

## ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ НА ТЕМПЕРАТУРУ РЕЗАНИЯ

Цель работы – исследование влияния скорости резания, подачи и глубины резания на температуру резания при токарной обработке.

### 1. Тепловые явления при резании металлов

Процесс резания металлов сопровождается значительным тепловыделением в результате того, что механическая работа резания переходит в тепловую энергию. Основными источниками возникновения тепла в зоне резания являются:

1. внутреннее трение между частицами срезаемого слоя в результате его пластической деформации при образовании стружки ( $Q_1$ );
2. трение стружки о переднюю поверхность инструмента ( $Q_2$ );
3. трение обработанной поверхности по задним поверхностям инструмента ( $Q_3$ ).

Схема расположения источников тепла и распределения его в зоне представлена на рис. 1.

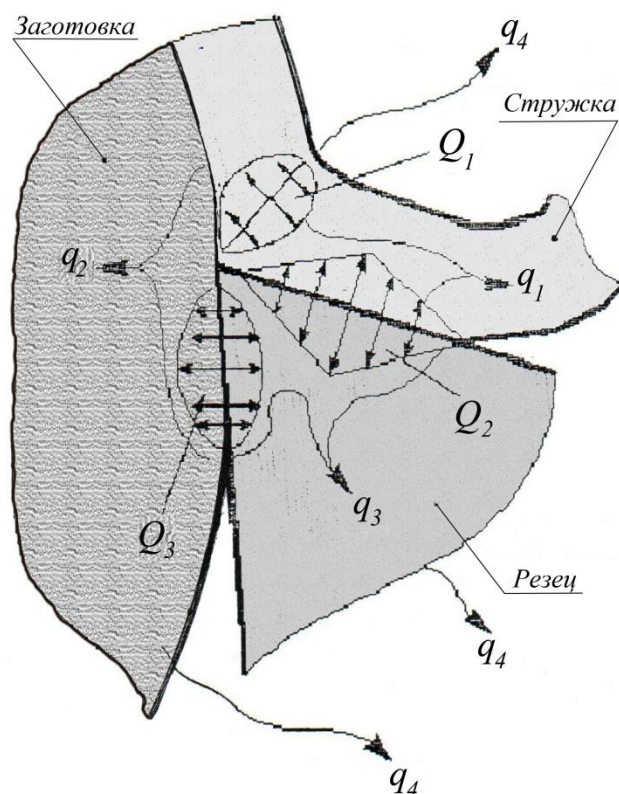


Рис. 1. Источники тепла в зоне резания.

Наиболее интенсивное выделение тепла происходит в области стружкообразования, прилегающей к плоскости скалывания. В этой области теплота выделяется в результате пластической деформации сдвига элементов образующейся стружки по плоскости скалывания.

Общее количество выделяющегося при резании тепла равно сумме тепла, выделяющегося во всех зонах

$$Q_{\text{общ.}} = Q_1 + Q_2 + Q_3.$$

Тепло, образующееся в процессе резания, не аккумулируется в местах его образования, а распределяется следующим образом:

- уносится стружкой –  $q_1$ ;
- передаётся в заготовку -  $q_2$ ;
- передаётся в инструмент -  $q_3$ ;
- распространяется в окружающую среду -  $q_4$ .

Тепловой баланс процесса резания выражается уравнением

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4$$

Соотношение количества тепла, отводимого со стружкой в деталь, в инструмент и окружающую среду, зависит от физико-механических свойств обрабатываемого материала, режима резания, геометрии режущего инструмента и внешних условий.

В начале обработки температура в зоне резания растёт до какого-то определённого значения и устанавливается постоянной, соответствующей стационарному тепловому режиму, при котором выделение тепла равняется отводу его по перечисленным направлениям. Для практических целей наибольший интерес представляет температура рабочей части инструмента и обрабатываемой заготовки. Тепло, переходящее в заготовку, увеличивает ещё температуру и вызывает температурное изменение её размеров и коробление.

Теплота, переходящая в инструмент, при всей своей относительной незначительности, концентрируясь в малых объёмах материала инструмента, вызывает сильный разогрев его и снижение режущих свойств и износостойкости инструмента. Наибольшая температура развивается на передней поверхности резца вблизи главного режущего лезвия ( $\sim 800 \dots 1200^\circ\text{C}$ ).

