



Технология конструкционных материалов и материаловедение

Лекция 13

Стружкообразование. Наростообразование. Силы резания.
Тепловые явления при резании.
доц. Лалазарова Н.А.

Lek_13_TMiM_1AA_AD_LNA_10_11_2016

В лекции использованы материалы проф. Мощенка В.И.

Содержание

✦ 13.1. Стружкообразование при резании

✦ 13.2. Наростообразование

✦ 13.3. Сила резания

✦ 13.4. Тепловые явления при резании

✦ 13.5. Стойкость режущего инструмента

✦ 13.6. Обрабатываемость

✦ Контрольные вопросы

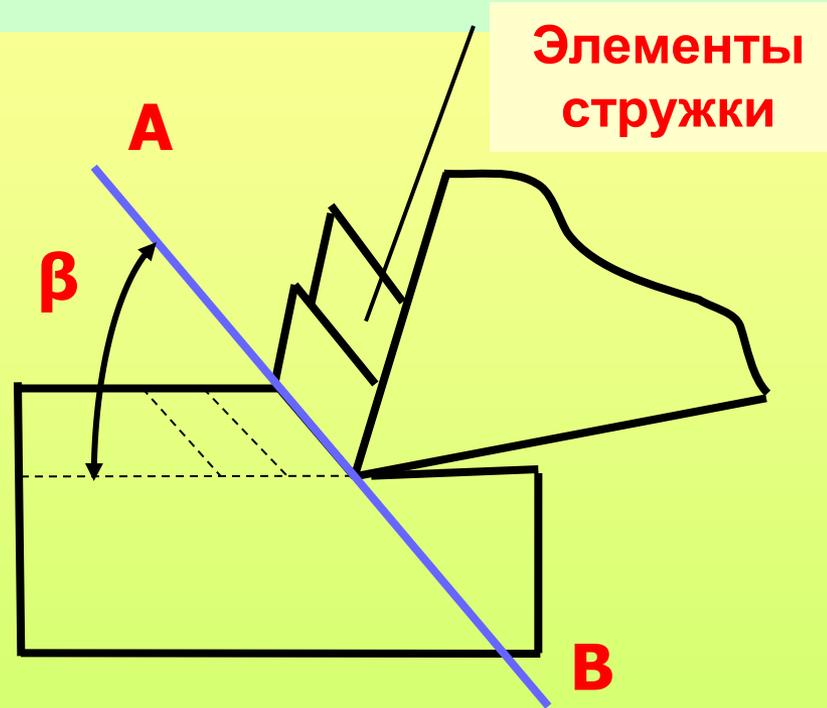
✦ Задания для самостоятельной работы

✦ Список литературы

13.1. Стружкообразование при резании

Срезание слоя металла впервые было исследовано русским учёным И. А.Тиме, который разработал схему этого процесса.

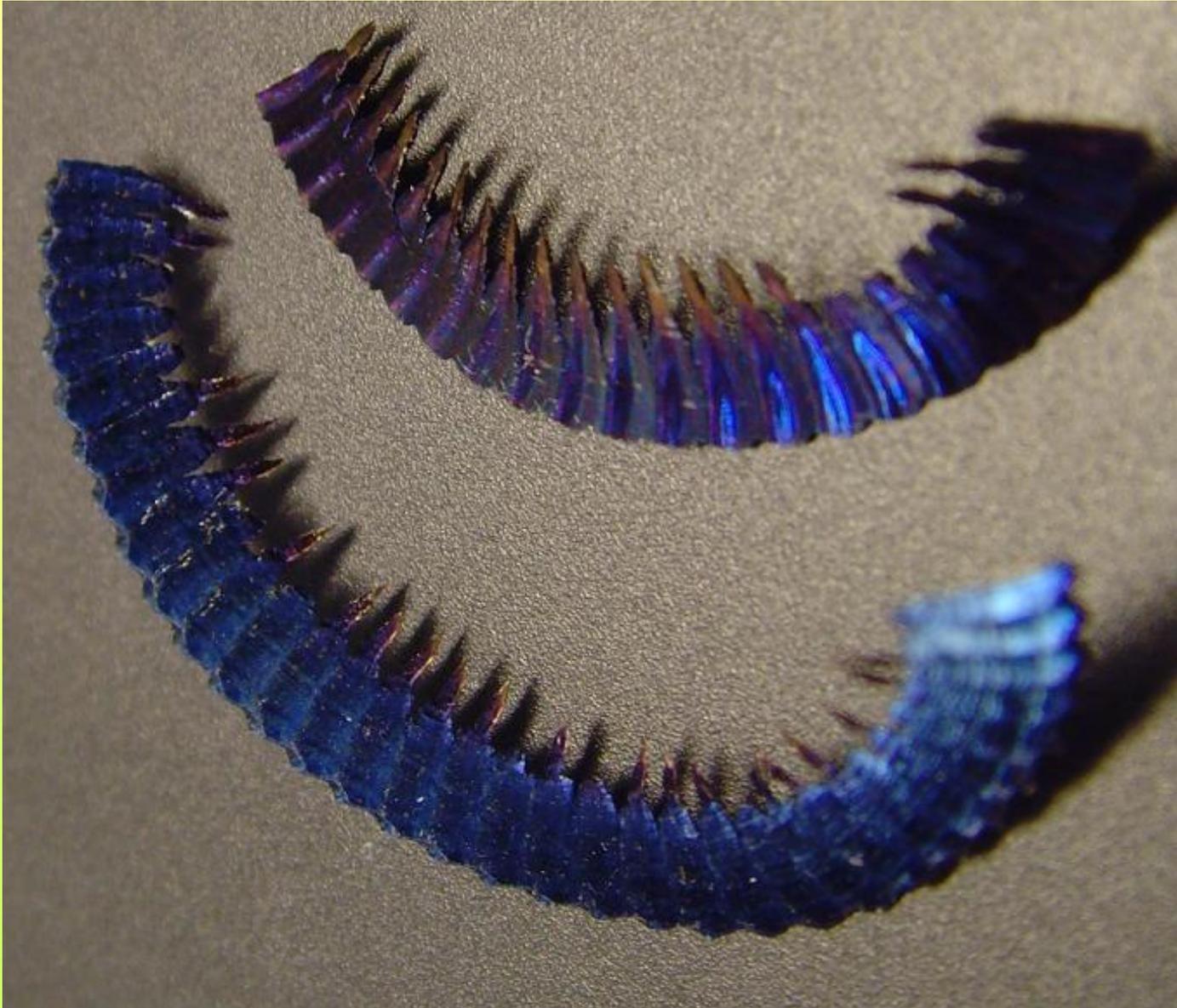
Резец под действием силы P сдвигает (скалывает) элементы стружки по плоскости AB .



AB -
плос-
кость
сдвига,
 β - угол
сдвига,

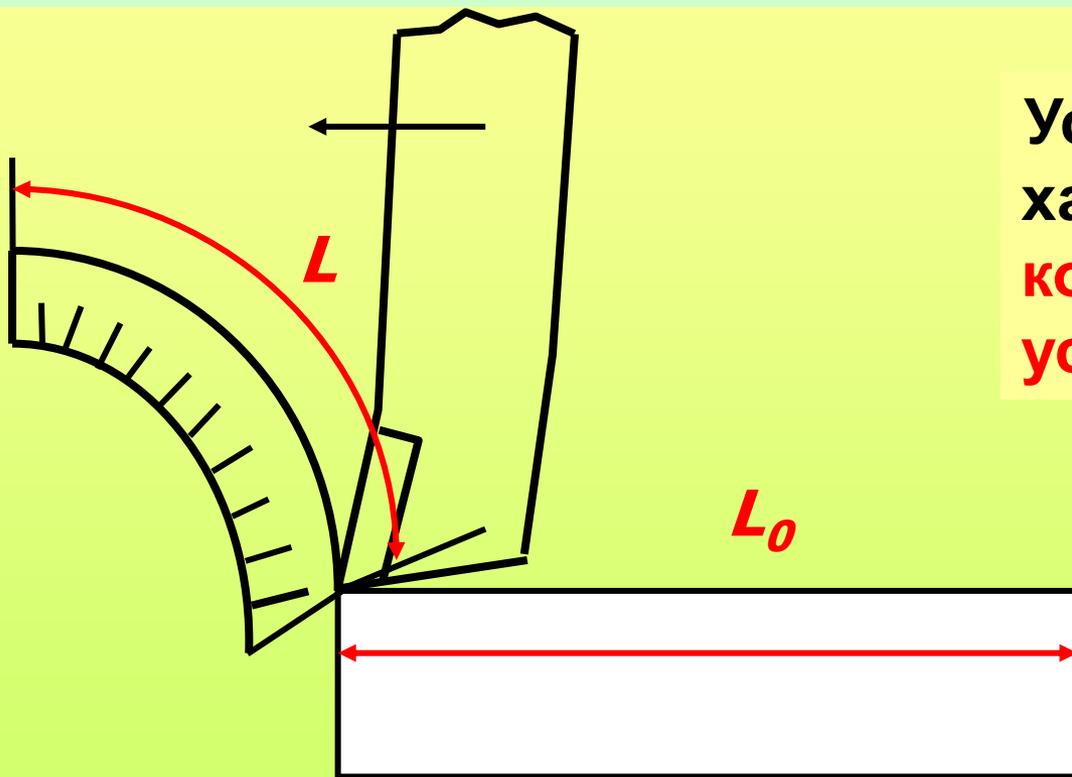
Величина угла β не зависит от геометрии инструмента и свойств обрабатываемого материала $\beta \approx 30^\circ$.

Стружкообразование при резании



Процесс стружкообразования

Процесс стружкообразования сопровождается пластической деформацией, которая наглядно проявляется во внешних изменениях стружки.



Усадка стружки характеризуется коэффициентом усадки:

$$K = \frac{L_0}{L}$$

При обработке пластичных материалов $K \gg 1$, для хрупких материалов - близок к 1.

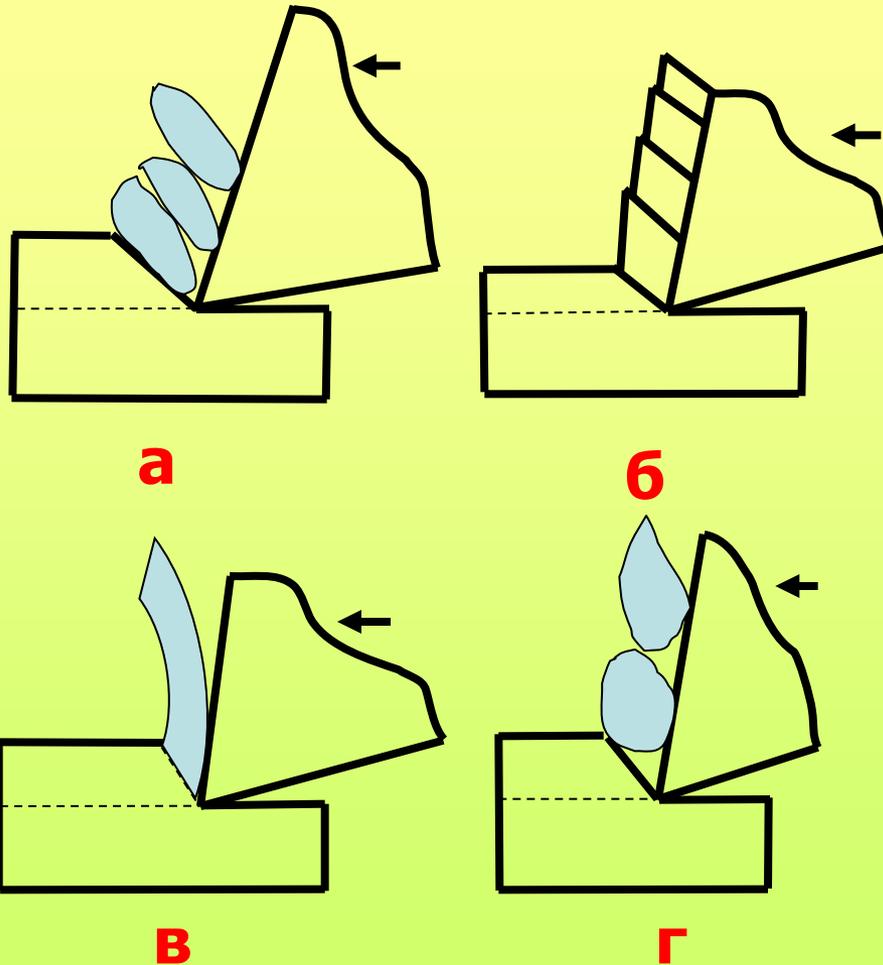
Процесс стружкообразования



Типы стружек

Еще в XIX веке И. А. Тиме дал классификацию стружек.

