

# Механические свойства твёрдых тел

# Свойства металлов и сплавов

Различают физические, химические, технологические и механические свойства.

Физические свойства определяют поведение материалов в тепловых, гравитационных, электромагнитных и радиационных полях. К физическим относятся плотность, теплоемкость, температура плавления, термическое расширение, магнитные характеристики, теплопроводность, электропроводность.

Под химическими свойствами понимают способность материалов вступать в химическое взаимодействие с другими веществами, сопротивляемость окислению, проникновению газов и химически активных веществ. Характерным примером химического взаимодействия среды и металла является коррозия.

Технологические свойства металлов и сплавов характеризуют их способность подвергаться горячей и холодной обработке, в том числе при выплавке, горячем и холодном деформировании, обработке резанием, термической обработке и особенно сварке.

Целесообразность применения тех или иных материалов определяется не только их свойствами, но и их стоимостью.

При конструировании изделий в первую очередь руководствуются

механическими свойствами материалов. **Механические свойства**

**материалов характеризуют их способность сопротивляться**

**деформированию и разрушению под действием различного рода**

**нагрузок.** Механические нагрузки могут быть статическими,

динамическими и циклическими. Кроме того, материалы могут подвер

гаться деформации и разрушению как при разных температурах, так и в

различных, в том числе агрессивных, средах.

# Механические свойства

К ним относятся: твердость, прочность, упругость,

**Твердость** – это способность материала сопротивляться внешней нагрузке

**Прочность** – это способность материала воспринимать нагрузку не разрушаясь

**Упругость** – это способность материала восстанавливать первоначальную форму после прекращения действия внешней силы

**Пластичность** – это способность материала изменять форму и размеры под действием внешней нагрузки без разрушения

# Классификация механических испытаний

- По виду деформации - растяжение, сжатие, изгиб, кручение, срез.
- По характеру и времени воздействия нагрузок - статические (растяжение, изгиб, твердость), динамические (ударный изгиб), циклические (усталость), технологические (колпачки, выдавливание по Эриксену, кровельный замок, раздача трубы).
- По создаваемому в образце напряженному состоянию (одноосное растяжение, двухосное растяжение, трехосное объемное сжатие).
- По температуре - при нормальной, повышенной, пониженной температурах.

Современное машино- и приборостроение предъявляет высокие требования к конструкционным материалам в связи с резким повышением многих параметров работы: давлений, скоростей температур и т.п.

Широкое использование металлов в современной технике связано с тем, что они обладают замечательным комплексом механических свойств: **высокие прочность, твердость и упругость сочетаются у них с хорошей пластичностью и вязкостью.**

- **ПРОЧНОСТЬ** - способность металла противостоять действующим силам без разрушения;
- **ПЛАСТИЧНОСТЬ** - способность металла выдерживать деформацию без разрушения;
- **ДЕФОРМАЦИЯ** - изменение формы и размеров под действием силы, температуры, давления и т.д.;
- **УПРУГАЯ ДЕФОРМАЦИЯ** - когда тело восстанавливает размеры и форму после снятия нагрузки;
- **ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ** - когда тело изменяет первоначальную форму и размеры под действием сил.

# Виды деформаций

- Деформация – это изменение формы или размеров тела
- Упругая и пластическая
- Линейная и объёмная

# Виды деформаций

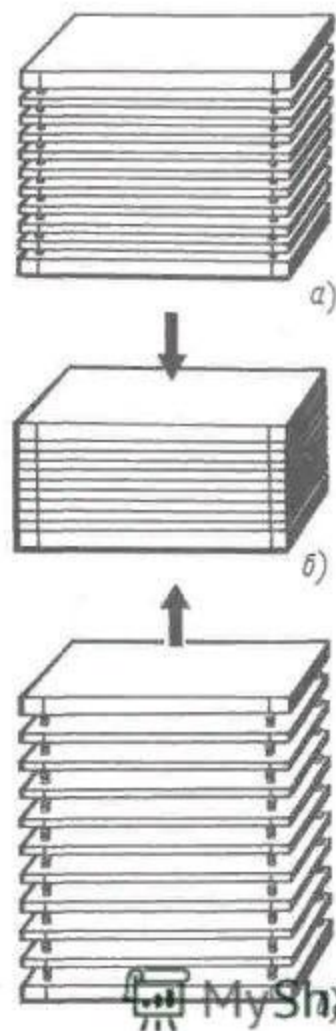
Среди деформаций, возникающих в твердых телах, можно выделить пять основных видов:

1. Растяжение
2. Сжатие
3. Сдвиг
4. Кручение
5. Изгиб.



