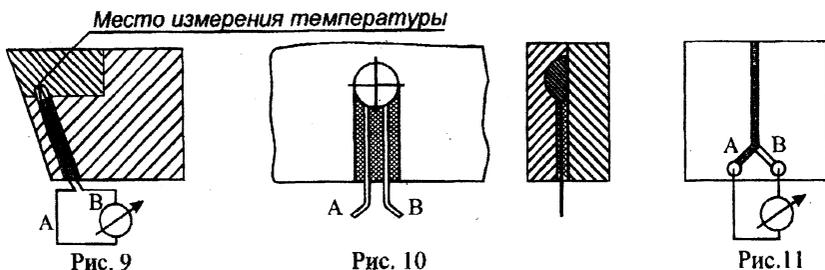
Рис. 8



Для этого помещают спай термопары в среду, температура которой известна, и фиксируют показания милливольтметра соответствующие, соответствующие разным температурам. Затем строится тарировочный график, по которому расшифровываются показания милливольтметра термопары после проведения опытов. Температура холодных концов при тарировке должна быть такой же, как в процессе работы.

Измерение температуры с помощью термопар.

Искусственные термопары применяются для измерения температуры в отдельных точках компонентов технологических систем. Разновидностями искусственных термопар являются прижимные, закладные, перерезаемые, скользящие. С помощью прижимных (привариваемых) термопар, спай которых надёжно прикреплен к поверхности твёрдого тела, например, внутри режущего лезвия, измеряют температуру малого участка нагретой поверхности. Диаметр пятна контакта между спаем термопары и твёрдым телом невелик. Это позволяет в первом приближении результатом измерения считать локальную температуру в точке.



Закладные искусственные термопары, как и прижимные (привариваемые) применяются для измерения локальной температуры малой области (одной точки) внутри твёрдого тела. Использование закладных термопар обычно связано с изготовлением разрезных образцов. Части образца тщательно подгоняют друг к другу по поверхности разреза. Термопара состоит из двух проводников А и В, покрытых тонким слоем изоляции (лак, эмаль). В одной из половинок образца выработывают углубления для проводников и для спая термопары. Термопару укладывают в углубления, и обе половины плотно сжимают. Углубление под термопару делают глубиной немного меньше, чем диаметр спая, поэтому при сжатии половин гарантируется плотный контакт термопары и твёрдого тела. Закладные термопары могут быть в виде плёнок, напылённых, на поверхность разреза образца. Последовательно напыляются слои: - диэлектрик, первый металл, диэлектрик, второй металл, диэлектрик.

Разновидностью искусственных термопар являются перерезаемые (Рис.12) и скользящие (Рис.13) термопары. Перерезаемые термопары можно использовать для непосредственной записи законов распределения температур на поверхностях инструмента, контактирующих со стружкой и поверхностью резания. Скользящая термопара в приведённом примере измеряет температуру на контактной стороне стружки.

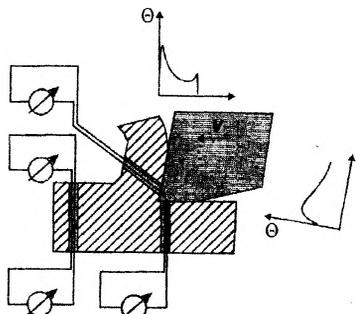


Рис. 12

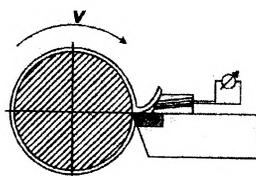


Рис. 13

В полу искусственных термопарах, применяемых в технологических экспериментах, одним из электродов является материал детали системы СПИД, заготовка, или инструмент, а вторым, какой-либо другой металл. Конструкция полу искусственной термопары проще, чем искусственной. Обычно место спая полу искусственной термопары с объектом измерения имеет меньший диаметр. Это позволяет точнее определить локальное значение температуры и уменьшить погрешность измерения, связанную с отгоком тепла в термопару. Вместе с тем, полу искусственная термопара регистрирует температуру непосредственно на площадке контакта между проводником и объектом измерения, а не внутри спая. Недостатком полу искусственных термопар является необходимость

их обязательного тарирования, так как стандартные тарировочные зависимости здесь не приемлемы. Также, как и предыдущие, полу искусственные термопары могут быть прижимные (приваренные) (Рис. 14), перерезаемые и закладные (Рис. 15).