Различают
типы
стружек:
**элементная,
суставчатая
, сливная и
надлома.**



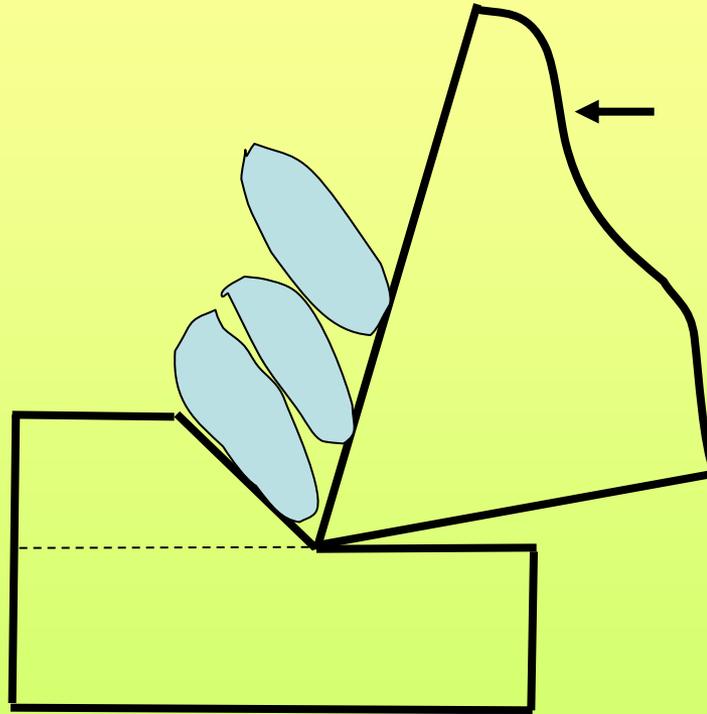
При
обработке
одного и
того же
материала,
например,
стали,
меняя
скорость
резания,
можно
получать
различные
типы
стружек.

**а- элементная; б- суставчатая; в- сливная; г-
надлома**

Типы стружек

Элементная стружка

Элементная стружка образуется при обработке стали с малой скоростью резания.



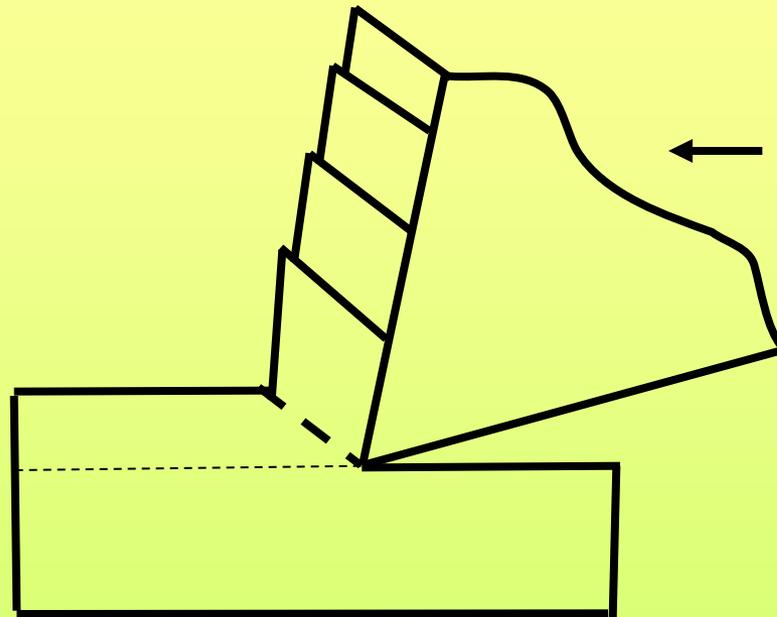
Она состоит из отдельных пластически деформированных элементов,

слабо связанных или вовсе не связанных между собой.

Типы стружек

Суставчатая стружка

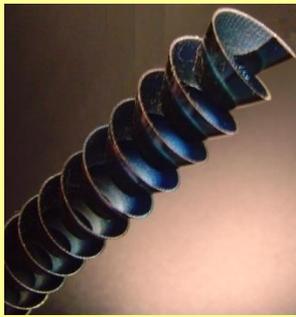
Суставчатая стружка получается при обработке сталей со средней скоростью резания.



Прирезцовая сторона такой стружки гладкая, а противоположная имеет зазубрины.

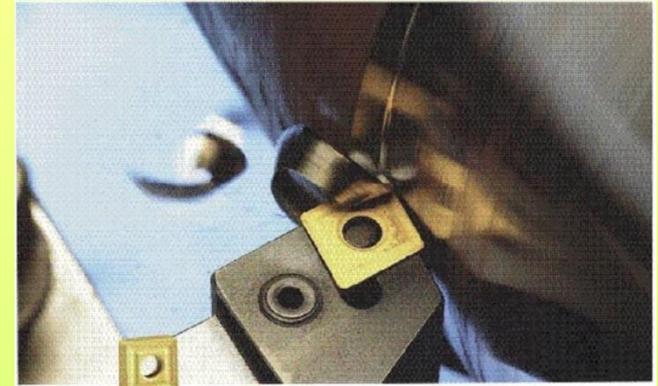
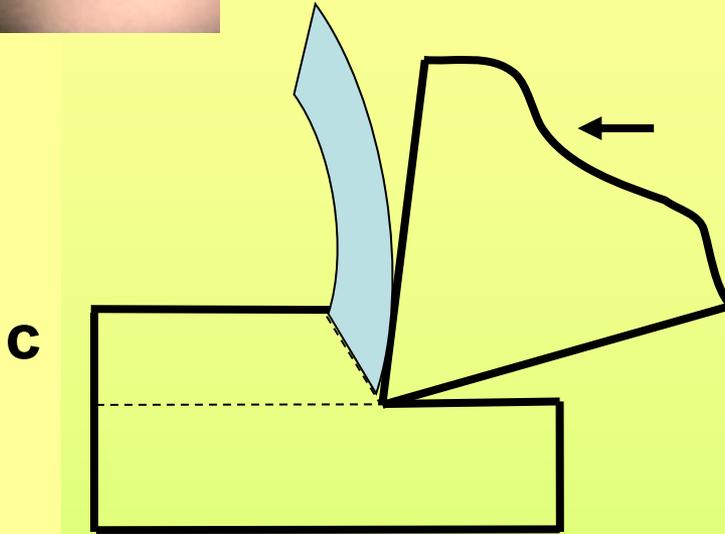
Типы стружек

Сливная стружка



Сливная стружка

получается при обработке сталей высокой скоростью резания.



Оптимальная длина стружки в массовом производстве - 30-70 мм. Способы стружколомания и стружкозавивания: изменяют угол λ , используют накладные стружколомы, лунки, уступы и т.д.

Стружколомание и стружкозавивание

**Способы
стружколомания и
стружкозавивания:**

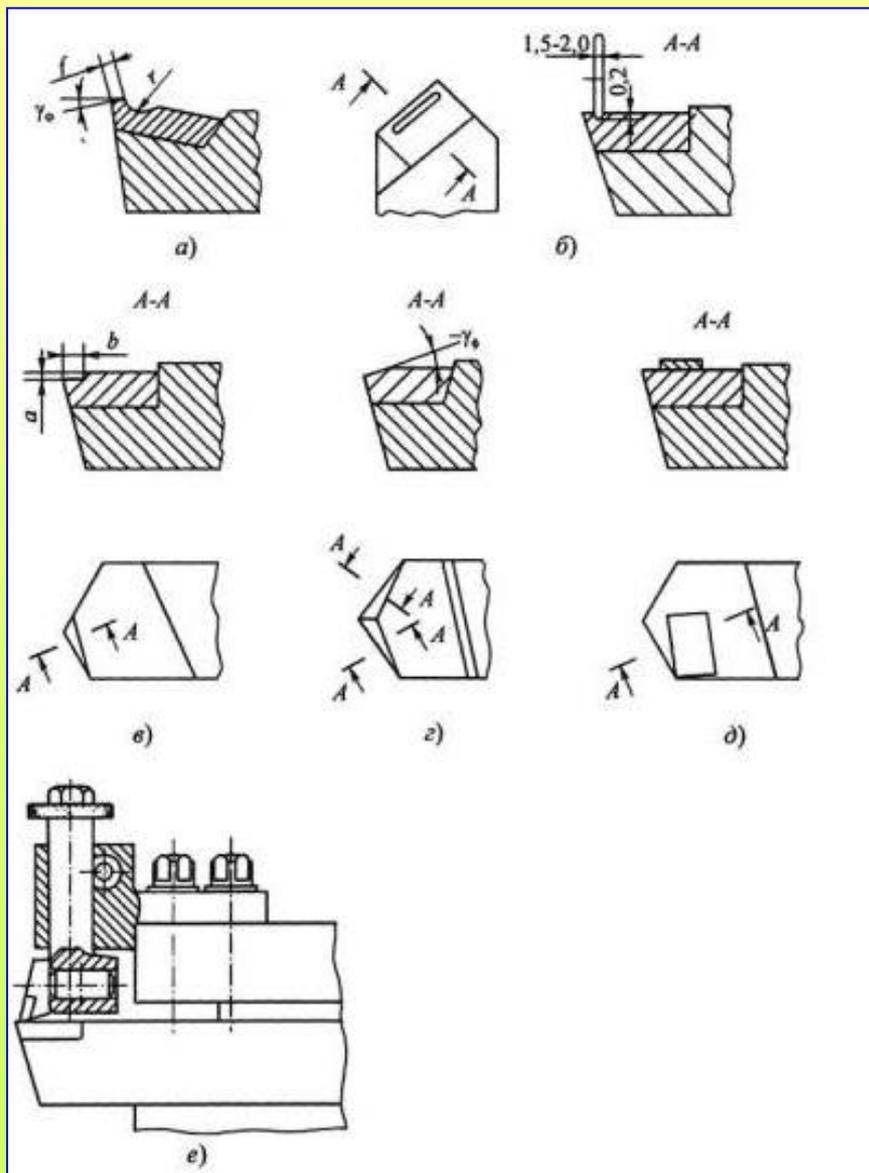
а, б – лунки;

в – уступ;

г – фаски ;

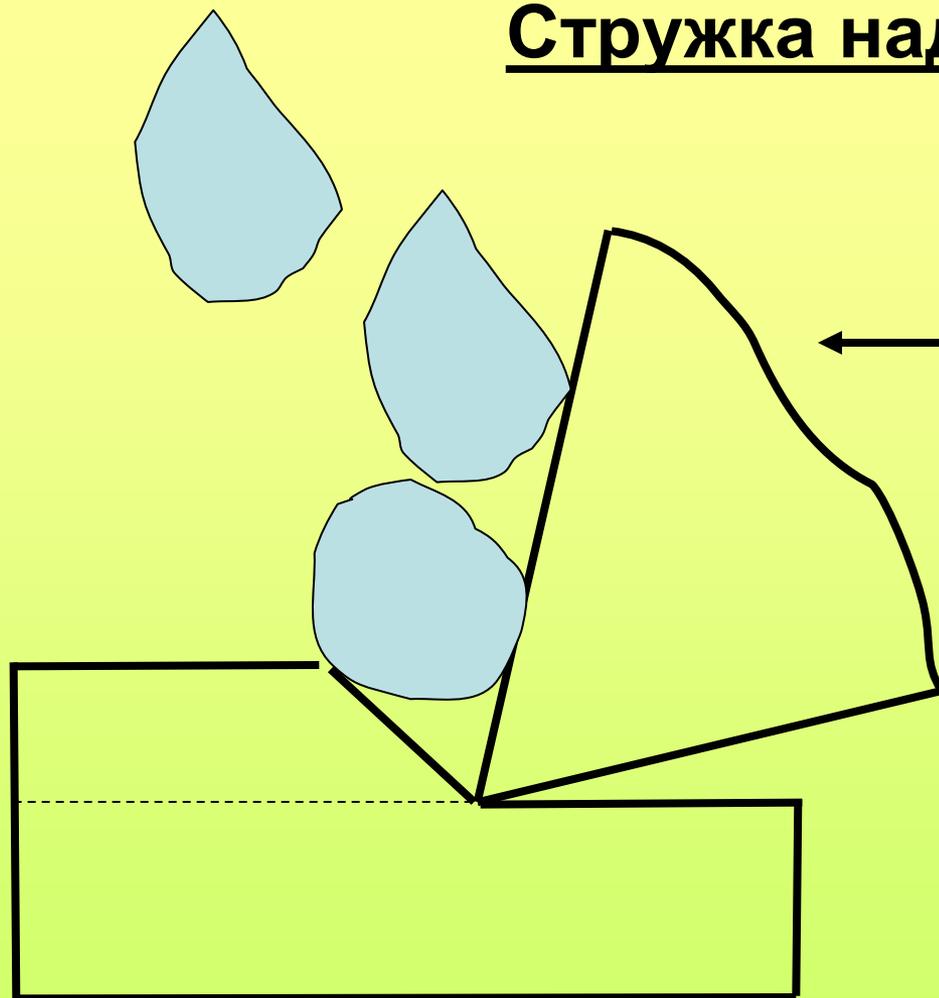
**д – накладной
нерегулируемый
стружколом;**

**е – регулируемый
стружколом**



Типы стружек

Стружка надлома



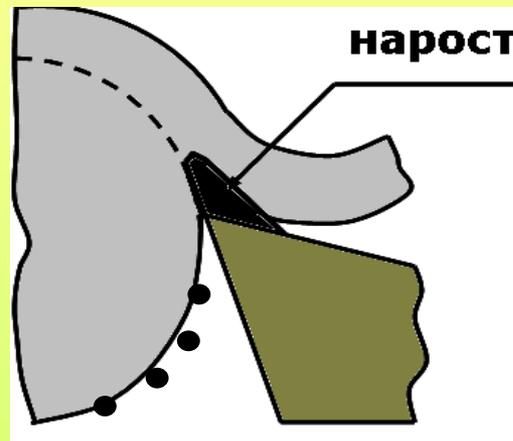
Стружка надлома состоит из отдельных, не связанных или слабо связанных между собой кусочков неправильной формы.