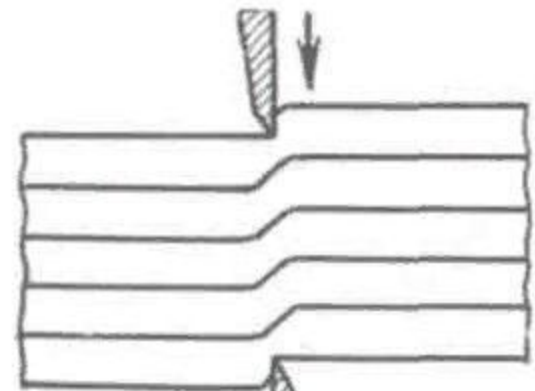
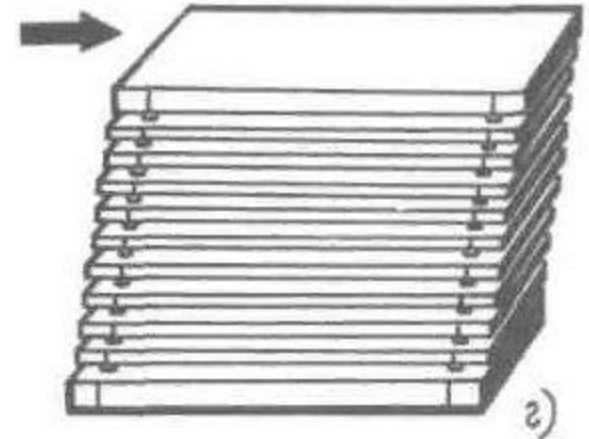
# Растяжение - сжатие

При деформации сжатия и растяжения пластины остаются параллельными друг другу и расстояния между каждой парой соседних пластин изменяются на одну и ту же величину. Растяжение испытывают тросы подъемных кранов, канатных дорог, буксирные тросы, струны музыкальных инструментов. Сжатию подвергаются колонны, стены и фундаменты зданий.



# Сдвиг

Деформацию сдвига можно получить, смещая верхнюю пластину параллельно самой себе и удерживая нижнюю неподвижной. При этом все пластины сместятся так, что расстояния между ними останутся неизменными. Деформацию сдвига испытывают, например, заклепки и болты, соединяющие металлические конструкции. Деформацией сдвига сопровождается процесс разрезания ножницами бумаги, картона, листового железа.

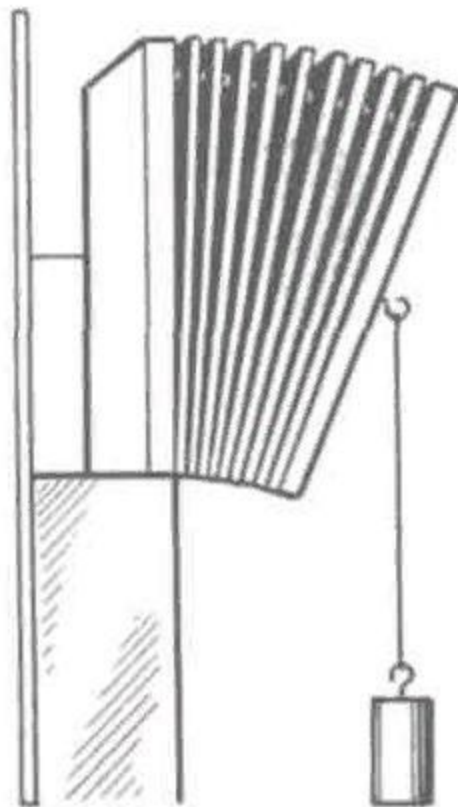


# Деформацию кручения

можно наблюдать при повороте верхней пластины модели вокруг вертикальной оси. При этом расстояния между пластинами не меняются, но точки пластин, ранее лежавшие на одной прямой, смещаются в сторону друг от друга. Деформации кручения возникают при завинчивании гаек, при работе валов машин, при сверлении металлов и т. п.

