

# Изготовление заготовок и деталей обработкой давлением

Сущность технологического процесса изготовления заготовок и деталей обработкой давлением. Общая характеристика обработки давлением. Физические основы формоизменения при обработке давлением. Влияние обработки давлением на структуру и свойства металла. Строение деформированного металла. Нагрев заготовок перед обработкой давлением и сопутствующие ему явления (возврат, рекристаллизация, перегрев, пережог, термические напряжения, окалинообразование, обезуглероживание поверхностного слоя). Возможные дефекты при нагреве заготовок и мероприятия для их предупреждения. Понятия о горячей, холодной и неполной горячей обработке давлением – 2 часа.

## **ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ДАВЛЕНИЕМ (ОМД) –**

технологический процесс получения заготовок или деталей в результате силового воздействия инструмента на исходную заготовку.

*Получаемое изделие* – поковка.

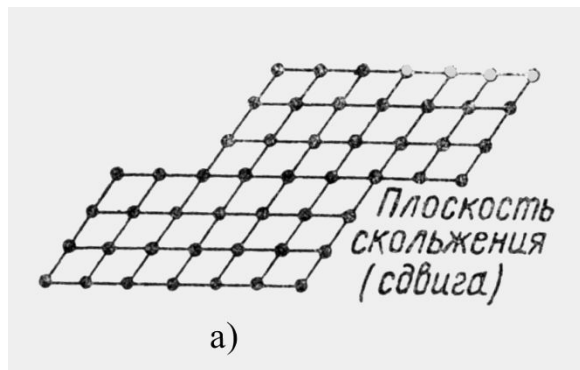
*Исходная заготовка* – квадратные, прямоугольные или многогранные слитки, кованные заготовки.

*Сущность процесса:* в результате силового воздействия инструмента на металл происходит смещение атомов металла.

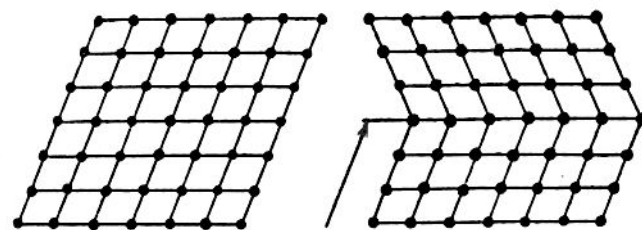
Если величина смещений не превышает расстояния между атомами, возникают упругие деформации, исчезающие после снятия нагрузки.

Если превышают – возникают пластические деформации, не исчезающие после снятия нагрузки.

ОМД основана на пластической деформации металла без нарушения его **сплошности** (связи между атомами не разрушаются). Если происходит нарушение сплошности материала – в теле возникают надрывы и трещины.



скольжение;



двойникование

Деформация при достижении предельных величин приводит к хрупким или вязким разрушениям.

Металлы с ОЦК и ГПУ склонны к хрупкому разрушению; с ГЦК – к вязкому

ОМД выполняется в *холодном, полугорячем и в горячем состояниях.*

При холодной обработке металл предварительно не нагревается.

При полугорячей – нагревается незначительно ( $T_{\text{нагр}} < 0,3T_{\text{пл}}$ ).

При горячей – нагревается до  $T_{\text{нагр}} \geq 0,3 T_{\text{пл}}$  ( $T_{\text{пл}} \approx 1530-1550^{\circ}\text{C}$ ).

Нагрев металла – в пламенных и электрических печах.