Эта стружка образуется при обработке твёрдых и хрупких материалов: серого чугуна, твёрдой бронзы, стекла.

13.2. Наростообразование

На передней поверхности резца при определённых условиях образуется плотное скопление частиц из обрабатываемого металла в виде нароста клиновидной формы.

Нарост играет положительную роль при черновой обработке.



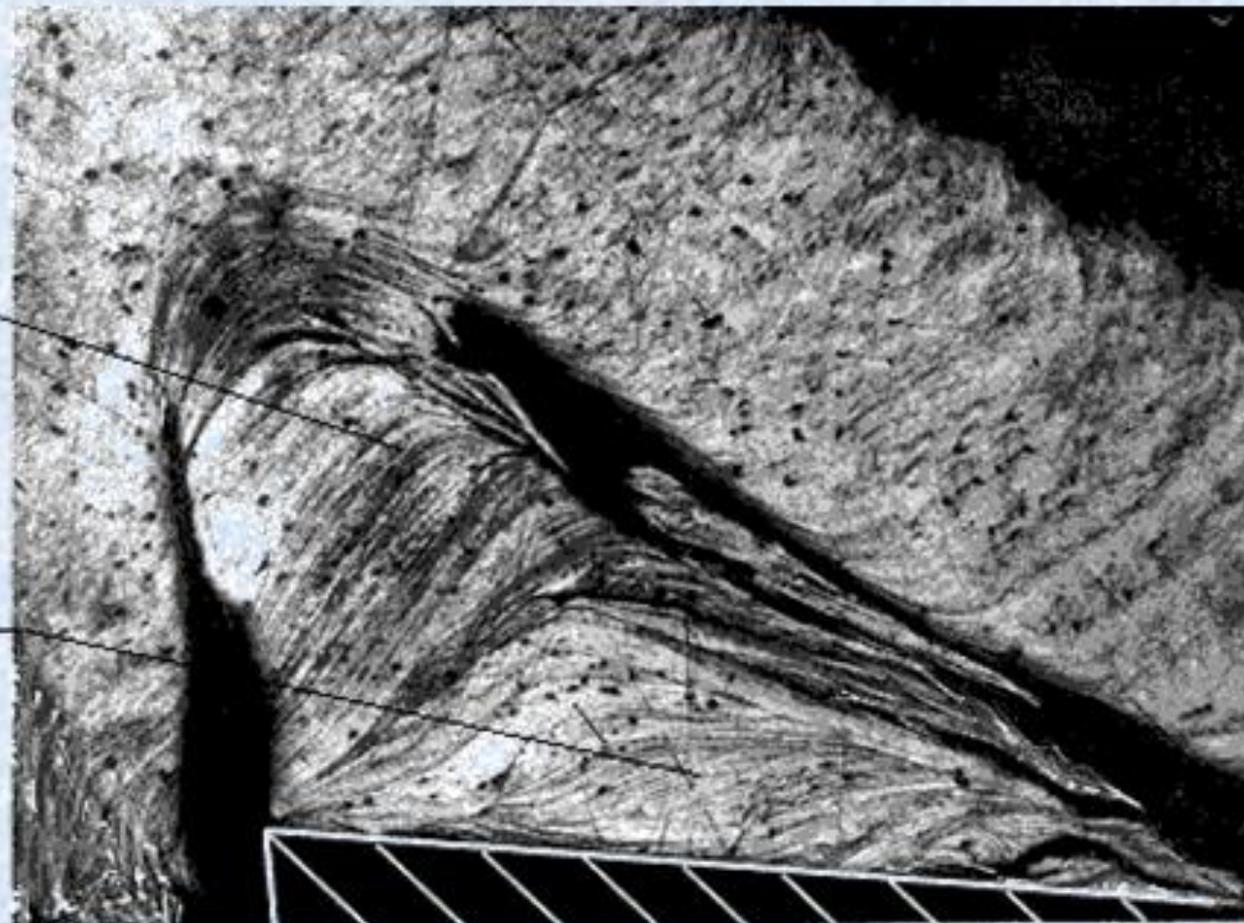
При чистовой обработке нарост играет отрицательную роль,

Стабильный нарост существует в диапазоне скоростей резания: $25 < V < 85$ м/мин. Для предотвращения образования нароста переднюю поверхность резца полируют, применяют СОТС, изменяют угол резания, увеличивают скорость резания.

