

ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ПРИМОРСКОГО КРАЯ
КГБ ПОУ «КМТ»



**Физические законы и явления
в токарной металлообработке.**

Преподаватель физики
Шпак С.И.

Введение

Для успешного овладения профессией «Токарь - универсал» необходимо не только знать принцип работы токарного станка и уметь работать на нем, а также понимать какие физические законы и явления лежат в основе металлообработки.

Цель данной работы: установить физические законы и явления, лежащие в основе металлообработки.

Задача: Изучить процесс резания металла и выявить физические законы и явления, сопровождающие процесс резания

Практическая работа № 1

Тема: Силы при резании.

Задание: Письменно ответить на вопросы.

1. Укажите причину возникновения силы резания и ее направление.
2. Укажите причину возникновения реактивных сил, действующих на режущий инструмент.
3. Начертите схему действия реактивных сил. (На схеме обозначьте силы, укажите их названия)
4. Заполнить таблицу «Составляющие силы резания»:

Сила	Направление действия силы	Назначение силы
Сила PZ		
Сила PY		
Сила PX		

5. Как вычисляется равнодействующая силы резания?

Тема: Силы при резании

При обработке резанием металл оказывает сопротивление режущему инструменту. Это сопротивление преодолевается силой резания, приложенной к передней поверхности инструмента. Сила резания направлена перпендикулярна передней поверхности резца. Сила резания затрачивается на отрыв элемента стружки от основной массы металла и его деформацию, а также на преодоление трения стружки о переднюю поверхность резца и задней поверхности резца о поверхность резания.

В результате сопротивления металла процессу деформирования возникают реактивные силы, действующие на режущий инструмент (рис.3а).

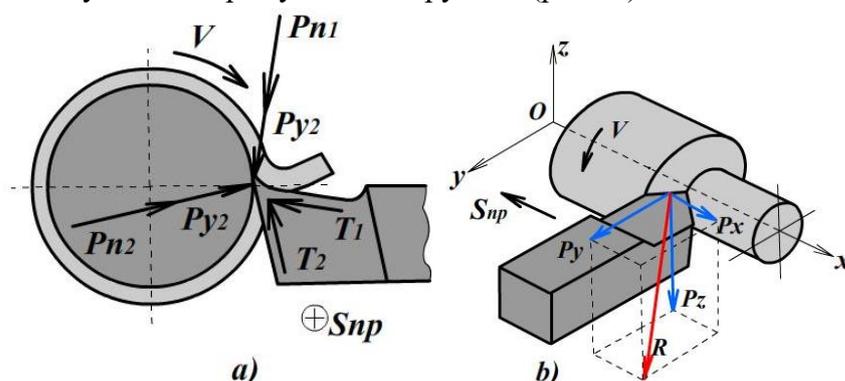


Рис.3. Схема сил, действующих на резец (а), и разложение силы резания на составляющие (б)

Это силы упругого (P_{y1} и P_{y2}) и пластического (P_{n1} и P_{n2}) деформирования, векторы которых направлены перпендикулярно к передней и главной задней поверхностям инструмента. Наличие нормальных сил обуславливает возникновение сил трения T_1 и T_2 , направленных по передней и главной задней поверхностям инструмента. Всю указанную систему сил приводят к равнодействующей силе резания:

$$R = \overrightarrow{P_{y1}} + \overrightarrow{P_{y2}} + \overrightarrow{P_{n1}} + \overrightarrow{P_{n2}} + \overrightarrow{T_1} + \overrightarrow{T_2}$$

Точка приложения силы R находится на рабочей части главной режущей кромки инструмента. Абсолютная величина, точка приложения и направление в пространстве силы R под влиянием ряда факторов (неоднородность структуры и твердости заготовки, непостоянство срезаемого слоя металла и др.) являются переменными. Поэтому для расчетов используют не равнодействующую силу резания R , а ее составляющие, действующие по трем взаимно перпендикулярным направлениям – P_x , P_y , P_z . Для токарной обработки ось X – линия центров станка; ось Y – горизонтальная линия, перпендикулярная линии центров станка; ось Z – линия, перпендикулярная плоскости XOY (рис.3б).

Сила PZ – вертикальная составляющая силы резания или просто сила резания. Действует в плоскости резания в направлении главного движения. По силе P_z определяют крутящий момент на шпинделе станка, эффективную мощность резания, деформацию изгиба заготовки в плоскости XOZ , изгибающий момент, действующий на стержень резца, а также ведут динамический расчет механизмов коробки скоростей станка.

Сила PY – радиальная составляющая силы резания. Действует перпендикулярно оси обрабатываемой заготовки в плоскости XOY . По силе P_y определяют величину упругого отжатия резца от заготовки, ведут расчет технологической системы на жесткость. Сила P_y стремится оттолкнуть резец от заготовки и деформировать ее. Учитывается при расчете прочности станины и суппорта, способствует появлению вибраций.