# Деформацию изгиба

Деформацию изгиба можно наблюдать, закрепив один конец балки, а к другому подвесив груз. В опыте на модели хорошо видно, что деформация изгиба сводится к деформации сжатия и растяжения, различной в разных частях тела. В середине бруска существует слой, не подвергающийся ни растяжению, ни сжатию. Он называется *нейтральным слоем*.

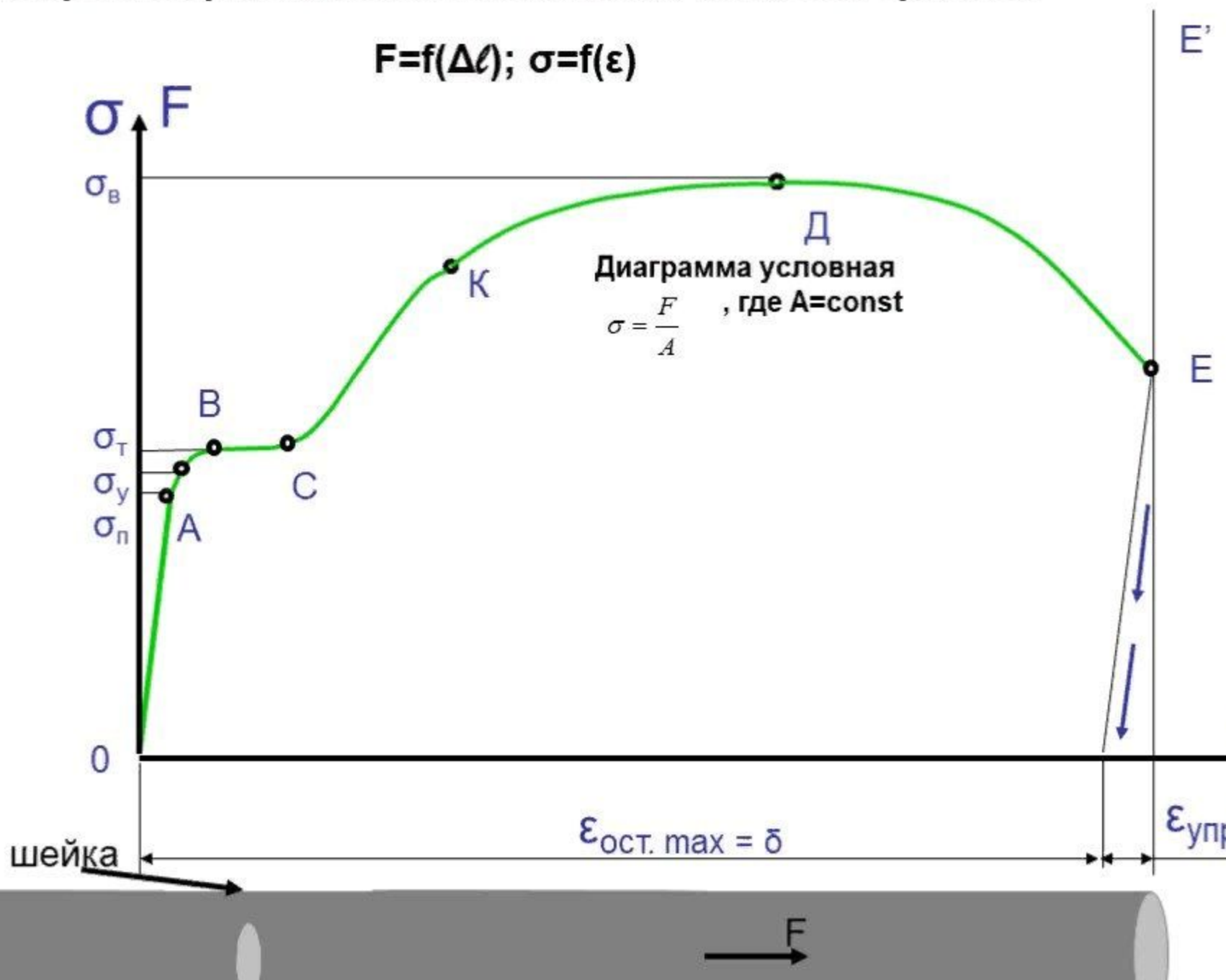


# Диagramма растяжения

Графическое изображение зависимости относительного удлинения образца от приложенного к нему напряжения называется диаграммой растяжения