## Влияние температуры нагрева на свойства деформированного металла

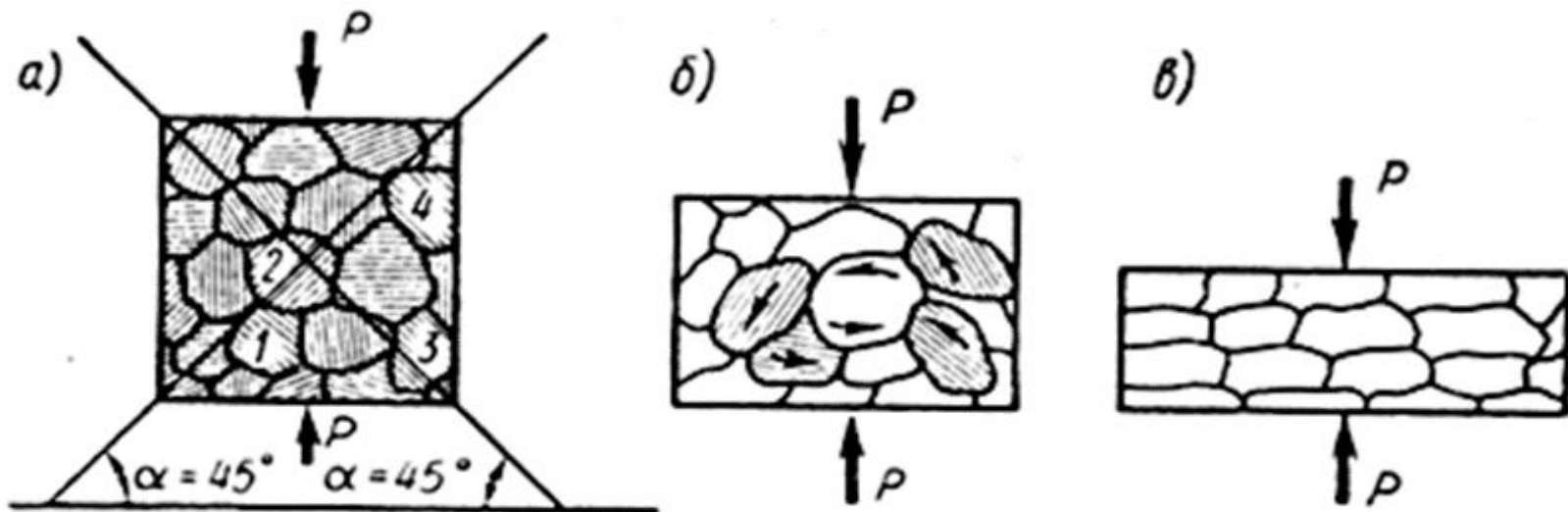
*Обработка давлением в холодном состоянии* - процесс деформирования не нагретого металла, зерна которого дробятся и вытягиваются в направлении пластического течения металла, создавая полосчатую (волоконную) микроструктуру.

Происходит искажение кристаллической решетки и возникают остаточные напряжения в металле (не исчезающие после снятия внешней нагрузки).

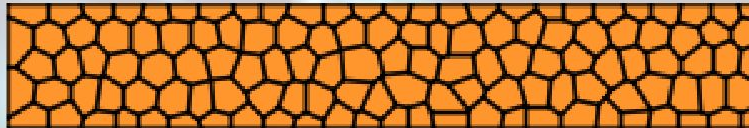
Эти явления вызывают упрочнение или *наклеп* металла.

В 1,5–2 раза увеличивается прочность и твердость металла и одновременно снижается его пластичность.

### Схема развития пластической деформации



**Наклеп** - явление упрочнения металла при пластической деформации.



Заготовка до деформации



Заготовка после деформации

- +** Прочность и твердость металла повышаются.
- Пластичность и вязкость металла снижаются.

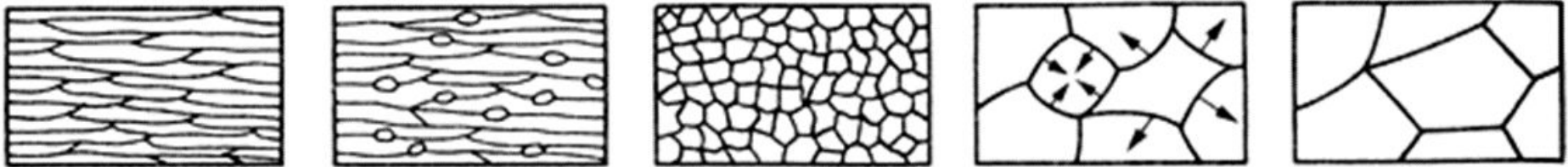
*Обработка давлением в горячем состоянии* - процесс деформирования предварительно нагретого металла до  $T \approx 0,3 T_{пл}$ .

Происходят разупрочняющие процессы, уменьшается степень искажения кристаллической решетки, что снижает уровень остаточных напряжений ( $\sigma_{ост}$ ).

Снижение  $\sigma_{ост}$  без изменения размеров и формы деформированных зёрен называется **возвратом**, который частично снимает наклеп металла.