Например, в теле разрезного резца 1 закладывается изолированная от него токопроводящая пластина 2,

Место измерения температуры

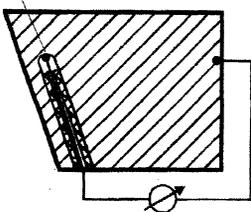


Рис. 14

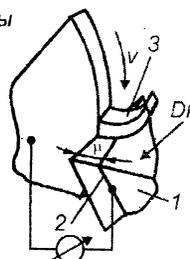


Рис. 15

расположенная под углом μ к режущей кромке. Термо ЭДС, возникающая между стружкой 3 и пластиной, регистрируются измерительным устройством.

Широкое применение **естественных термопар** обусловлено простотой их создания. Тела, температуру которых измеряют, нет необходимости разрушать для установки проводников или заменять моделями. Измерение можно выполнять непрерывно в процессе обработки заготовки, эксплуатации инструмента или функционирования детали машины. Естественные термопары применяют для измерения средней температуры на контактных поверхностях тел, независимо от того, какую форму они имеют или в каких условиях эксплуатации находятся. Естественные термопары имеют и недостатки:

- сложно получить плотный и надёжный контакт между телами, образующими термопару, чтобы его можно было считать спаем (за исключением случая резец-деталь при механической обработке):

- оба тела обязательно должны быть электропроводными (а во многих случаях производится обработка диэлектриков или обработка металлов керамическими материалами);
- естественной термопарой нельзя измерять температуру свободной поверхности;
- возникают существенные трудности при тарировании естественной термопары, поскольку при этом желательно создавать условия контакта между компонентами термопары идентичные или близкие к тем, которые будут иметь место при проведении эксперимента;
- возникают трудности при замыкании термоэлектрической цепи, когда один компоненты ест. термопары подвижны, например, вращаются.

На Рис. 16 представлены два варианта подключения естественной термопары при измерении температуры резания при точении.

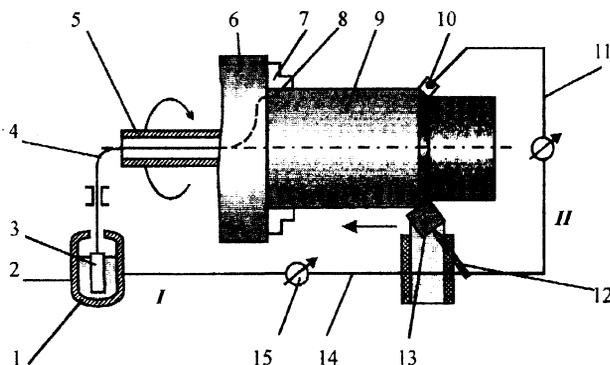


Рис. 16

1. Медная ванночка. 2. Ртуть. 3. Медный стержень. 4. Гибкий тросик. 5. Шпиндель.
6. Планшайба. 7. Кулачок. 8. Проводник. 9. Заготовка. 10. Скользящий токосъемник. 11. Провод. 12. Токосъемный стержень. 13. Режущая пластина. 14. Проводник. 15. Измерительный прибор.

Токосъемный стержень должен изготавливаться из того же материала, что и режущая пластина, а скользящий токосъемник из того же материала, что и обрабатываемая заготовка. В противном случае могут возникать паразитные термо ЭДС вследствие возникновения дополнительных термопар в местах контакта токосъемников с заготовкой и режущей пластиной. Простота и надёжность естественных термопар, а также возможность оценки хода рабочего процесса по уровню контактных температур, позволяют применять такие термопары в устройствах для автоматического регулирования.

• Термоиндикаторы.

Термоиндикаторы - это вещества, реагирующие на температуру поверхности, на которую они нанесены.