Исследования зависимости температуры от различных факторов показывают, что температура в зоне резания зависит от физико-механических свойств обрабатываемого материала, режима резания, геометрии режущего инструмента и многих других условий. Наибольшее влияние на температуру в зоне резания оказывает скорость резания, в меньшей степени влияет подача, а влияние глубины резания почти не обнаруживается. Из геометрических параметров режущей части инструмента наиболее сильно на температуру резания влияют передний угол, главный угол в плане и радиус закругления при вершине, сопряжения главной и вспомогательной режущих кромок на вершине режущего лезвия инструмента.

Различными исследованиями предложен ряд аналитических и эмпирических формул расчёта для температуры в зоне резания. Аналитические формулы сложны и включают в себя большое число не всегда известных величин. Эмпирические же формулы просты, но справедливы лишь в пределах условий проведения эксперимента.

## 2. Методы измерения температуры в зоне резания

Существует несколько методов измерения температуры в зоне резания:

- калориметрический (рис. 2);
- с помощью термочувствительных красок;
- метод искусственной термопары (рис. 3а);
- метод полуискусственной термопары (рис. 3б);
- метод естественной термопары (рис. 3г);
- двумя резцами (рис. 3в).

Калориметрический метод заключается в том, что стружка собирается в калориметре с водой. Зная количество воды в калориметре, вес стружки и её теплоёмкость, можно определить среднюю температуру стружки по разности температуры воды в калориметре до, и после резания.

Этот метод очень трудоёмок по исполнению, неточен и в настоящее время практически не применяется.

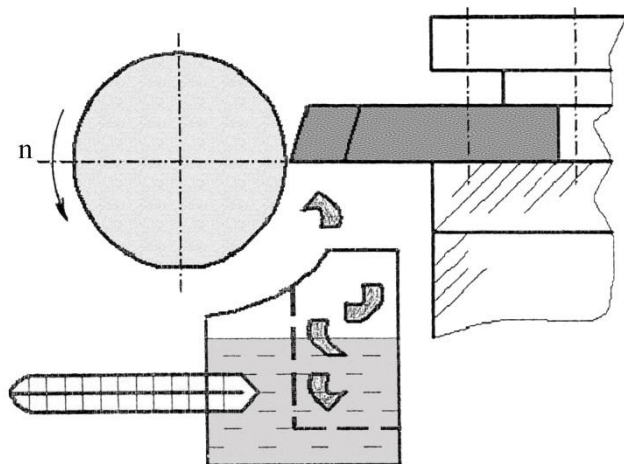


Рис.2. Калориметрический метод измерения температуры в зоне резания.

Температуру поверхности инструмента за пределами зоны его контакта с обрабатываемым изделием или стружкой можно определить с помощью термочувствительных красок, которые изменяют свой цвет при нагревании до определённой температуры. Но это температура не в зоне резания.

При использовании методов искусственной и полуискусственной термопар очень сложная и дорогостоящая подготовка режущего инструмента.

Метод измерения температуры с помощью естественной термопары является наиболее удобным и более широко применяется в современных исследованиях.