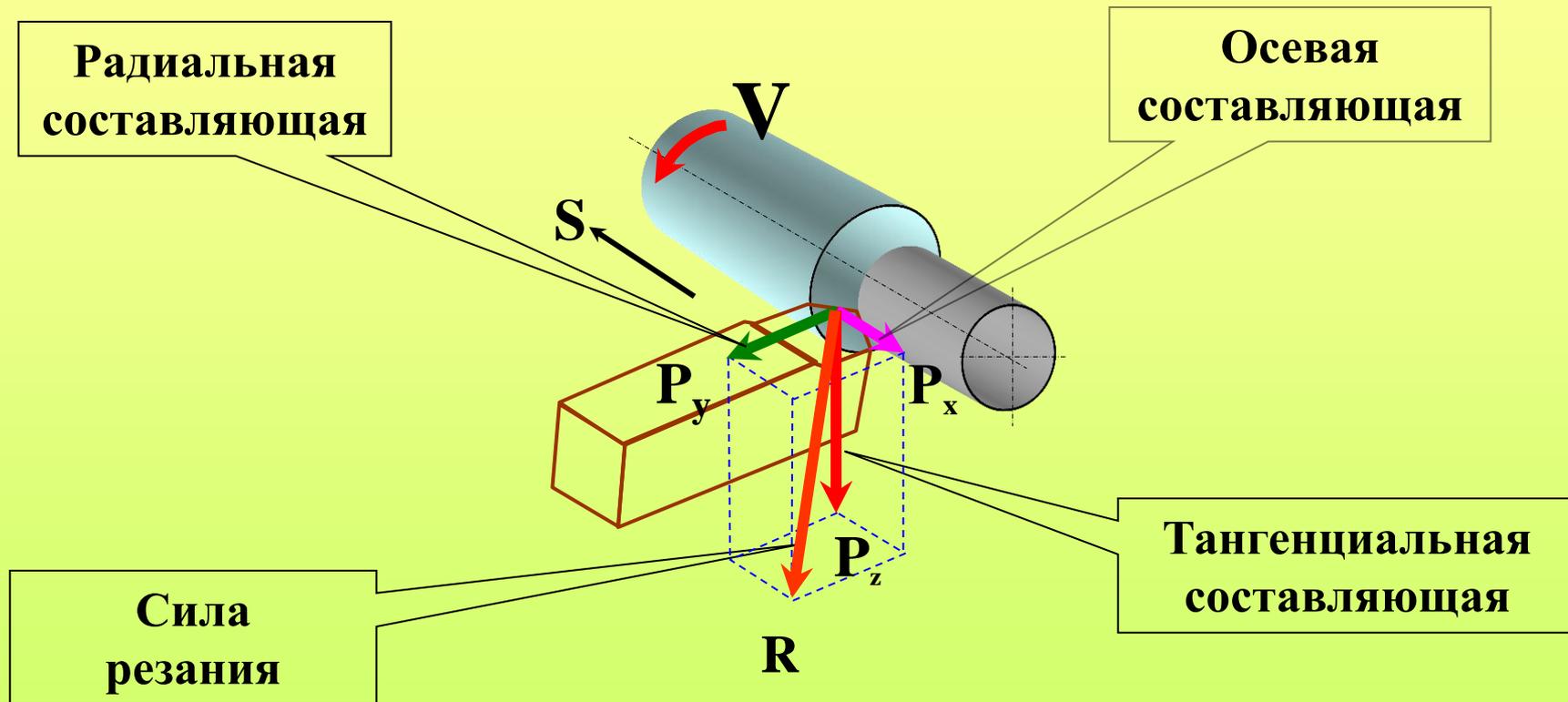
СТРОЕНИЕ НАРОСТА

Вершина нароста

Основание
нароста

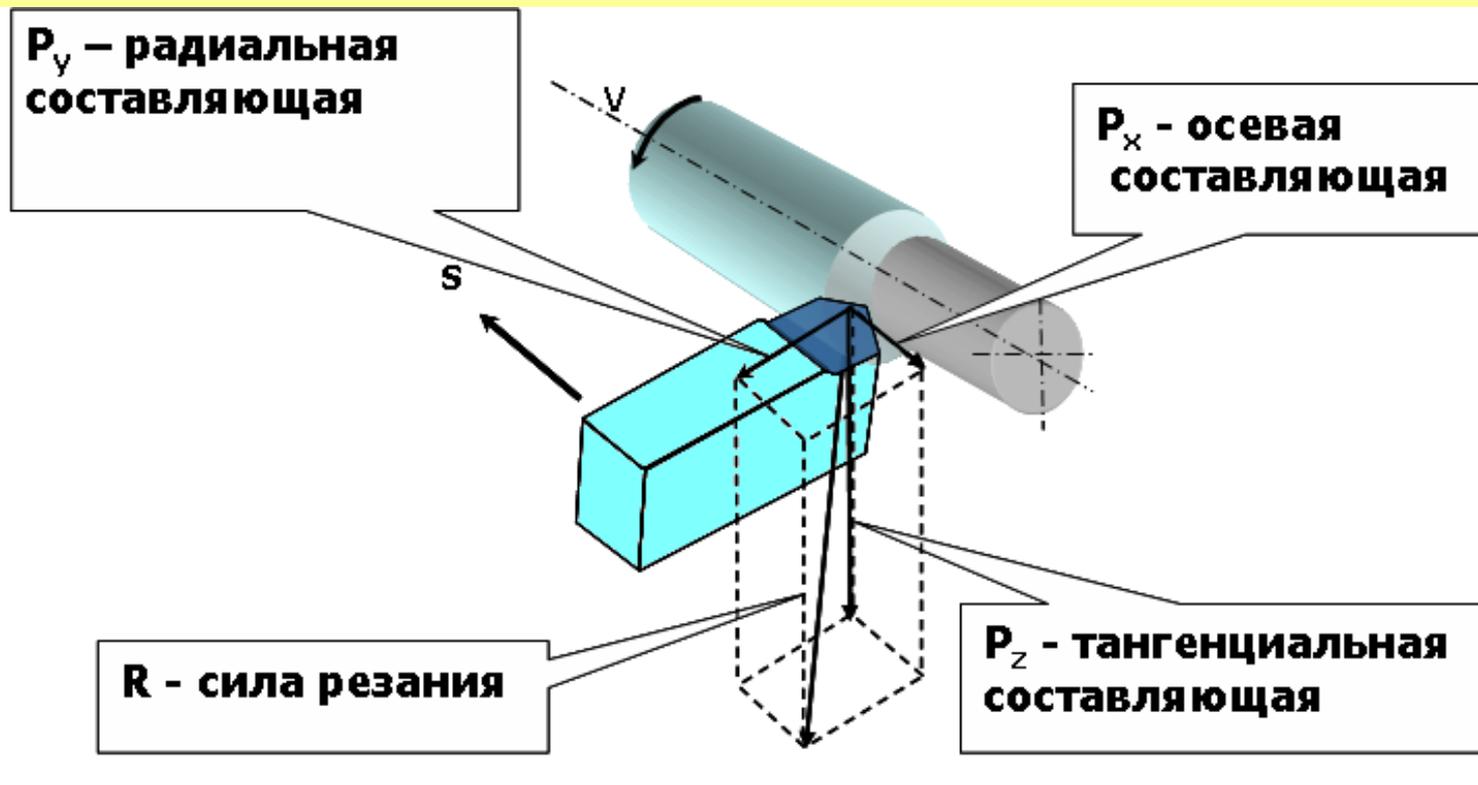


13.3. Сила резания



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

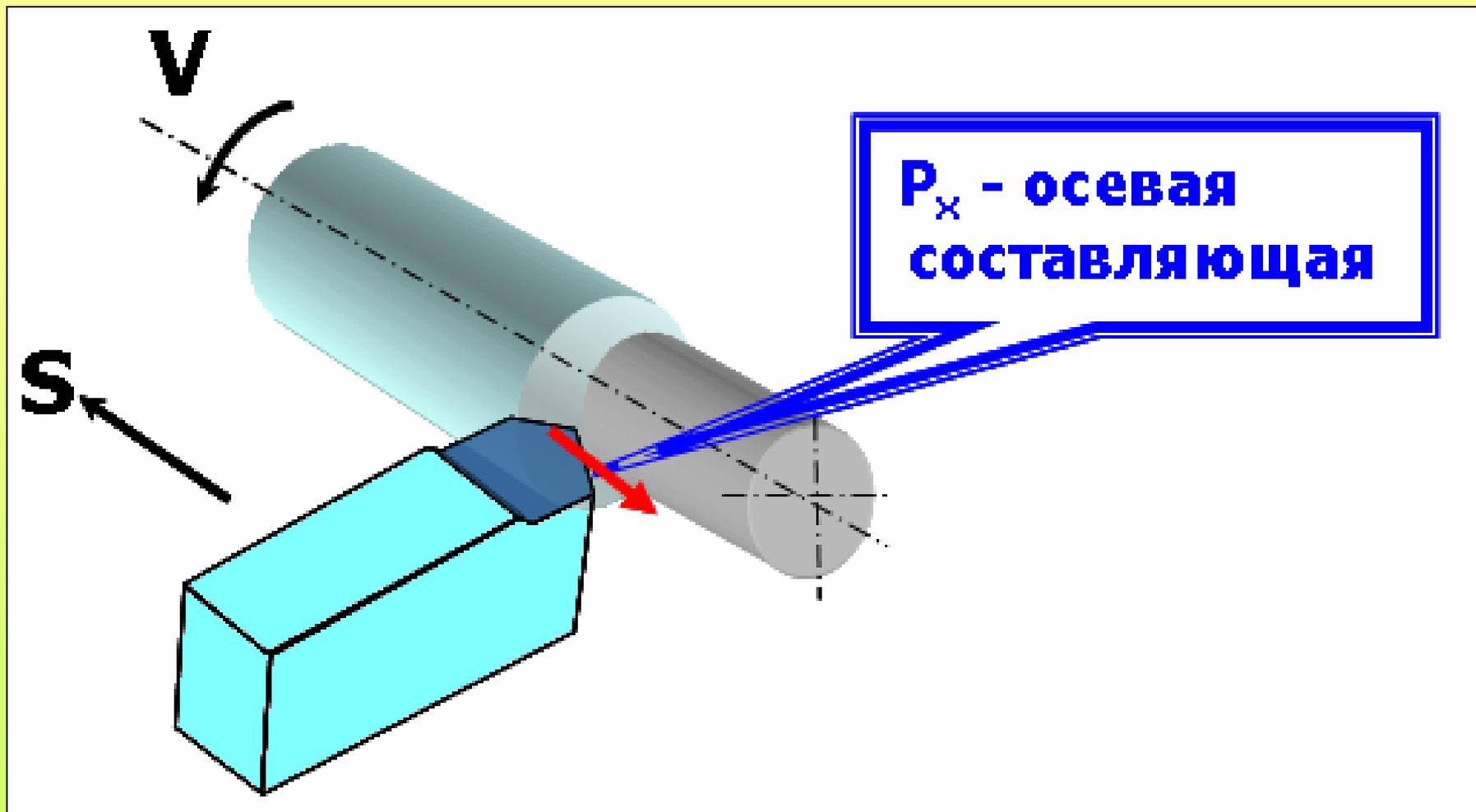
Сила резания



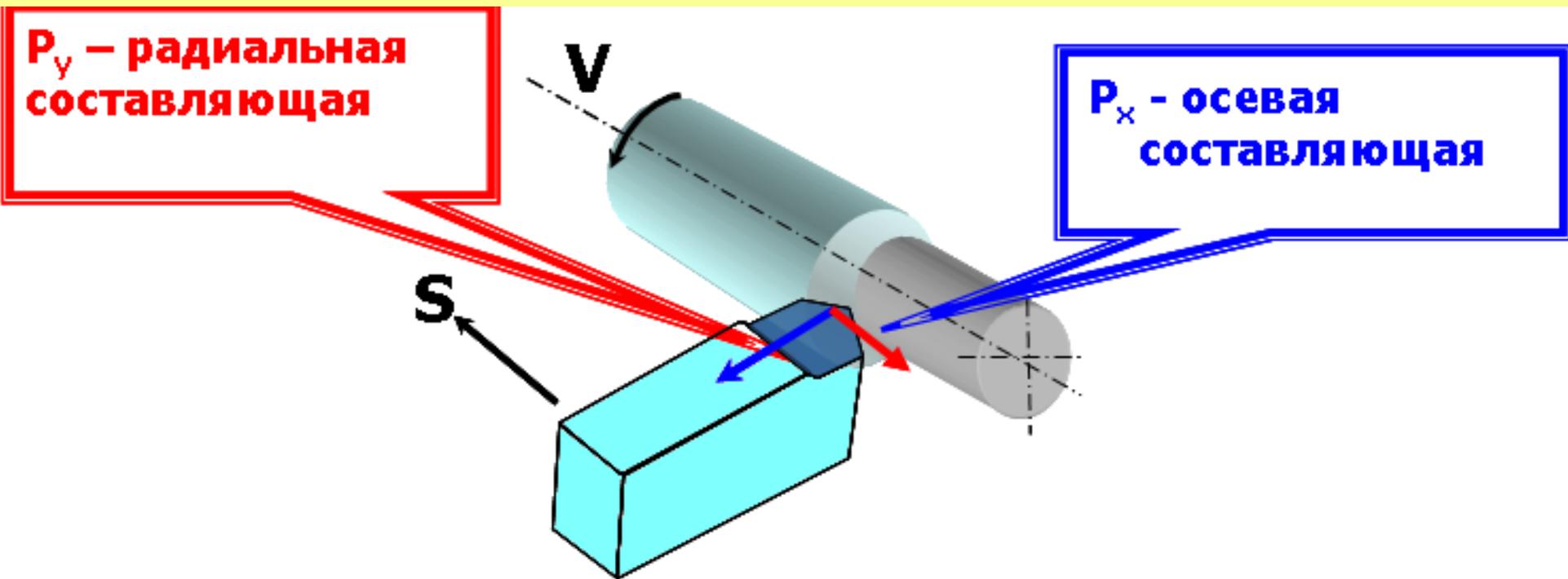
Равнодействующую сил, действующих на резец, называют равнодействующей силой резания R .

При токарной обработке равнодействующая сила резания раскладывается на три взаимно перпендикулярные составляющие силы, направление которых совпадает с главным движением станка (P_z) и направлением подачи (P_x), а составляющая P_y перпендикулярна направлениям P_z и P_x .