Химические термоминдикаторы под влиянием нагрева до определенной температуры резко меняют свой цвет в связи с химическим взаимодействием веществ, входящих в их состав. Изменение может быть необратимым либо обратимым. Цветовых переходов может быть один или несколько. Такие индикаторы выпускаются промышленностью в виде красок, лаков и карандашей. Их наносят тонким слоем на поверхность нагреваемого тела.

Современные индикаторы позволяют судить о температуре с погрешностью до 10 %.

При необходимости исследовать температурное поле с более высокой точностью применяют **термоминдикаторы плавления**. Это тонкие плёнки чистых металлов, температура плавления которых известна. Эти плёнки напыляют на поверхность исследуемого тела. Плёнки имеют толщину 3 - 5 мкм. Их наносят в порядке, обратном возрастанию температуры их температуры плавления. По окончанию теплового процесса по контурам областей оплавления плёнок можно судить об изотермах температурного поля на теле либо внутри него, если плёнки нанесены на поверхность разреза образца.

Жидкокристаллические термоминдикаторы в определённом интервале температур переходят в жидкокристаллическое состояние. Они обладают свойством реагировать на температуры в их очень узком диапазоне. Например, один из индикаторов в интервале температур 174-177 градусов изменяет свой цвет от красного до фиолетового, переходя через ряд оттенков. Вне этой области индикатор бесцветен.

Люминесцентные индикаторы являются разновидностью люминофоров, которые в зависимости от температуры изменяют яркость свечения или цветовой тон.

Основные преимущества термоминдикаторов:

- из-за малой толщины они практически не меняют теплофизическую обстановку в изучаемом объекте;
- они не требуют никаких дополнительных устройств и приборов, включаемых в измерительные цепи;
- результаты измерений не зависят от посторонних электромагнитных полей или других помех.

Основные недостатки термоминдикаторов:

- термоминдикаторами невозможно измерить температуру на контактных поверхностях;
- имеются трудности в обработке результатов измерения;
- как правило, можно зафиксировать только наибольшую температуру термического цикла.

1.2.3. Бесконтактные методы измерения температуры

Радиационные методы

Основаны на принципе собирания энергии теплового излучения с участка нагретой поверхности, и регистрации длины волны этого излучения, которая изменяется в зависимости от температуры. Например, **фотоэлектрическое устройство** (пирометр) для измерения температуры на контактной поверхности стружки и режущего лезвия (Рис. 17).

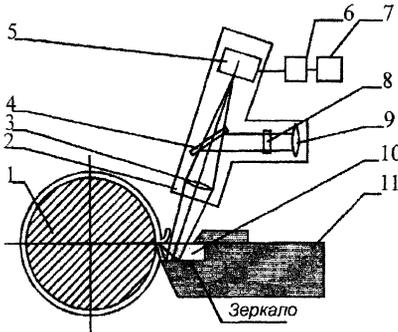


Рис. 17

Для этих целей можно использовать различные светопроводы, в том числе волоконную оптику.

Тепловизоры позволяют наблюдать температурное поле на поверхности тела. Тепловое изображение объекта проецируется на экран. При этом различные температуры отображаются различными цветами. Калибровка прибора позволяет оценить температуры, которым соответствует тот или иной цвет наблюдаемого поля. наблюдаемого на экране.

Другие бесконтактные методы.

Акустический метод. От генератора акустических колебаний импульс звука определённой длины волны λ_1 направляют на объект измерения температуры. Отражённый импульс имеет длину волны λ_2 , зависящую от температуры поверхности. от которой он отразился. Направляя отражённую волну через фильтр в анализатор, определяют разность и по ней судят о температуре поверхности.

Пневматический метод. В его основу положен эффект изменения динамической вязкости воздуха в пневматическом дросселе в зависимости от температуры его стенок. Для измерения температуры в твёрдом теле просверливают тонкое сквозное отверстие. К одной стороне отверстия подают воздух под постоянным давлением. При повышении температуры стенок отверстия вязкость воздуха в нём изменяется, что приводит к изменению перепада давления на входе и выходе. Этот перепад измеряют и по нему судят о температуре в данной области тела.