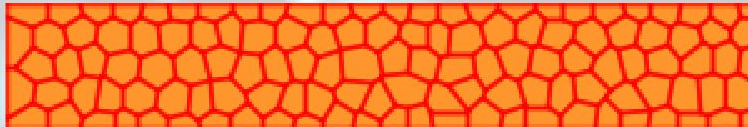
При нагреве деформированного металла до температур  $\approx 0,4 T_{пл}$  для чистых металлов и  $(0,5 - 0,6) T_{пл}$  для сплавов в твёрдом металле начинают расти новые зёрна, заменяющие вытянутые деформированные, упрочнение полностью снимается, и свойства материала приближаются к исходным.

**Рекристаллизация** – явление зарождения и роста новых равноосных зёрен взамен деформированных, вытянутых, происходящее при определенных температурах.



**Результат:** обеспечивается образование нормальной структуры, снижается степень искажения кристаллической решетки, исчезает анизотропия свойств, увеличивается пластичность, снижается твердость и улучшается обрабатываемость резанием.

**Рекристаллизация** - явление зарождения и роста новых равноосных зерен взамен деформированных, вытянутых, происходящее при определенных температурах.



Заготовка до деформации

Нагреваем заготовку до температуры  $T_p$  и деформируем:



Заготовка после деформации

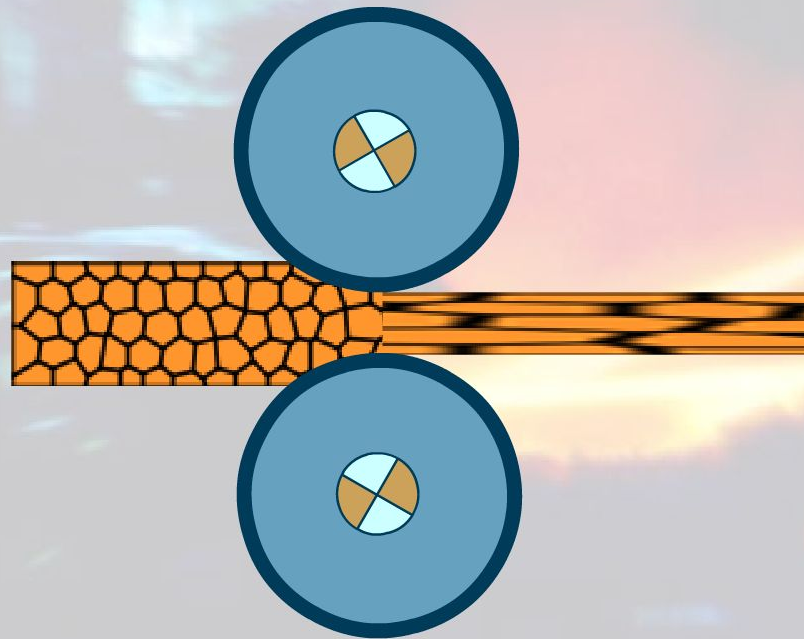
**Температура рекристаллизации** - температура нагрева металла, при которой в нагреваемом металле начинается процесс рекристаллизации.

$$T_p = a T_{пл},$$

где  $a$ -коэффициент, зависящий от состава и структуры металла;

$T_{пл}$ -температура плавления.

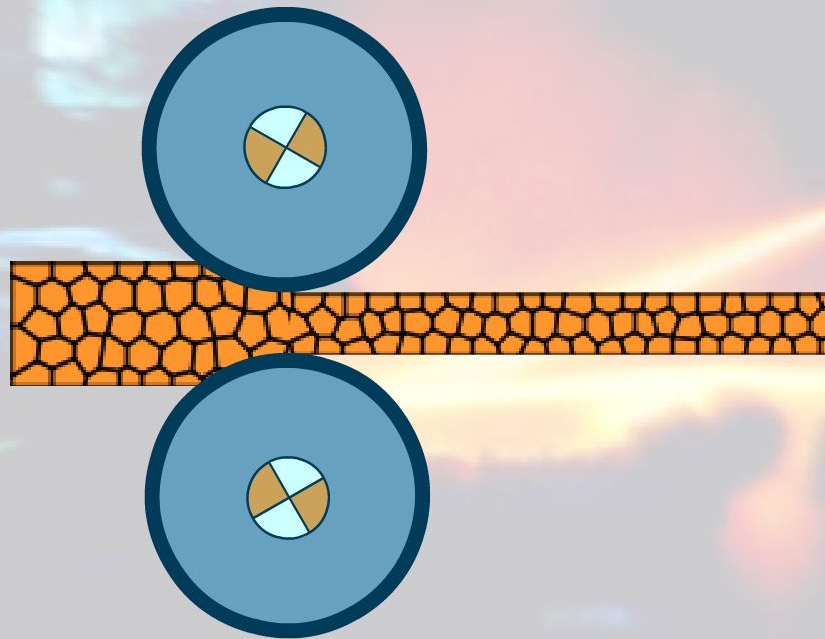
## Схема изменения микроструктуры металла при холодной деформации