# Диаграмма растяжения для пластичных материалов

$$F=f(\Delta l); \sigma=f(\varepsilon)$$



- $\sigma_n$  – пределом прочности называется напряжение, равно отношению наибольшего растягивающего усилия к первоначальной площади поперечного сечения образца.
- $\sigma_y$  – предел упругости – такое напряжение, при котором в материале получается наперед задания остаточная деформация (0,002 – 0,005%) от первоначальной длины образца.
- $\sigma_T$  – пределом текучести называется такое напряжение, при котором относительные деформации растут без увеличения нагрузки.
- $\sigma_B$  – предел пропорциональности называется, то наибольшее напряжение, до которого выполняется закон Гука, или то наибольшее напряжение, до которого относительные деформации в материале растут прямопропорционально напряжениям.



# Диаграмма растяжения

Наибольшее напряжение, которое способен выдержать образец без разрушения, называется *пределом прочности*.



# Запас прочности

Коэффициентом безопасности (или запасом прочности) называется отношение предела пропорциональности данного материала к максимальному напряжению, которое будет испытывать деталь конструкции в работе:

$$n = \frac{\sigma_n}{\sigma_D}$$

# Модуль упругости

При малых (упругих) деформациях растяжения и сжатия отношение механического напряжения  $\sigma$  к относительному удлинению  $\varepsilon$  называется *модулем упругости*  $E$  (модулем Юнга):

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{Fl_0}{|\Delta l|S}$$

# Деформация и напряжение

- Деформацию сжатия и растяжения можно характеризовать абсолютным удлинением  $\Delta l$

- Отношение абсолютного удлинения  $\Delta l$  к первоначальной длине образца называют относительным удлинением  $\varepsilon$ :