1.2.4. Калориметрический метод исследования тепловых процессов.

Позволяет определить количество теплоты, переходящей в стружку, деталь и инструмент, а также их средние температуры. Напри-

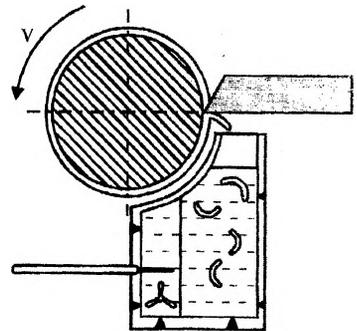


Рис. 18

1. Заготовка.
2. Микроскоп.
3. Объектив.
4. Подвижное прозрачное зеркало.
5. Фоторезистор.
6. Усилитель.
7. Регистрирующий прибор.
8. Сетка.
9. Окуляр.
10. Прозрачная режущая пластина (алмаз, лейкосапфир)
11. Державка.

Площадь участка, с которого снимаются показания - около $0,05 \times 0,05$ мм.

Этим методом можно измерить температуру в любой точке исследуемой поверхности, если имеется прямая види-

мер, улавливая в калориметр горячую стружку (Рис. 18), зная массу стружки и воды, а также их теплофизические свойства и изменение температуры воды, можно определить количество тепла, переходящего в стружку и её среднюю температуру.

2. ОБОРУДОВАНИЕ, ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

1. Токарно-винторезный станок.
2. Измерительный комплекс СУР 600.
3. Заготовка.
4. Резец.
5. Циркуль, линейка.

3. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

- 3.1. Перед началом измерений в протокол записать данные об инструменте и заготовке.
- 3.2. Изучить конструкцию и работу измерительного комплекса СУР 600. Зарисовать в отчете схему подключения естественной термопары к измерительному комплексу
- 3.3. Установить зависимость величины отклонения светового луча от напряжения, приложенного к полюсам термопары. Для этого к клеммам для подключения полюсов термопары подсоединяют источник постоянного напряжения и измеряют величину отклонения светового луча, соответствующего этому напряжению. Затем строят график $\varepsilon = f(h)$, где h - величина отклонения светового луча, мм; ε - величина приложенного напряжения. Этот график понадобится для определения величины термо ЭДС по отклонению светового луча на осциллограмме.
- 3.4. Для выявления функциональной зависимости термо ЭДС и температуры резания от глубины резания, подачи и скорости резания проводят три серии экспериментов.
 - 3.4.1. В первой серии опытов определяется зависимость температуры резания от глубины резания $\Theta = f(t)$ при неизменных величинах подачи и частоте вращения заготовки. Их значения нужно установить на станке и вписать в протокол. Измерения производятся следующим образом. Включают лентопротяжный механизм светолучевого осциллографа (процесс резания не начинают). При этом на фотобумаге записываются нулевое положение светового луча. Лентопротяжный механизм выключается. Затем включается станок, устанавливается необходимая глубина резания, включается лентопротяжный механизм, и производится обработка заготовки в течение 5..10с. Отклонение светового луча от нулевых положений будет фиксироваться на осциллограмме. Резец отводится в исходное положение, лентопротяжный механизм выключается. Устанавливается новое значение глубины резания, и цикл измерений повторяется.
 - 3.4.2. Вторая серия опытов устанавливает зависимость термо ЭДС и температуры резания от подачи $\Theta = f(s)$ при неизменной частоте вращения и глубине резания.

3.4.3. В третьей серии опытов определяется зависимость термо ЭДС и температуры резания от скорости $\Theta = f(v)$ при неизменных глубине резания и подаче. Методика проведения измерений во второй и третьей серии такие же. Отличие лишь в параметре, который изменяется.

3.4.4. После проведения всех измерений необходимо на осциллограммах с помощью циркуля и линейки измерить отклонения световых лучей, соответствующие каждому опыту. Результаты измерений занести в протокол.

3.4.5. Определить по тарировочным графикам фактические величины термо ЭДС и температуры резания, результаты занести в протокол.