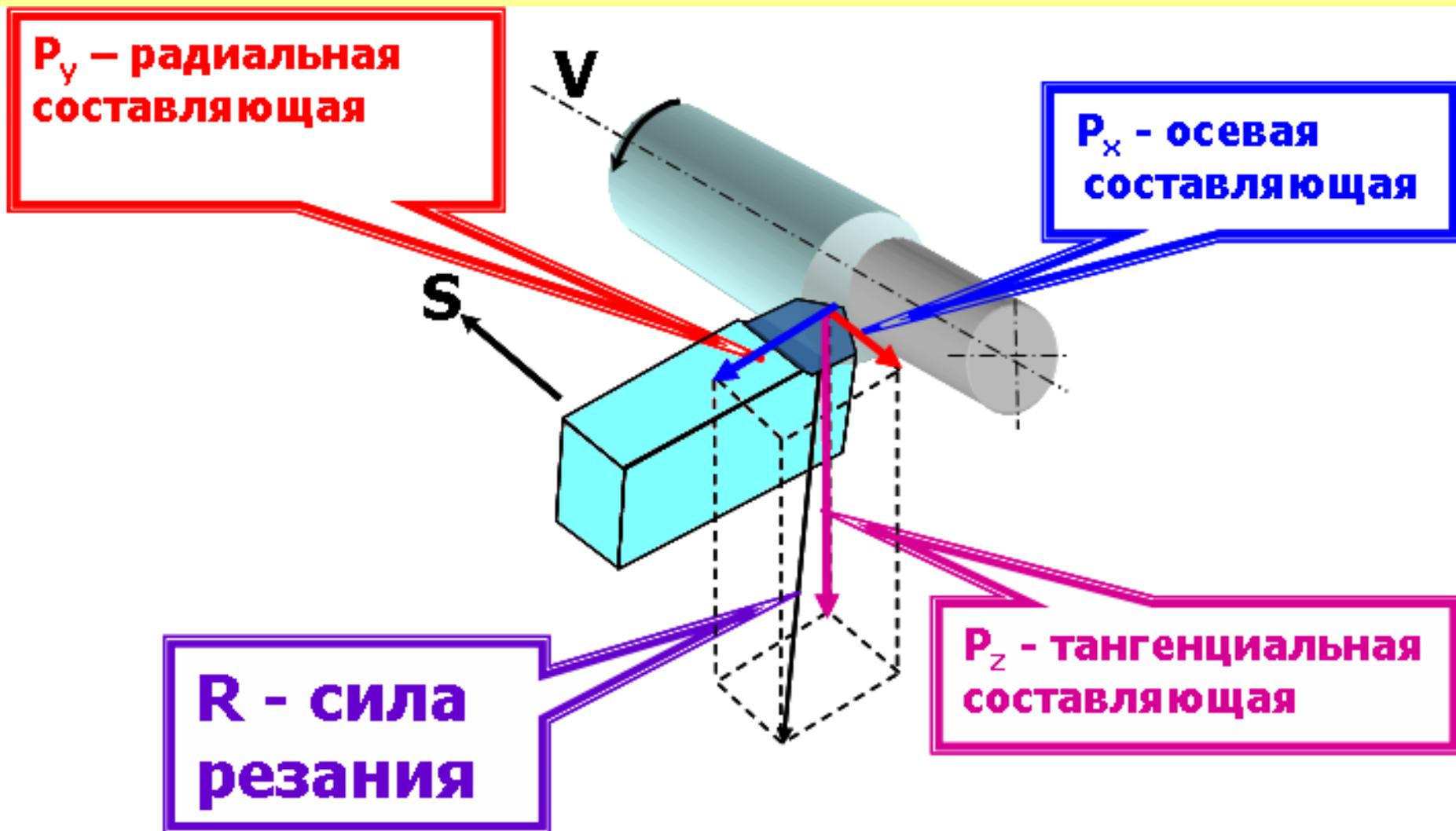
Сила резания



Сила резания

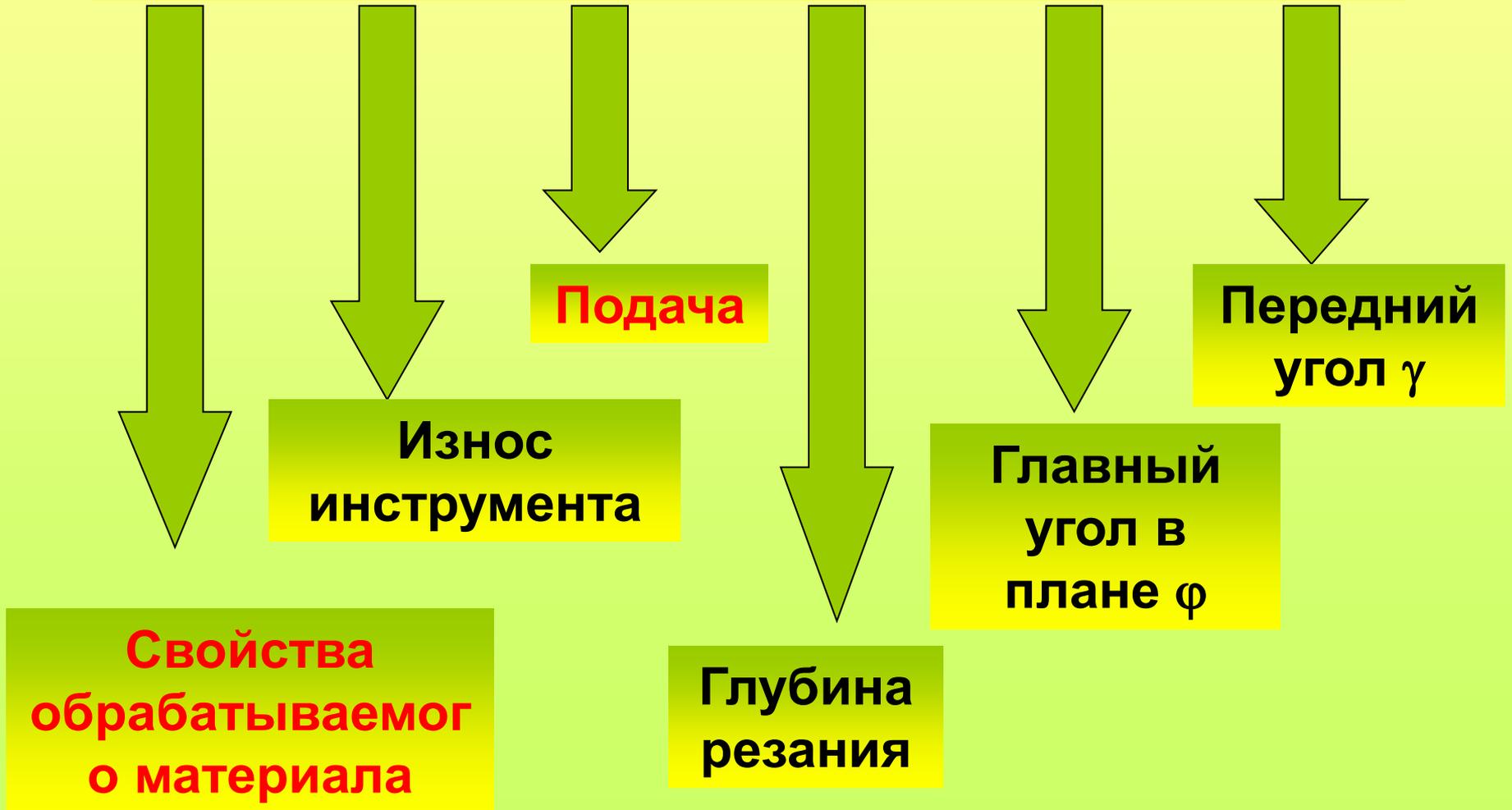


Сила резания



Сила резания

Факторы, влияющие на силу резания



Сила резания

При $\varphi=45^\circ$, $\gamma=15^\circ$, $\lambda=0^\circ$

$$P_x = (0,3-0,4)P_z$$

$$P_v = (0,4-0,5)P_z$$

Эмпирические зависимости силы резания от элементов режима резания:

$$P_z = C_{P_z} \cdot S^{y_{P_z}} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot K_{P_z},$$

C_{P_z} - коэффициент, зависящий от свойств обрабатываемого и инструментального материала, для стандартных условий обработки

K_{P_z} - коэффициент, который учитывает изменение условий обработки (материал, геометрию, наличие СОЖ и т.д.).

Мощность при резании

Мощность, затрачиваемая на резание, называется эффективной мощностью и определяется по формуле, кВт:

$$N_{эф} = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1000},$$

где P_z – Н;
 V – м/мин.

Мощность, расходуемая электродвигателем станка:

$$N_{эл} = \frac{N_{эф}}{\eta},$$

где η – к.п.д. станка,
 $\eta=0,45-0,95$

Старые станки

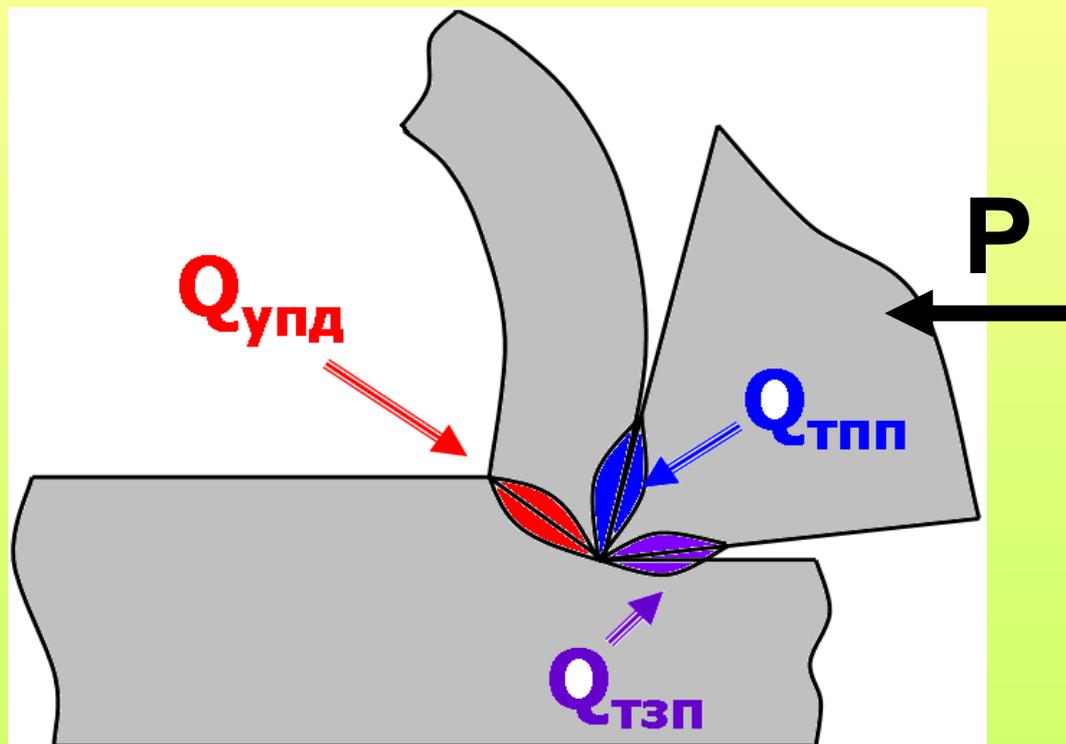
Новые станки

13.4. Тепловые явления при резании

При резании практически вся затрачиваемая на резание механическая энергия превращается в тепловую, то есть количество тепла, которое образуется при резании, зависит от затраченной работы.

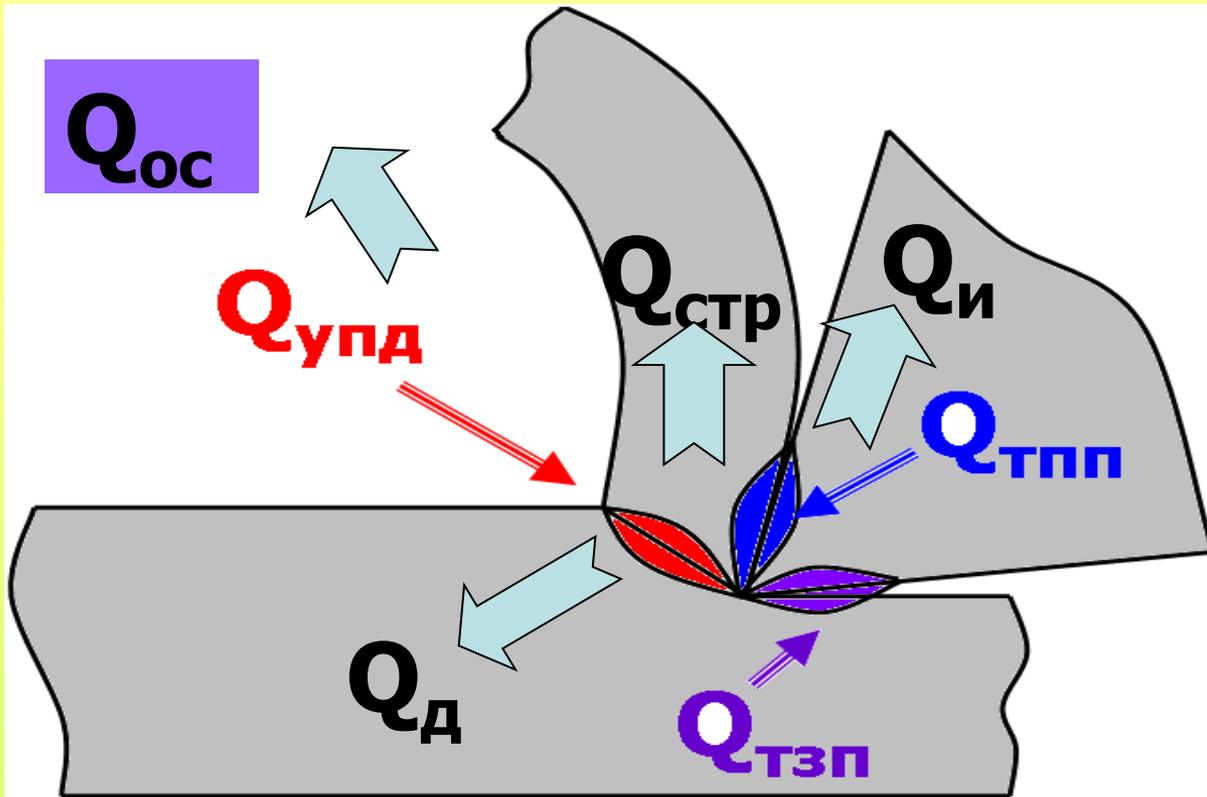
Источником **тепла** при резании металлов является работа:

1. затрачиваемая на упругие и пластические деформации в срезанном слое и в слоях, прилегающих к обработанной поверхности и поверхности резания $Q_{упд}$;



2. затрачиваемая на преодоление трения по передней $Q_{тпп}$ и задней поверхностям резца $Q_{тзп}$.

Тепловые явления при резании



$$Q = P_z \cdot V, \text{ Дж/с}$$

$$P_z - \text{Н,}$$

$$V - \text{м/с}$$

Тепло отводится в стружку ($Q_{\text{стр}}$ 25-85%), деталь ($Q_{\text{д}}$ 10-50%), инструмент ($Q_{\text{и}}$ 2-10%) и в окружающую среду ($Q_{\text{ос}}$ 1%).

Уравнение теплового баланса:

$$Q_{\text{упд}} + Q_{\text{тпп}} + Q_{\text{тзп}} = Q_{\text{и}} + Q_{\text{д}} + Q_{\text{стр}} + Q_{\text{ос}}$$

Тепловые явления при резании

Измерение температуры осуществляют различными методами: методом цветов побежалости, термокрасок, термопар, пирометрическим, калориметрическим, и др.

Природа появления цветов побежалости на металле такова: в результате нагрева металла на его поверхности образуется тончайшая пленка окисла. Цвет этой пленки зависит от степени нагрева стружки.

Метод цветов побежалости и термокрасок

Цвета побежалости и соответствующие им температуры (°C):

Чуть желтый - 200
Светло-желтый - 220
Темно-желтый - 240
Пурпуровый - 270
Темно-синий - 290
Светло-синий - 320
Синевато-серый - 350
Светло-серый, переходящий в белый – 400.

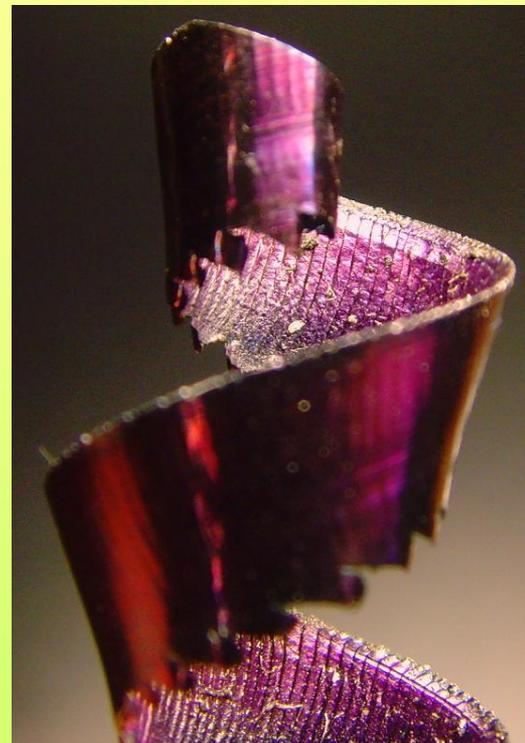
Эти методы имеют невысокую точность, измеряют температуру стружки.