**Холодная деформация** - это деформация, которая происходит ниже температуры рекристаллизации.



## Схема изменения микроструктуры металла при горячей деформации



**Горячая деформация** - это деформация, которая происходит выше температуры рекристаллизации.

При нагреве до слишком высоких температур могут возникнуть *перегрев* и *пережог*.

*Перегрев* характеризуется резким ростом размеров зерна, обуславливающим снижение пластичности металла.

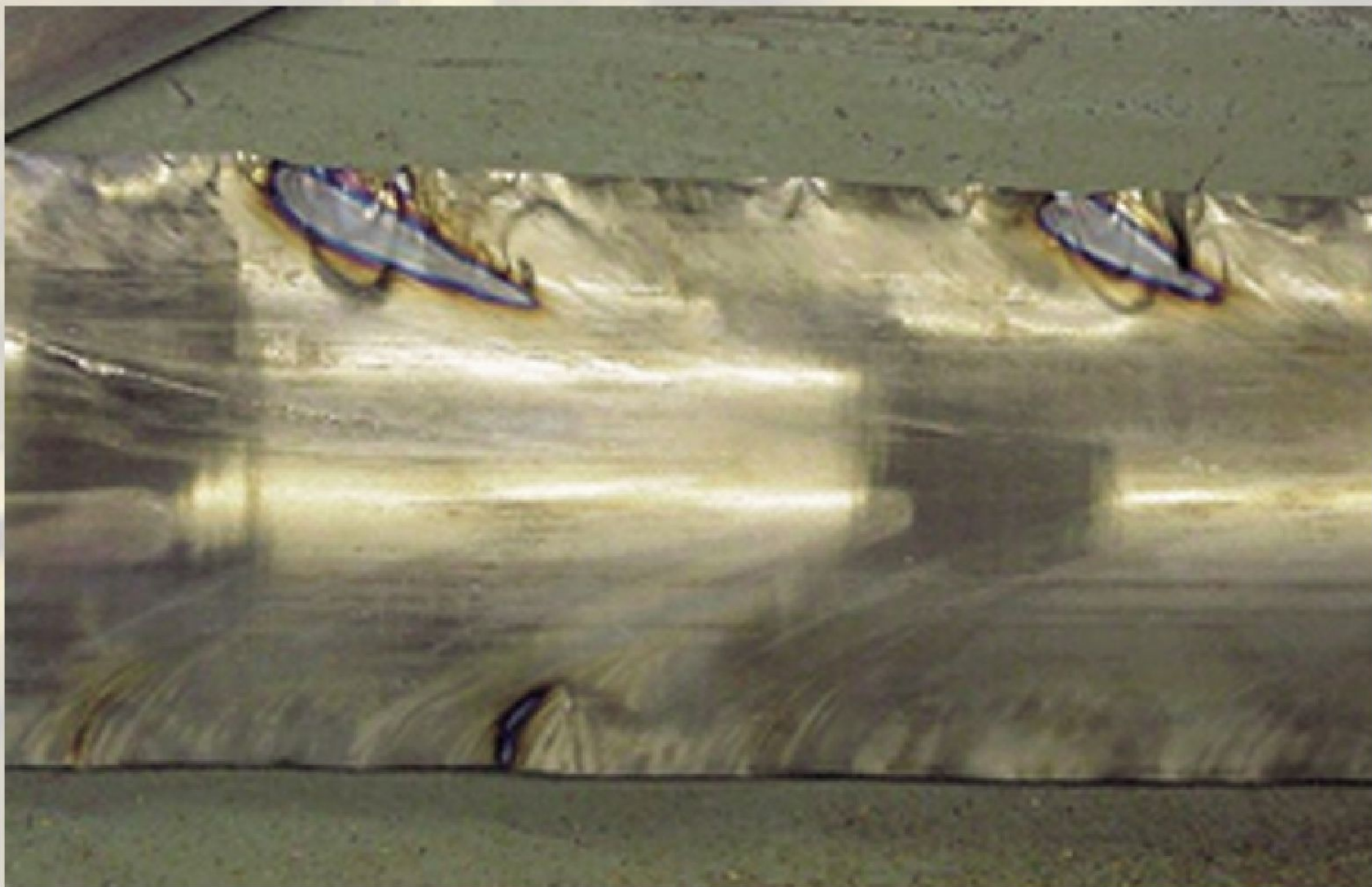
Перегрев ухудшает свойства получаемых изделий и его следует избегать.