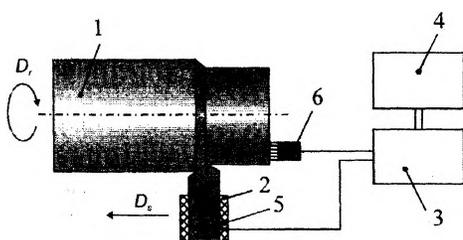


Рис. 19 Схема подключения естественной термопары к измерительному комплексу СУР 600: 1 - заготовка; 2 - резец; 3 - избиратель пределов; 4 - светолучевой осциллограф; 5 - изолятор; 6 - щётка.

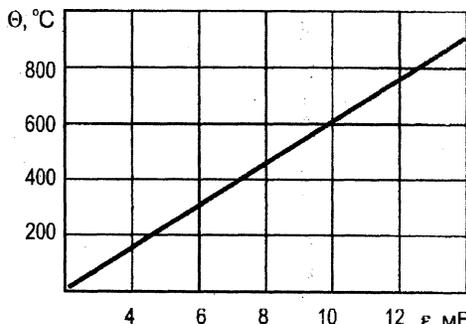


Рис. 20 Тарировочный график естественной термопары сталь 45 - твёрдый сплав Т15К6

4. ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Как известно, взаимосвязь температуры резания с режимами обработки достаточно точно описывается эмпирической формулой;

$$\Theta = C_{\Theta} \cdot v^m \cdot s^n \cdot f^p$$

Для получения численных значений постоянного множителя и показателей степени в приведённой формуле необходима математическая обработка экспериментальных данных, которая проводится по методике, приведённой ниже.

4.1. По полученным экспериментальным данным строят графики зависимости

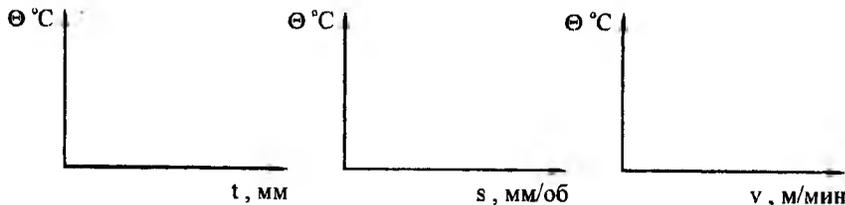


Рис. 21

температуры резания от режимов обработки в натуральных координатах (Рис. 21).

Протокол исходных данных, результатов измерений и расчётов

№ п/п	Исследуемая зависимость	Диаметр заготовки, мм	Частота вращения, об/мин	Режимы резания			Отклонени е луча, мм	Термо ЭДС, мВ	Температу ра резания, °С
				v, м/мин	s, мм/об	t, мм			
				1	2	3			
1	$\theta = f(t)$		c	c	c	t ₁			
2			o	o	o	t ₂			
3			n	n	n	t ₃			
4			s	s	s	t ₄			
5			t	t	t	t ₅			
1	$\theta = f(s)$		c	c	s ₁	c			
2			o	o	s ₂	o			
3			n	n	s ₃	n			
4			s	s	s ₄	s			
5			t	t	s ₅	t			
1	$\theta = f(v)$		n ₁	v ₁	c	c			
2			n ₂	v ₂	o	o			
3			n ₃	v ₃	n	n			
4			n ₄	v ₄	s	s			
5			n ₅	v ₅	t	t			

4.2. Графоаналитическим методом определяют постоянные множители и показатели степени в эмпирической формуле.

Для этого необходимо произвести следующие действия:

4.2.1. Построить в двойной логарифмической системе координат графические зависимости составляющих силы резания от элементов режима резания (Рис. 22). *Внимание! Масштабы по горизонтальной и вертикальной оси должны быть одинаковые.*

4.2.2. Величины показателей степени m , n , p определить по графикам через тангенса углов наклона прямых к горизонтальной оси координат