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

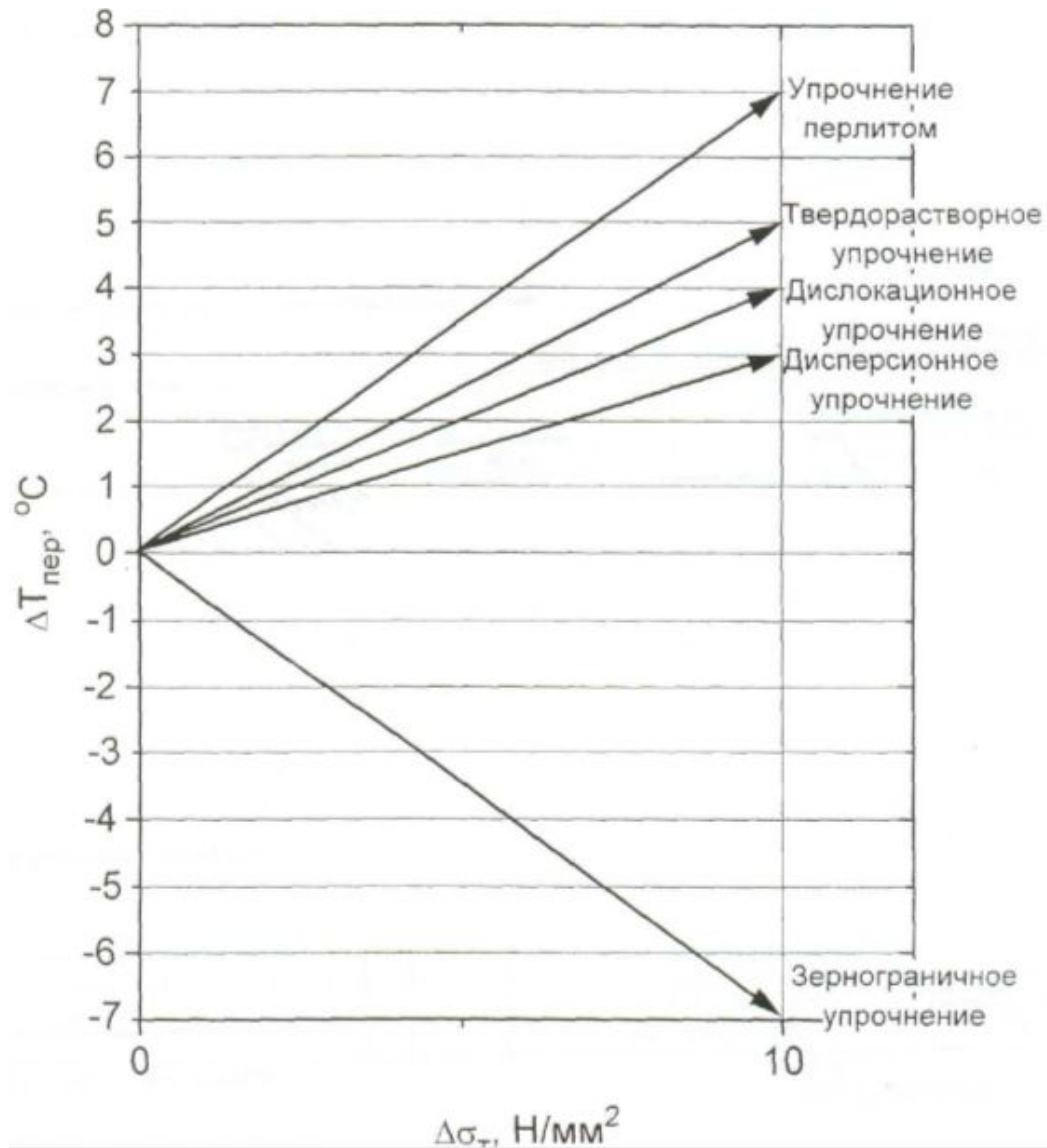
- Физическая величина, равная отношению модуля силы упругости  $F$ , возникающей при деформации, к площади сечения  $S$  образца, перпендикулярного вектору силы  $F$ , называется *механическим напряжением  $\sigma$* :

$$\sigma = \frac{F}{S}$$

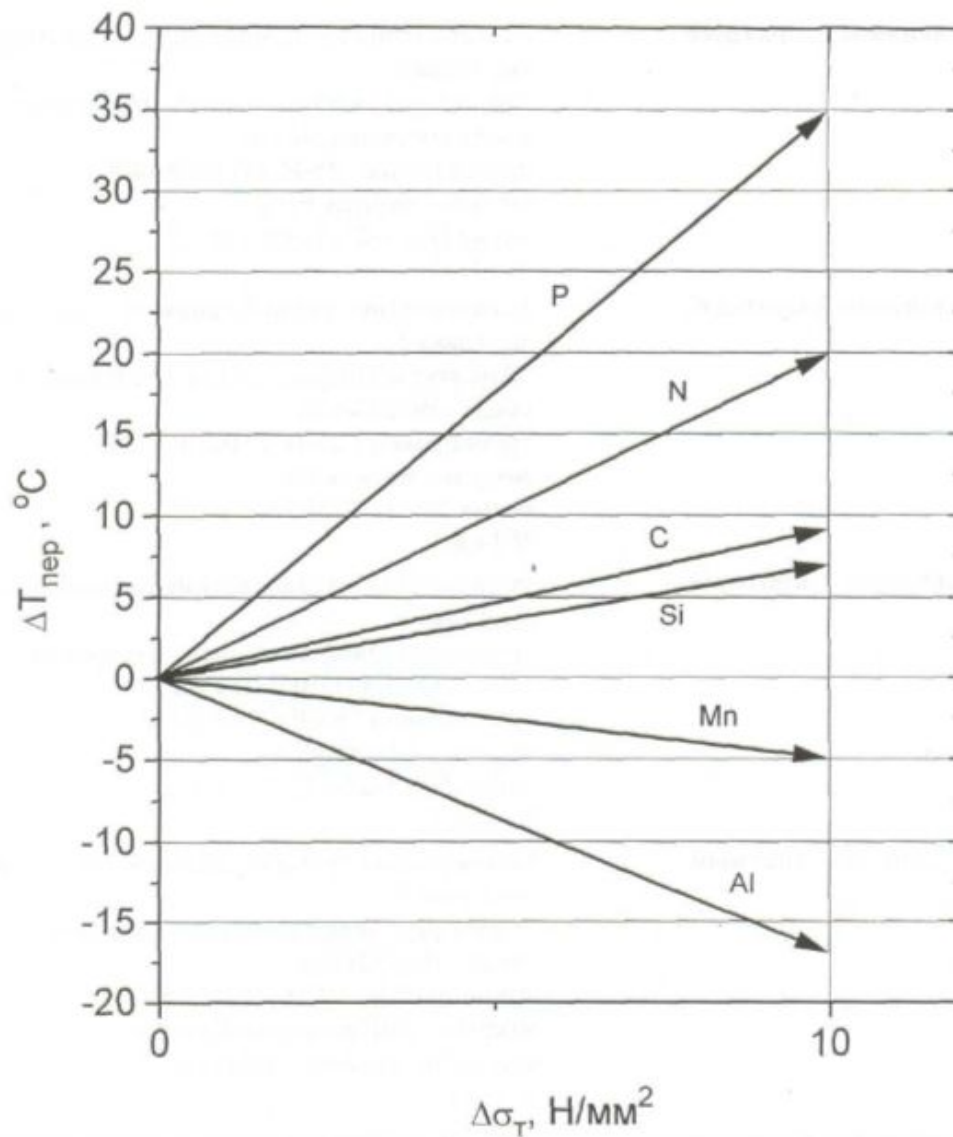
# МЕХАНИЗМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ СТАЛИ