Сила PX – осевая составляющая силы резания. Действует вдоль оси заготовки параллельно направлению продольной подачи. По силе P_x рассчитывают механизм подачи станка, а также изгибающий момент, действующий на стержень резца.

Равнодействующая силы резания определяется как диагональ параллелепипеда, построенного на составляющих сил:

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

Практическая работа № 2

Тема: Деформации в процессе резания.

Задание: Письменно ответить на вопросы.

1. Перечислить виды деформаций, возникающих в процессе резания.
2. Заполнить таблицу «Виды деформаций при резании»:

Вид деформации	Место возникновения

3. Что представляет собой процесс резания с физической точки зрения?

Тема: Деформации в процессе резания.

Резание металлов – сложный процесс взаимодействия режущего инструмента и заготовки, сопровождающийся определенными физическими явлениями. Упрощенно процесс резания можно представить в виде следующей схемы (рис.1.). В начальный момент процесса резания движущийся резец под действием силы P вдавливается в металл, в срезаемом слое возникают упругие деформации. При дальнейшем движении резца **упругие деформации**, накапливаясь по абсолютной величине, переходят в пластические. В прирезцовом срезаемом слое материала заготовки возникает сложное упругонапряженное состояние. В плоскости, перпендикулярной траектории движения резца, возникают нормальные напряжения σ_y , а в плоскости, совпадающей с траекторией движения резца, - касательные напряжения τ_x . Наибольшие касательные напряжения действуют у вершины резца A , уменьшаясь до нуля по мере удаления от нее. Нормальные напряжения вначале действуют как растягивающие, а затем быстро уменьшаются и, переходя через нулевое значение, превращаются в напряжения сжатия.

Под действием нормальных и касательных напряжений срезаемый слой **пластически деформируется**. Рост пластической деформации приводит к сдвиговым деформациям, т.е. к смещению частей кристаллов относительно друг друга. Это происходит, когда возникающие напряжения превосходят предел прочности обрабатываемого материала. **Сдвиговые деформации** происходят в зоне стружкообразования ABC , причем они начинаются в плоскости AB и заканчиваются в плоскости AC – скалыванием элементарного объема металла и образованием стружки. Далее процесс повторяется и образуется следующий элемент стружки и т.д.

Условно принято считать, что сдвиговые деформации происходят по плоскости OO , которую называют плоскостью сдвига. Плоскость сдвига OO располагается примерно под углом $\theta = 30^\circ$ к направлению движения резца. Угол θ называют углом сдвига. Он не зависит от геометрических параметров режущего инструмента и свойств обрабатываемого материала.

Срезанный и превращенный в стружку слой металла дополнительно деформируется вследствие трения стружки о переднюю поверхность инструмента.

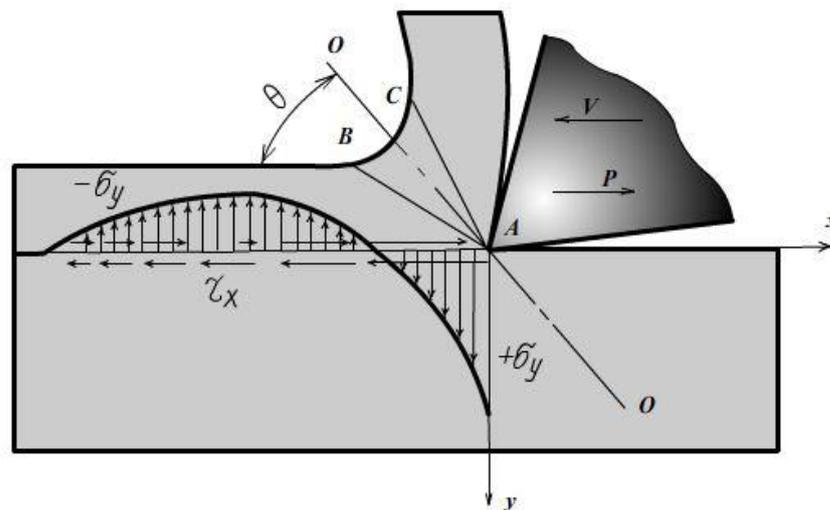


Рис.1. Схема упругонапряженного состояния металла при обработке резанием

Структура металла зоны ABC и стружки резко отличаются от структуры основного металла. Структура основного металла состоит из равноосных зерен. В зоне ABC зерна сильно измельчены и вытянуты в определенном направлении, совпадающем с направлением

плоскости OO , которая с плоскостью сдвига составляет угол β . Для хрупких материалов пластическая деформация практически отсутствует и угол β близок к нулю, а при резании деталей из пластичных материалов значение угла β доходит до 30 град. У передней поверхности резца слои стружки искривляются и располагаются почти параллельно ей.