Светло-серый - 400°C



Светло-синий - 320 °С

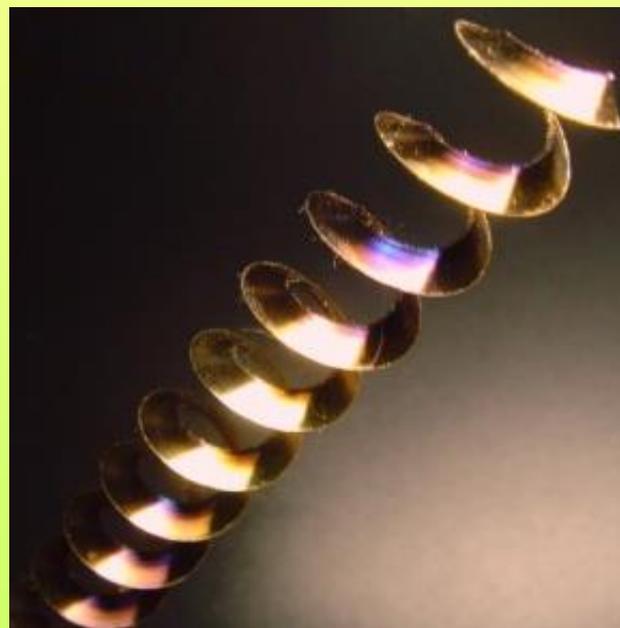


Пурпурный - 270 °С

Чуть жёлтый - 200 °C



Тёмно-синий - 290 °C



Тёмно-жёлтый - 240 °C

Тепловые явления при резании

Измерение температуры методом термопар даёт достоверные результаты.

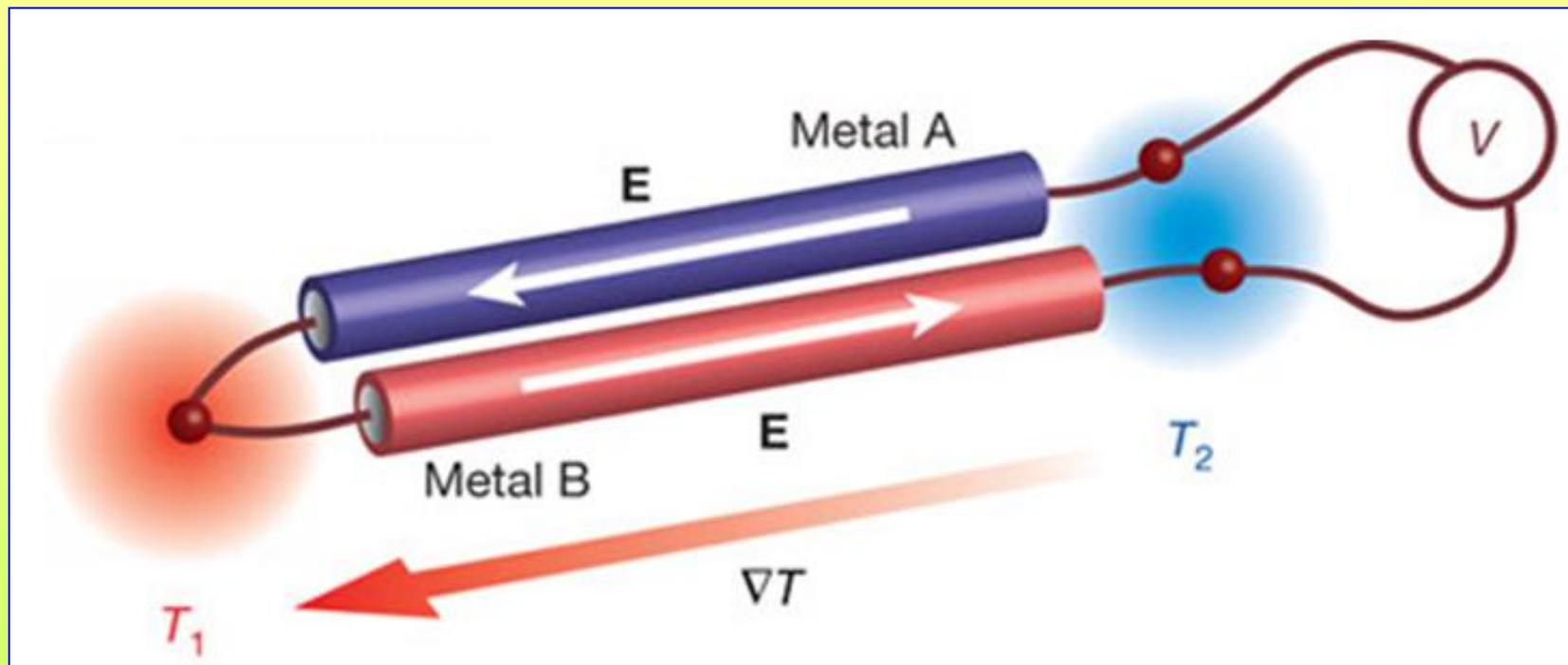
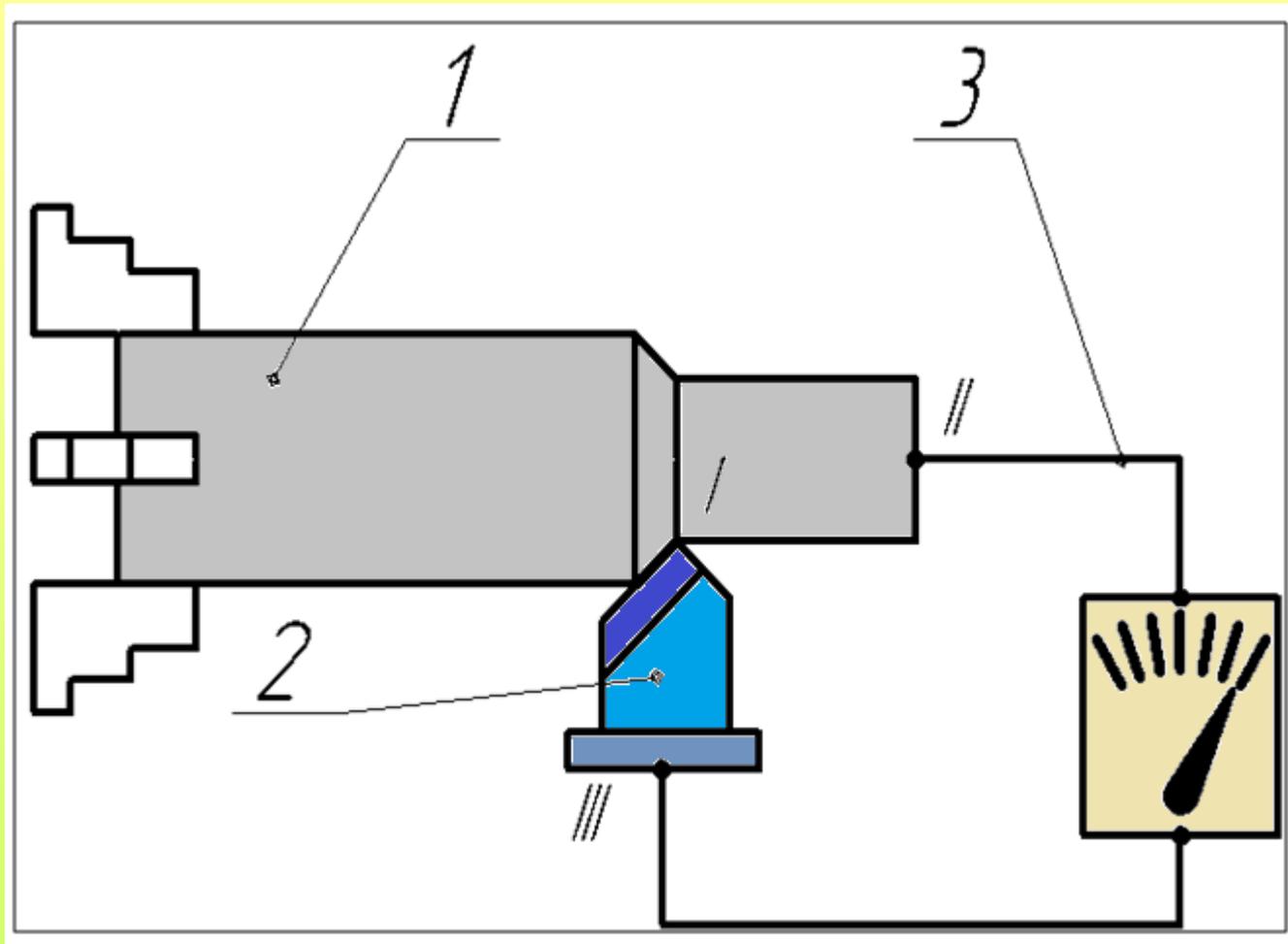


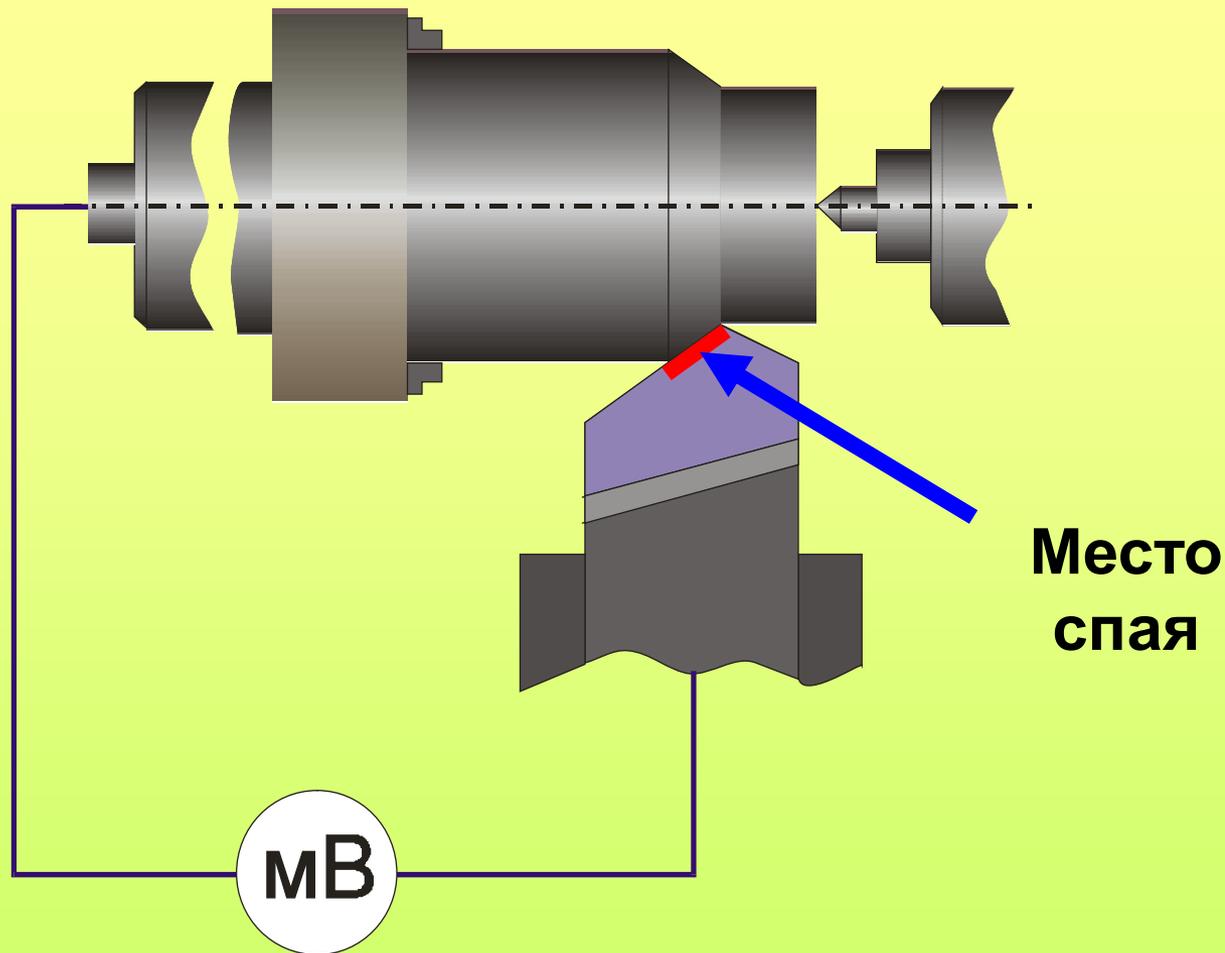
Схема устройства термопары: А и В – разнородные металлы; T_1 и T_2 – температура горячего и холодного спаев соответственно; V - милливольтметр