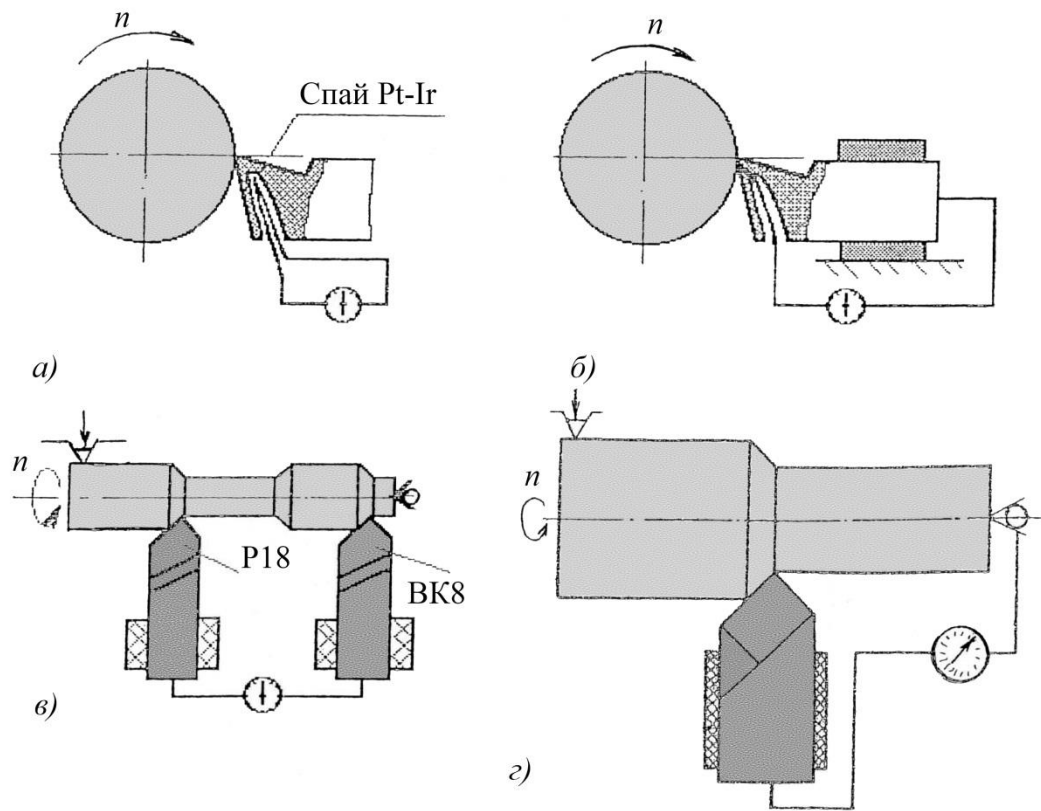


Рис. 3. Схемы измерения температуры в зоне резания с помощью термопар.

Он наиболее прост по осуществлению. Для получения абсолютных значений температур требуется проведение трудоёмкой операции градуирования (тарирования) термопары «инструмент – обрабатываемый материал» (рис. 4).

Разновидностью метода естественной термопары является «метод двух резцов», который сводится к резанию одновременно двумя резцами, изготовленными из разных материалов. Этот метод по осуществлению сложнее метода естественной термопары.

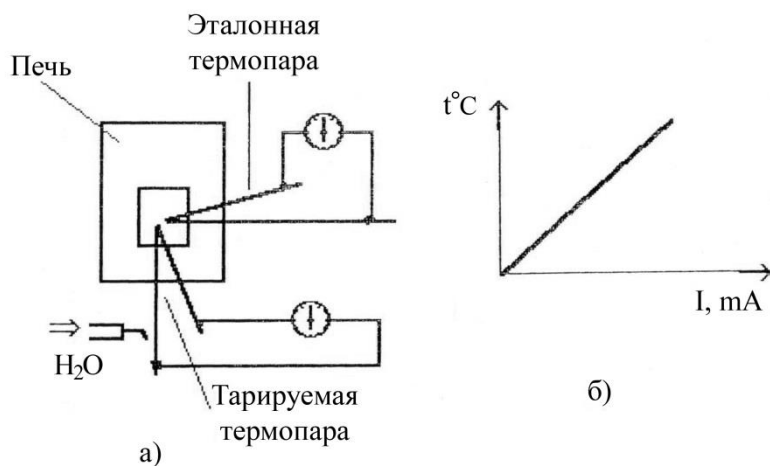


Рис. 4. Схема тарировки термопары а) и тарировочный график б).

Для получения наилучшего результата целесообразно первоначально добиться снижения общего тепловыделения путём, например, улучшения геометрических

параметров инструмента, а лишь затем осуществлять мероприятия по перераспределению количества тепла, отводимого из зоны резания в заготовку и инструмент, например, за счёт использования СОЖ и СОТС.

Смазывающе-охлаждающие технологические средства (СОТС).

*Требования к СОТС:*

1. Уменьшать температуру в зоне резания.
2. Не вызывать коррозию.
3. Не вредить здоровью человека.
4. Не разлагаться с течением времени.
5. Обладать пожарной безопасностью.

*Виды СОТС:*

1. Твёрдые (тальк, графит, дисульфид молибдена...).
2. Жидкие (СОЖ – водные растворы и эмульсии, масла, керосин...).
3. Пластичные (консистентные смазки – солидол, ЦИАТИМ-201).
4. Газообразные (инертные газы – He, Ar, CO<sub>2</sub>).
5. Смешанные (жидкость+твёрдое вещество; жидкость+газ).

*Способы подачи СОТС:*

1. Поливом свободной струёй.
2. Струйно-напорное охлаждение.
3. Подача охлаждения изнутри (шлифовального круга, резца, сверла).
4. Охлаждение распылённой струёй жидкости.