Следовательно, резание может быть представлено как процесс последовательного упругого и пластического деформирования срезаемого слоя металла, а затем его разрушения.

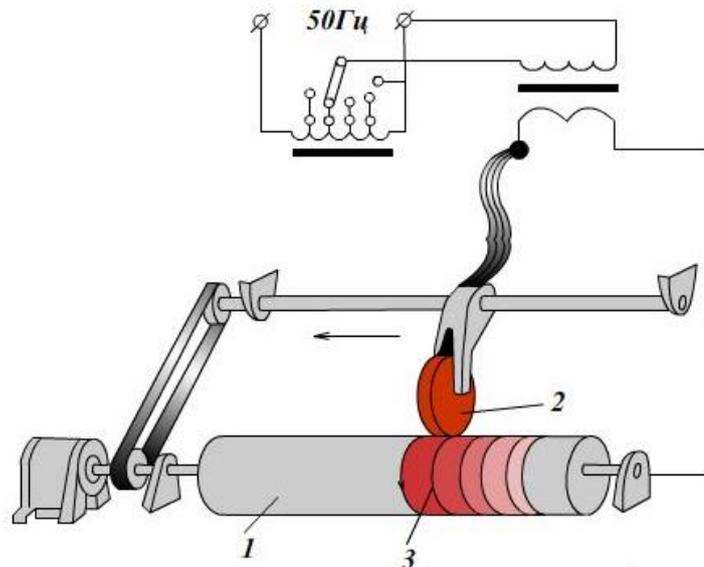
Практическая работа № 3

Тема: Поверхностная закалка при контактном нагреве.

Задание: Письменно ответить на вопросы:

1. Каким образом осуществляется поверхностная закалка при контактном нагреве?
2. Какое свойство тока лежит в основе данного метода.
3. Каков недостаток данного метода закалки?

Поверхностная закалка при контактном нагреве.



Сущность данного способа закалки заключается в следующем. Электрический ток напряжением от 2 до 8 В от трансформатора подается к детали **1** и к медному ролику **2** диаметром 200 – 300 мм шириной 10 – 15 мм. Нагрев поверхности осуществляется за счет теплоты, выделяемой в месте контакта медного ролика и детали. Плотность тока равна 5000 – 1500 А/мм (ширины ролика).

Обрабатываемая деталь вращается, а медный ролик перемещается вдоль поверхности со скоростью 5 – 8 мм/с, оставляя за собой нагретый участок **3**. Охлаждение нагретой поверхности осуществляется из спрейера, который движется за роликом.

Если ширина закаливаемой поверхности превышает ширину медного ролика, то для закалки всей поверхности проводится последовательное и многократное прохождение ролика по детали. При этом каждая последовательная закаленная полоса вызывает отпуск соседней узкой зоны. В итоге твердость закаленной поверхности полосок будет неравномерной: 56 – 63 HRC зон с мартенситной структурой и значительно ниже (на 15 – 20 HRC) зон подвергнутых отпуску и имеющих сорбитную структуру.

Этот способ поверхностной закалки применим только для тел вращения, что существенно ограничивает его использование.

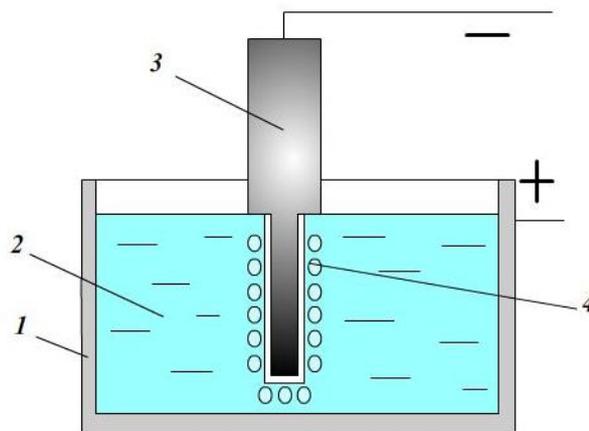
Практическая работа № 4

Тема: Закалка в электролите.

Задание: Заполнить таблицу «Закалка в электролите» и подготовить устный ответ.

Название процесса	Схема установки	Принцип действия	Применение

Тема: Закалка в электролите.



Метод основан на физическом явлении, называемом «эффектом нагрева катода». Процесс закалки заключается в следующем. В ванну 1 с электролитом 2 (5-10% - раствор кальцинированной соды) опускают закаливаемую деталь 3. Деталь присоединяют к отрицательному полюсу источника постоянного тока напряжением 220 – 250 В, а корпус ванны – к положительному полюсу. При пропускании электрического тока через электролит происходит диссоциация электролита и положительно заряженные ионы водорода устремляются к поверхности детали, образуя водородную «рубашку» 4. Сила и плотность тока зависят от глубины погружения детали в электролит и от условий нагрева. Водородная оболочка обладает большим сопротивлением и нагревается до высоких температур при прохождении электрического тока. От разогретой водородной оболочки нагревается до высоких температур поверхность детали. После нагрева детали ток отключают и происходит охлаждение непосредственно в электролите.