- повышение содержания углерода;
- образование твердых растворов замещения и внедрения;
- дисперсионное упрочнение;
- повышение плотности дислокаций;
- **измельчение зерна;**
- упрочнение превращением

# Влияние различных механизмов упрочнения на переходную температуру хрупкого разрушения



# Влияние химических элементов на переходную температуру хрупкого разрушения



# Технологические и эксплуатационные свойства

## Технологические свойства

*Технологические свойства* характеризуют способность материала подвергаться различным способам холодной и горячей обработки.

### 1. Литейные свойства.

Характеризуют способность материала к получению из него качественных отливок.

*Жидкотекучесть* – характеризует способность расплавленного металла заполнять литейную форму.

*Усадка (линейная и объемная)* – характеризует способность материала изменять свои линейные размеры и объем в процессе затвердевания и охлаждения.

*Ликвация* – неоднородность химического состава по объему.

## **2. Способность материала к обработке давлением.**

Это способность материала изменять размеры и форму под влиянием внешних нагрузок не разрушаясь.

Она контролируется в результате технологических испытаний, проводимых в условиях, максимально приближенных к производственным.

Листовой материал испытывают на перегиб и вытяжку сферической лунки.

Проволоку испытывают на перегиб, скручивание, на навивание. Трубы испытывают на раздачу, сплющивание до определенной высоты и изгиб.

Критерием годности материала является отсутствие дефектов после испытания.

## **3. Свариваемость.**

Это способность материала образовывать неразъемные соединения требуемого качества. Оценивается по качеству сварного шва.

## **4. Способность к обработке резанием.**

Характеризует способность материала поддаваться обработке различным режущим инструментом. Оценивается по стойкости инструмента и по качеству поверхностного слоя.



## Эксплуатационные свойства

Эксплуатационные свойства характеризуют способность материала работать в конкретных условиях.

*Износостойкость* – способность материала сопротивляться поверхностному разрушению под действием внешнего трения.

*Коррозионная стойкость* – способность материала сопротивляться действию агрессивных кислотных, щелочных сред.

*Жаростойкость* – это способность материала сопротивляться окислению в газовой среде при высокой температуре.

*Жаропрочность* – это способность материала сохранять свои свойства при высоких температурах.

*Хладостойкость* – способность материала сохранять пластические свойства при отрицательных температурах.

*Антифрикционность* – способность материала прирабатываться к другому материалу.

При выборе материала для создания конструкции необходимо полностью учитывать механические, технологические и эксплуатационные свойства.