### **3. Проведение эксперимента и обработка полученных данных**

Оставляя постоянными два из трёх элементов резания, изменяют третий и, обтачивая заготовку при различных значениях этого переменного фактора, находят соответствующие значения температур.

При исследовании влияния каждого из трёх элементов рекомендуется определить не менее трёх-четырёх значений температуры для каждого из принятых элементов процесса резания. Результаты экспериментов заносят в таблицу и строят графики, определяющие частные зависимости температур резания от каждого из трёх исследуемых элементов резания.

Сопоставление графиков позволяет сделать заключение о степени влияния отдельных элементов резания на температуру резания.

### **4. Аппаратура, применяемая при исследовании**

Для измерения температуры резания в лабораторной работе применяется естественная термопара, элементами которой являются металл обрабатываемой заготовки и материал режущей части инструмента (рис. 3г). Как известно из физики, между свободными концами двух разнородных металлов, имеющих общую точку спая, возникает

разность электрических потенциалов, когда температура спая превышает температуру свободных концов. Если к свободным концам проводников подключить милливольтметр, то через него при нагревании спая пойдёт электрический ток, о чём можно судить по отклонению милливольтметра. Отклонение стрелки будет тем сильнее, чем больше разность температур нагретого спая и свободных концов металлов.

Система двух разнородных металлов, имеющих общую точку контакта, получила название термопары. Общая точка контакта называется спаем или головкой термопары. Помещая спай термопары в среду, температуру которой требуется определить, по показаниям включённого в цепь этой термопары милливольтметра можно судить о температуре среды.

Зависимость между температурой и показаниями милливольтметра прямо пропорциональна, поэтому для определения степени влияния элементов резания на температуру в зоне резания достаточно знать влияние элементов резания на термоЭДС ( $U$ ), измеряемую милливольтметром.

## 5. Порядок выполнения работы.

5.1. Ознакомиться с описанием работы.

5.2. Измерить диаметр заготовки  $D$ , мм.

5.3. Установить расчётным путём частоту вращения шпинделя по формуле

$$n_p = \frac{1000 \cdot v_p}{\pi D},$$

где  $n_p$  – расчётная частота вращения шпинделя, об/мин;

$V_p$  – скорость резания, рекомендуемая для эксперимента (приведена в таблице), м/мин.

5.4. Установить имеющиеся на станке ближайшие меньшие частоты вращения шпинделя  $n_d$ , об/мин).

5.5. Расчётным путём найти действительные скорости резания по формуле

$$V_d = \frac{\pi \cdot D}{1000} \cdot n_d.$$

5.6. Провести эксперимент с определением термоЭДС по милливольтметру с занесением данных в таблицу.

№ опыта	$V_p$ , м/мин	$n_p$ , об/мин	$n_d$ , об/мин	$V_d$ , м/мин	$t$ , мм	$S$ , мм/об	$U$ , мВ
1	75				1,0	0,097	
2	75				1,0	0,21	
3	75				1,0	0,30	
4	75				1,0	0,39	
5	75				0,5	0,21	
6	75				1,0	0,21	
7	75				1,5	0,21	
8	75				2,0	0,21	
9	30				1,0	0,21	
10	60				1,0	0,21	
11	90				1,0	0,21	
12	120				1,0	0,21	

Примечание. Опыты 1-4 проводятся для определения  $U=f(S)$ ; опыты 5-8 проводятся для определения  $U=f(t)$ ; опыты 9-12 проводятся для определения  $U=f(V_d)$ .

5.7. Построить графики, показывающие влияние параметров режима резания на величину термоЭДС:  $U=f(t)$ ;  $U=f(S)$ ;  $U=f(V_d)$ .

## **6. Содержание отчёта**

6.1. Основные теоретические положения о тепловых явлениях при резании и об измерении температуры в зоне резания.

6.2. Схема измерения термоЭДС с помощью естественной термопары.

6.3. Таблица условий (параметров) и результатов проведения эксперимента.

6.4. Графики, показывающие влияние параметров режима резания на величину термоЭДС, а, следовательно, и на температуру в зоне резания.

## **7. Контрольные вопросы**

7.1. От каких факторов зависит количество выделяющейся теплоты при резании металлов?

7.2. Куда расходуется теплота, выделяющаяся при резании?

7.3. Как влияет нагрев на свойства инструмента?

7.4. Как влияют параметры режима резания на температуру резания?

7.5. Что такое термопара?