При закалке в электролите температура плавно падает от поверхности детали к сердцевине, что способствует снижению остаточных растягивающих напряжений и предотвращает образование закалочных трещин.

В результате закалки в поверхностном слое получают мартенсит, в сердцевине – сорбитообразный перлит и феррит.

Поверхностную закалку применяют для упрочения клапанов, винтов, штанг, рычагов и других деталей.

Практическая работа № 5

Тема: Тепловыделение при резании.

Задание: Письменно ответить на вопросы.

1. Объясните причину повышения температуры в зоне резания.
2. Как происходит распределение энергии при резании?
3. Почему стружка испытывает более сильный нагрев?
4. Каковы причины перегрева инструмента?
5. Каковы последствия перегрева инструмента?

Тепловыделение при резании

Выделение тепла при резании происходит вследствие пластического деформирования металла:

- трения стружки о переднюю поверхность резца
- трения задней поверхности резца о поверхность резания.

Общее количество теплоты, выделяемое в единицу времени: $Q = P_z \cdot V$ [Дж/мин].

При токарной обработке:

- в стружку уходит 60-80% всей выделяемой теплоты
- в резец – 4-10%
- в заготовку – 9-13%
- в окружающую среду - ~1%.

Т. е. основное количество тепла переходит в стружку и заготовку. В наибольшей степени на температуру в зоне резания оказывает влияние скорость резания. Влияют также подача, геометрия применяемого инструмента и т. д. Нагрев инструмента и заготовки снижает точность обработки.

В процессе резания температура в зоне контакта металлической детали, режущего инструмента и стружки повышается. Повышение температуры в зоне резания – это побочный и неизбежный результат превращения механической энергии, затрачиваемой на работу резания. Теплота $Q_{рез}$, которая выделяется в зоне резания, распределяется между взаимно контактирующими стружкой ($Q_{стр}$), заготовкой ($Q_{заг}$), инструментом ($Q_{инстр}$) и окружающей средой ($Q_{атм}$).

$$Q_{рез} \rightarrow (Q_{стр}) + (Q_{заг}) + (Q_{инстр}) + (Q_{атм})$$

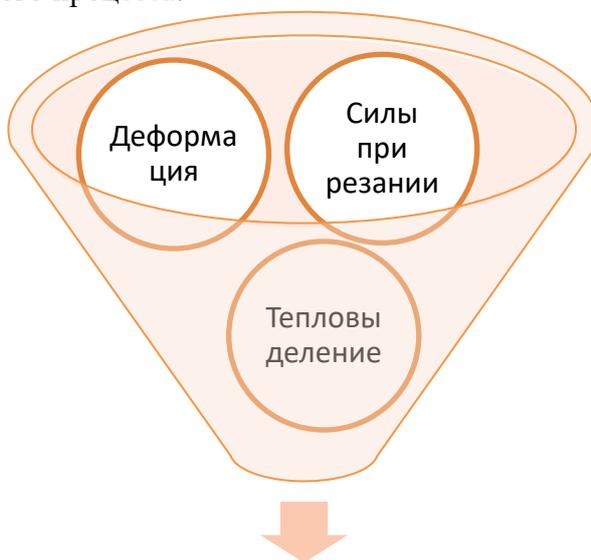
Более сильный нагрев испытывает стружка, так как она имеет небольшую толщину и подвергнута деформации: до 75% всей теплоты в зоне резания аккумулировано стружкой. Значительный нагрев испытывает инструмент, нагрев которого происходит за счет трения, а также теплопередачи от стружки, сходящей по его передней поверхности. Количество теплоты, поглощаемой инструментом, может достигать 40% всей теплоты возникающей в зоне резания.

Режущая кромка перегретого инструмента приобретает синий оттенок и оплавливается. Оплавление режущей кромки – результат неправильного выбора режима резания. Даже если инструмент не доведен до аварийного разрушения, перегрев приводит к размягчению материала режущей кромки инструмента и ускорению его изнашивания.

До 10 % теплоты может поглощать заготовка и около 1% теплоты приходится на нагрев окружающей среды.

Заключение:

В результате изучения процесса резания были установлены физические явления, лежащие в основе данного процесса.



Резание металла

Выявленные явления соотнесены с законами физики.

Силы при резании	Законы Ньютона
Тепловыделение при резании	Закон сохранения энергии.
Деформации при резании	Механические свойства твердых тел

Список литературы:

1. Адаскин А.М. Материаловедение (металлообработка): Учебное пособие для сред. проф. образования – М.: Издательский центр «Академия», 2016г.