Тепловые явления при резании



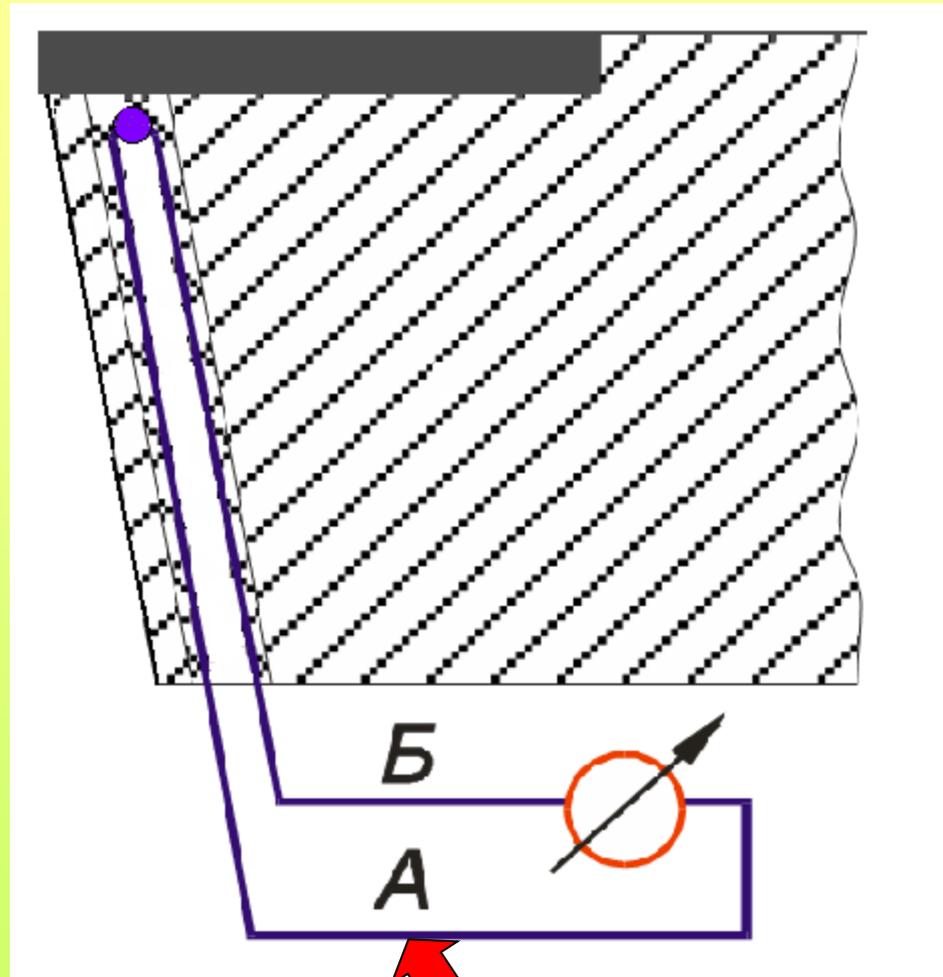
Измерение температуры резания методом **естественной термопары**: 1 – заготовка (сталь); 2 – резец (твёрдый сплав); 3 - милливольтметр

Тепловые явления при резании



Метод естественной термопары применяется, если деталь и инструмент проводят электрический ток.

Тепловые явления при резании



Метод искусственной термопары применяется, для любых инструментальных материалов (для электропроводных и не электропроводных).

Термопара

Тепловые явления при резании

Пирометрический метод



Температура резания

Эмпирическая зависимость температуры резания от элементов режима резания:

$$\theta = C_{\theta} \cdot V^m \cdot S^n \cdot t^q \cdot K_{\theta},$$

C_{θ}

- коэффициент, учитывающий теплофизические свойства обрабатываемого и инструментального материалов,

k_{θ}

- коэффициент, учитывающий влияние геометрии инструмента, наличие СОТС.

Наибольшее влияние на **температуру** резания оказывает **скорость резания**.

Тепловые явления при резании

Факторы, влияющие на температуру резания



Чем выше уровень температур резания, тем выше интенсивность износа инструмента.

Тепловые явления при резании

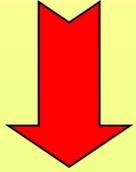
Смазывающе-охлаждающие *технологические среды (СОТС).* СОТС оказывает на процесс резания следующее действие:



Смазочное



Охлаждающее



Диспергирующее



Моющее

Существующие СОТС можно разделить на несколько групп

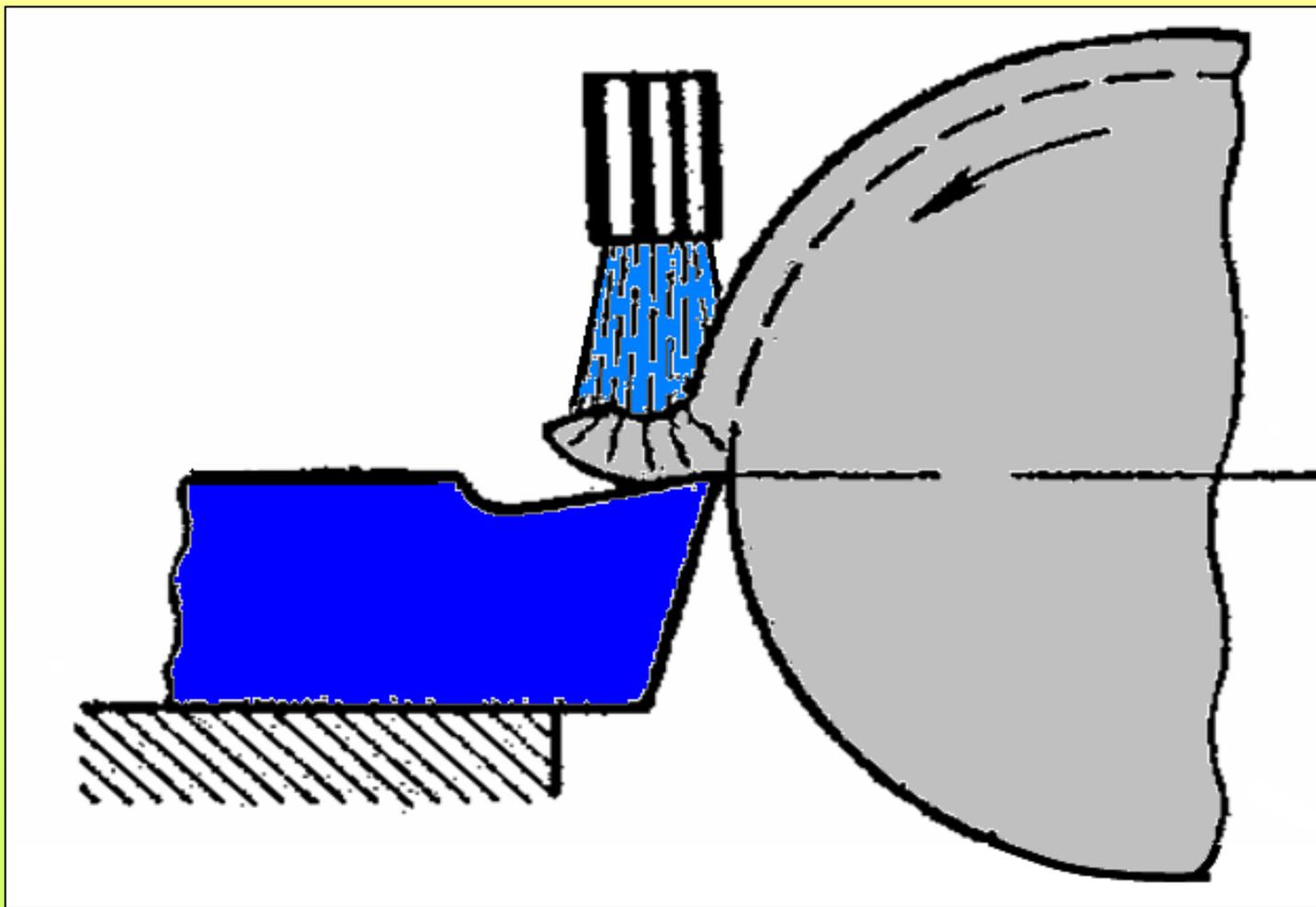
Жидкости:
эмульсии,
масла

Газы: азот,
СО₂, воздух

Твёрдые
вещества:
графит,
дисульфид
молибдена

Тепловые явления при резании.

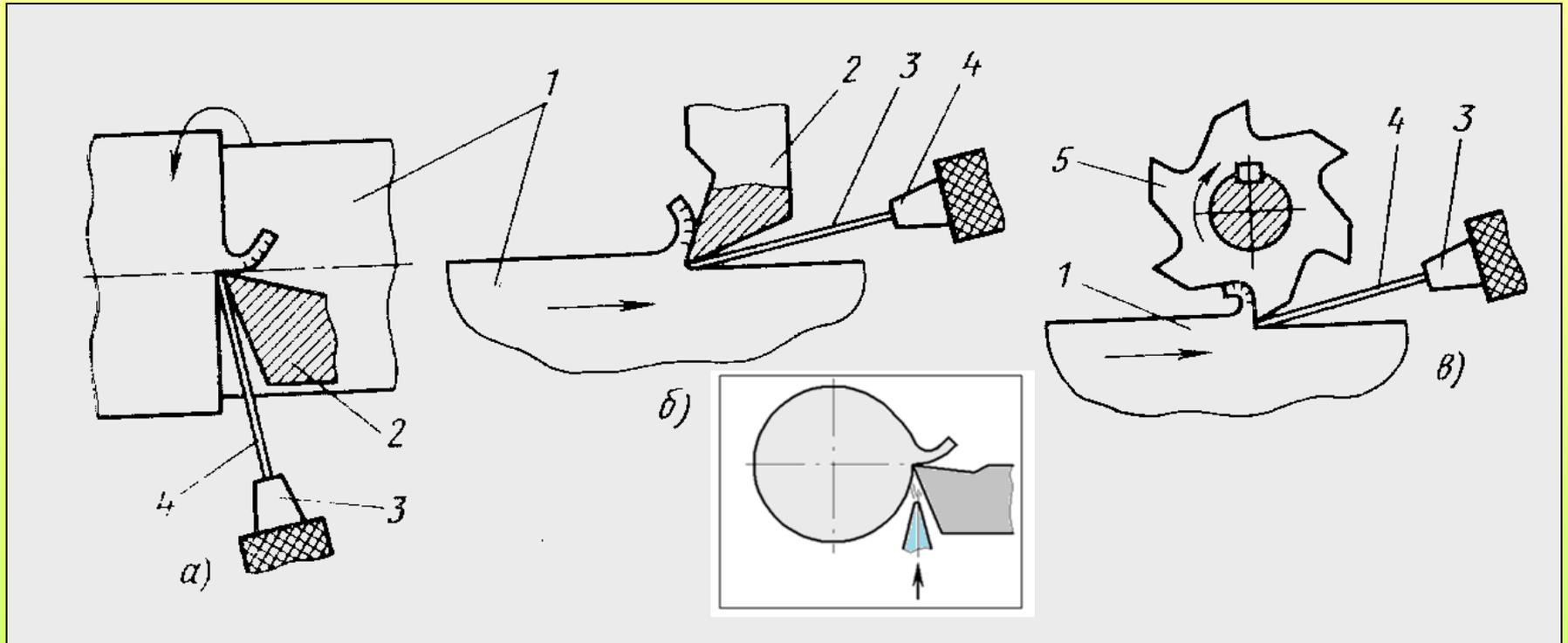
Способы подвода СОЖ



Полив сверху – имеет низкую эффективность

Тепловые явления при резании.