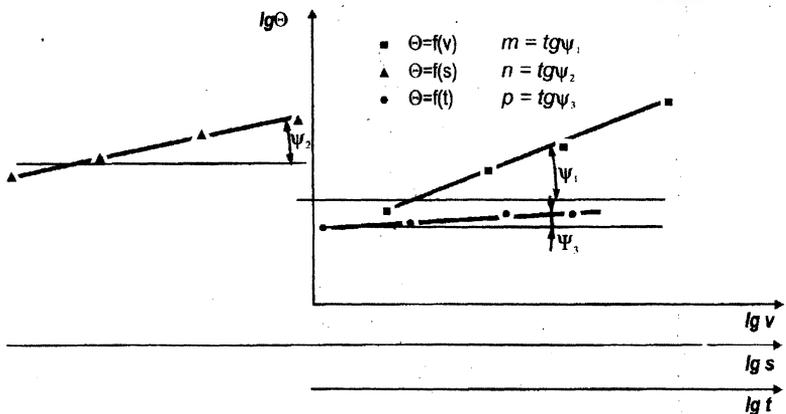


Рис. 22

4.2.3. Величину постоянных множителей определить по опытным данным (см. протокол) и полученным показателям степеней методом средних.

$$C_0 = \frac{\theta_1}{v_1^m \cdot s_1^n \cdot t_1^p} + \frac{\theta_2}{v_2^m \cdot s_2^n \cdot t_2^p} + \dots + \frac{\theta_k}{v_k^m \cdot s_k^n \cdot t_k^p}$$

где k - количество проведенных экспериментов.

4.2.4. Записать эмпирическую формулу для расчета температуры резания с рассчитанными показателями степени и постоянным множителем.

5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Цель работы. Данные о станке, заготовке, инструменте. Схема подключения естественной термопары и измерительного комплекса СУР 600. Протокол исходных данных и результатов измерений. Графики зависимости температуры резания от режимов резания в натуральных системах координат. Графики зависимости температуры резания от режимов резания в двойных логарифмических системах координат. Расчеты показателей степени в эмпирической формуле. Расчет постоянного множителя в эмпирической формуле. Эмпирическая формула в окончательном виде.

6. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Основные источники возникновения теплоты при резании металлов.
2. Каков тепловой баланс при резании металлов?
3. Что подразумевается под термином температура резания, от чего она зависит?
4. Фотоэлектрические методы измерения температуры.
5. Термондикаторы.
6. Калориметрические методы исследования тепловых процессов.
7. Характеристика методов искусственной и полуискусственной термопары, их достоинства и недостатки.
8. Особенности методов прижимной и бегущей термопар.
9. Метод естественной термопары, его достоинства и недостатки.
10. Как проводится тарирование термопары.
11. Факторы, влияющие на величину температуры резания при точении.
12. Как влияет на температуру резания скорость резания, чем можно объяснить такой характер влияния?
13. Как влияют на температуру резания подача и глубина резания, чем можно объяснить такой характер их влияния?
14. Как влияют на температуру резания геометрические параметры реза, свойства обрабатываемого материала, смазочно-охлаждающие жидкости?

ЛИТЕРАТУРА

1. Резников А.Н., Резников Л.А. Тепловые процессы в технологических системах.- М.: Машиностроение, 1990г.
2. Ящерицын П.И., Еременко М.Л., Фельдштейн Е.Э. Теория резания, физические и тепловые процессы в технологических системах.- Минск: Высшая школа.- 1990 г.
3. Кожанкова Т.И., Фельдштейн Е.Э. Лабораторные работы по резанию металлов.- Минск: Высшая школа.- 1985 г.

Учебное издание

Составитель: Ермолаев Михаил Алексеевич

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторной работе по дисциплине
"Тепловые процессы в технологических системах"

"ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ТОЧЕНИИ"

Для студентов специальности Т.03.01

Ответственный за выпуск: М.А. Ермолаев

Редактор Строкач Т.В.

Подписано к печати 28.05.99г. Бумага писчая. Формат 60×84 1/16. Гарнитура

Таймс. Усл. п. л. 1,1. Уч. изд. л. 1,25. Тираж 100 экз. Заказ № 507.

Бесплатно. Отпечатано на ризографе Брестского политехнического института.

224017, Брест, ул. Московская, 267.