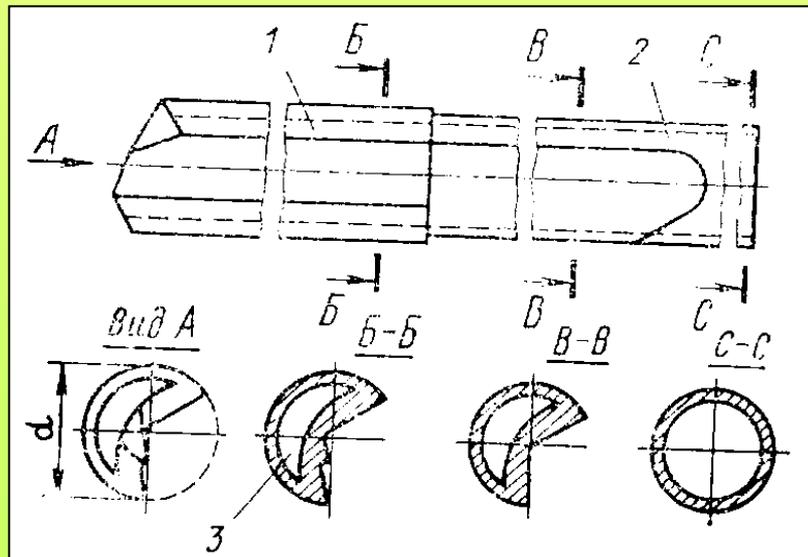
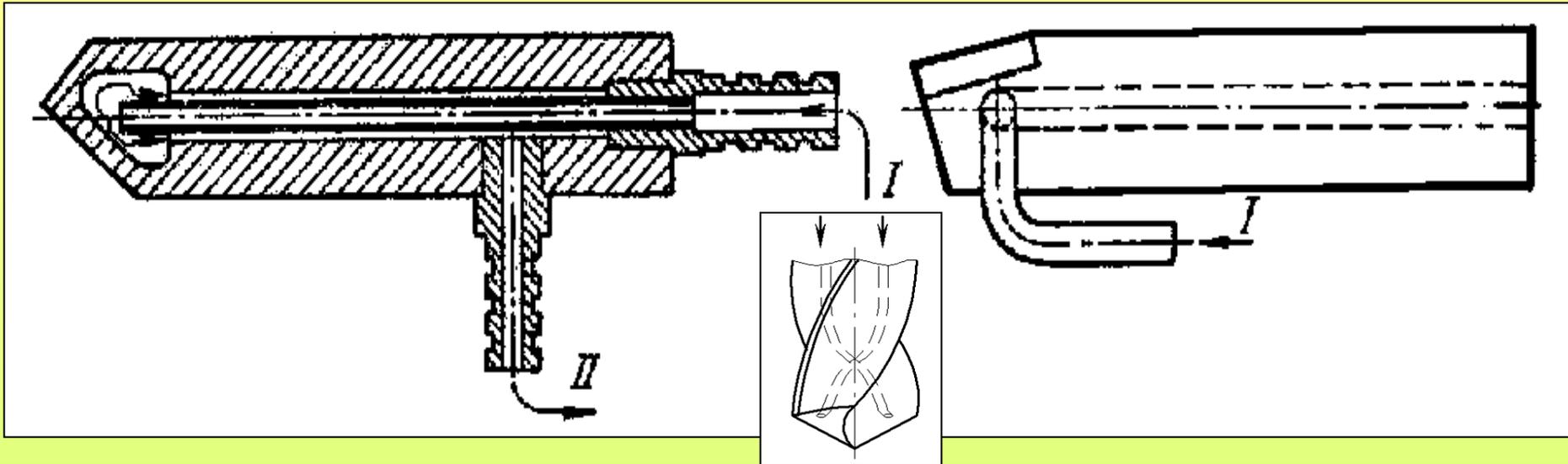
Способы подвода СОЖ



Подача СОЖ под давлением в зону резания имеет высокую эффективность

Тепловые явления при резании.

Способы подвода СОЖ

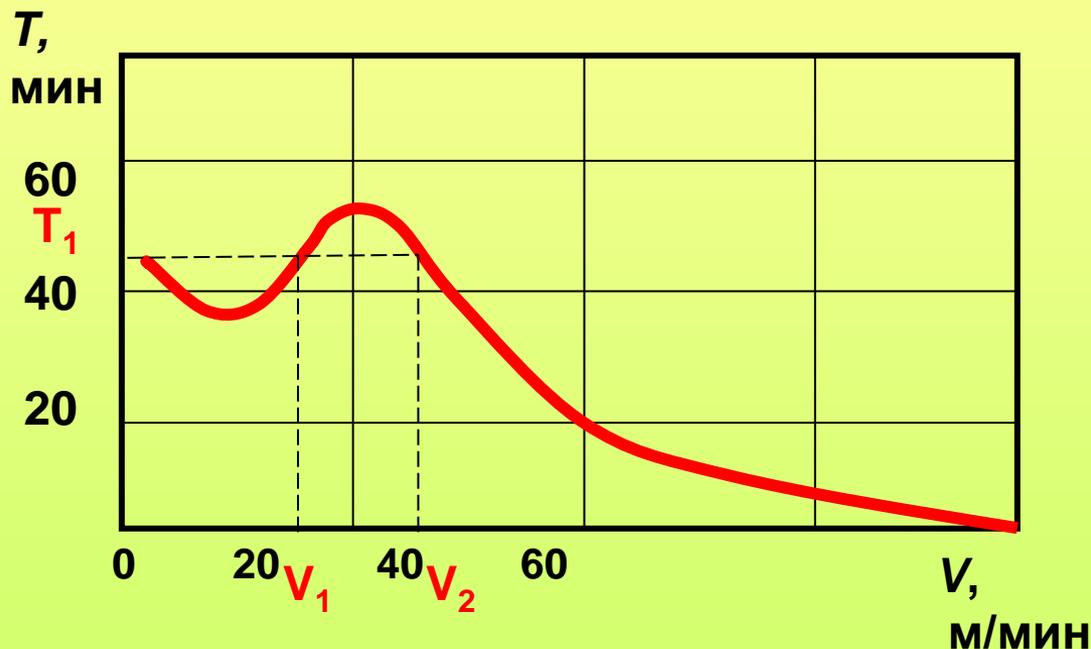


Подача СОЖ через каналы инструментов в зону резания – имеет высокую эффективность

13.5. Стойкость режущего инструмента

Стойкостью называют время работы инструмента между переточками при определённом режиме резания (T , мин).

Для протяжек,
прошивок,
модульных
фрез $T=180-240$
мин. Для
проходных
резцов $T=30-60$
мин.



Из этой зависимости видно, что при одинаковой стойкости резцов T_1 можно работать с различными скоростями резания, причём $V_1 > V_2$. Выгоднее работать, конечно, с большей скоростью V_2 .

Стойкость режущего инструмента

Поэтому зависимость между величиной V и T рассматривают на второй ниспадающей ветви, которая в простых координатах выражается кривой, а в логарифмических – прямой. Произведение:

$$V_1 \cdot T^{m_1} = V_2 \cdot T^{m_2} = V_3 \cdot T^{m_3} = C$$

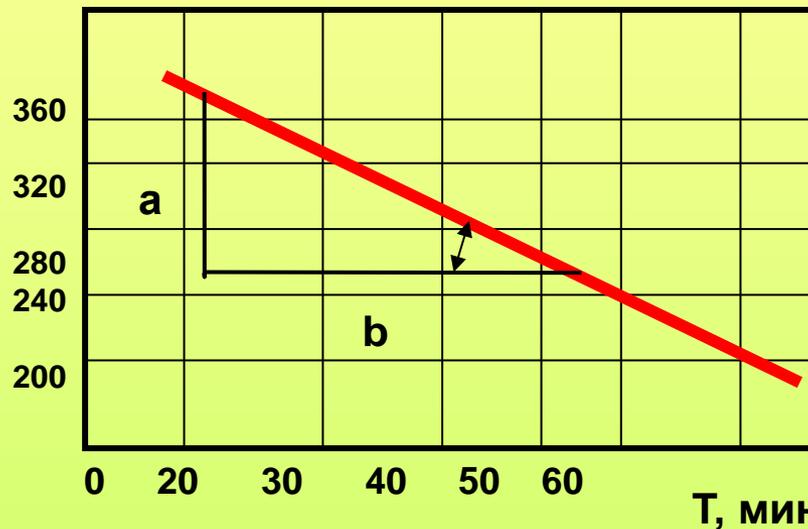
Если задать величину стойкости, то зависимость примет вид:

$$V = \frac{C}{T^m},$$

Это основная стойкостная зависимость.

Так как стойкость резко падает даже при небольших изменениях скорости резания, то следует работать с оптимальными значениями скорости резания, которым соответствует **оптимальная стойкость**.

V , м/мин

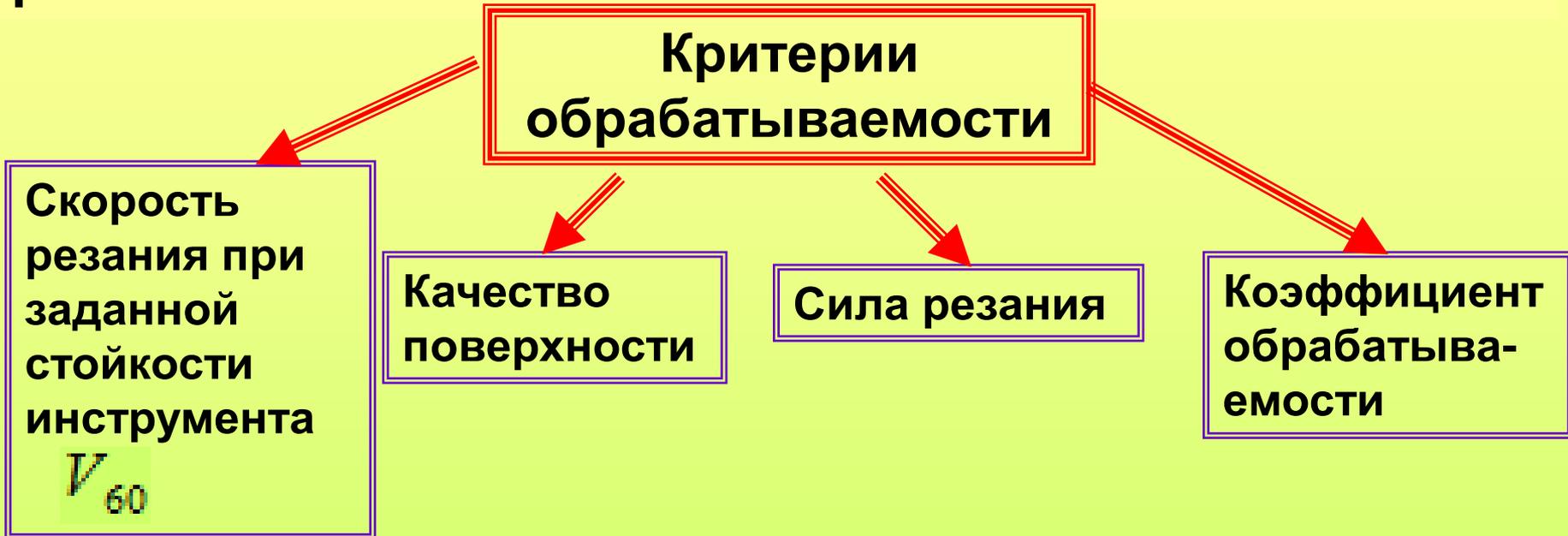


где m – показатель относительно стойкости; для резцов m лежит в пределах 0,1–0,3.

$$m = \operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}$$

13.6. Обрабатываемость

Под **обрабатываемостью** понимают свойство обрабатываемого материала поддаваться обработке резанием.



Обрабатываемость любого другого материала может быть выражена скоростью резания V_{60} и отношением $V_{60}/V_{60эт}$, которое называют относительной обрабатываемостью или **коэффициентом обрабатываемости**:

$$K_{об} = \frac{V_{60}}{V_{60эт}}$$

где $V_{60эт}$ – скорость резания эталона – стали 45.

Коэффициент обрабатываемости различных сталей

№	Марка стали	Твёрдость, HBW	Коэффициент обрабатываемости
1	Сталь 20	130	1,6
2	Сталь 45	179	1,0
3	Сталь 40Х	163	0,8
4	Сталь 35ХГСА	229	0,7
5	14Х17Н2	330	0,4

Контрольные вопросы

- 1. Какие типы стружек Вы знаете?**
- 2. Какова роль нароста в процессе резания?**
- 3. Какие существуют методы измерения температуры резания?**
- 4. Какие СОТС находят применение?**
- 5. Что такое стойкость и какое влияние оказывает на неё скорость резания?**
- 6. Что такое обрабатываемость и как её определяют?**

Задания для самостоятельной работы

- 1. Изучить измерение температуры резания методом термокрасок.**
- 2. Изучить методы измерения составляющих силы резания.**
- 3. Изучить, в каких случаях применяют в качестве технологических сред газы.**

Список литературы

1. Технология конструкционных материалов и материаловедение : учебное пособие / И. П. Гладкий, В. И. Мощенок, В. П. Тарабанова, Н. А. Лалазарова, Д. Б. Глушкова. – Харьков: ХНАДУ, 2011.

2. Прейс Г.А. Технология конструкционных материалов / Г.А. Прейс и др. – К. : Выща шк., 1991.

3. Технология обработки конструкционных материалов: Учебн. Для машиностр. спец. вузов / П.Г. Петруха и др.; Под. ред. П.Г. Петрухи. – М.: Высш. шк., 1991. – 512с.



Кафедра технології металлов и матеріалознавства

Лалазарова Наталиа Алексеевна

г. Харьков, ул. Петровского, 25, ХНАДУ, КАФЕДРА ТМ и М
Tel.(8-057)707-37-92