Последствия перегрева в большинстве случаев можно исправить последующей термообработкой (отжигом), но для ряда материалов такое исправление вызывает значительные трудности.

*Пережог* возникает при более высоких температурах, чем перегрев и характеризуется окислением и оплавлением границ зерен, что нарушает связь между ними.

Материал не может обрабатываться давлением и должен быть отправлен на переплавку (неисправимый брак).

Т. е. при слишком низких температурах образуется наклеп металла, при слишком высоких - перегрев и пережог.



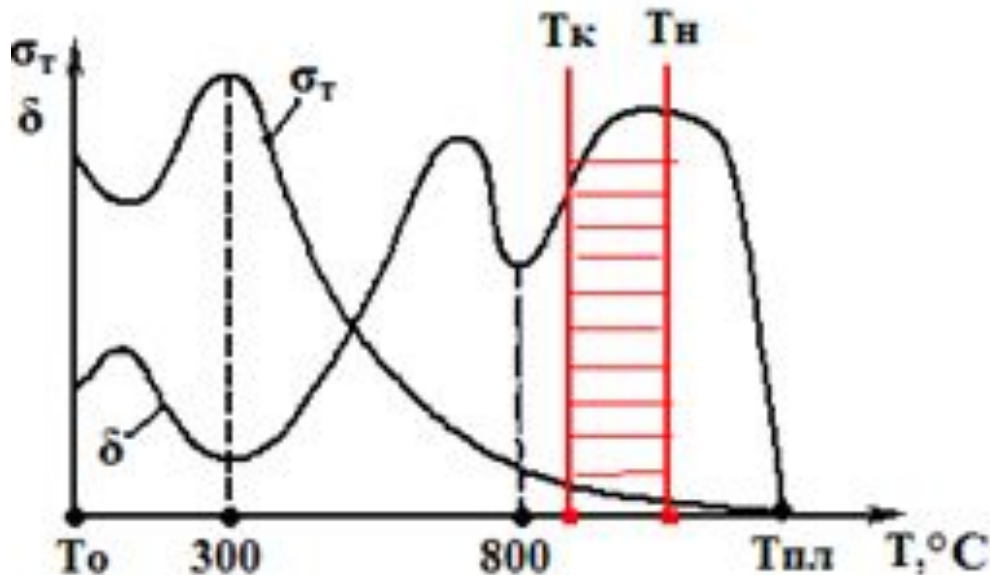
## Выбор диапазона температур нагрева металла.

С увеличением  $T$ , как правило, пластичность повышается. Но!!!....

У мало- и среднеуглеродистых сталей с повышением  $T$  пластичность повышается, у шарикоподшипниковых сталей – не изменяется, а у высоколегированных – снижается.

Область максимальной пластичности расположена между оптимальными  $T$  начала и конца горячей деформации конкретного материала, который называется *температурным интервалом горячей обработки давлением*.

Зависимость механических характеристик от температуры представлена на рис.



$\sigma_T$  – предел текучести;  
 $\delta, \%$  – относительное удлинение;  
 $T_0$  – комн. температура ( $T_0=20^\circ\text{C}$ );  
 $T_n$  – температура начала горячей обработки давлением;  
 $T_k$  – температура конца горячей обработки давлением.

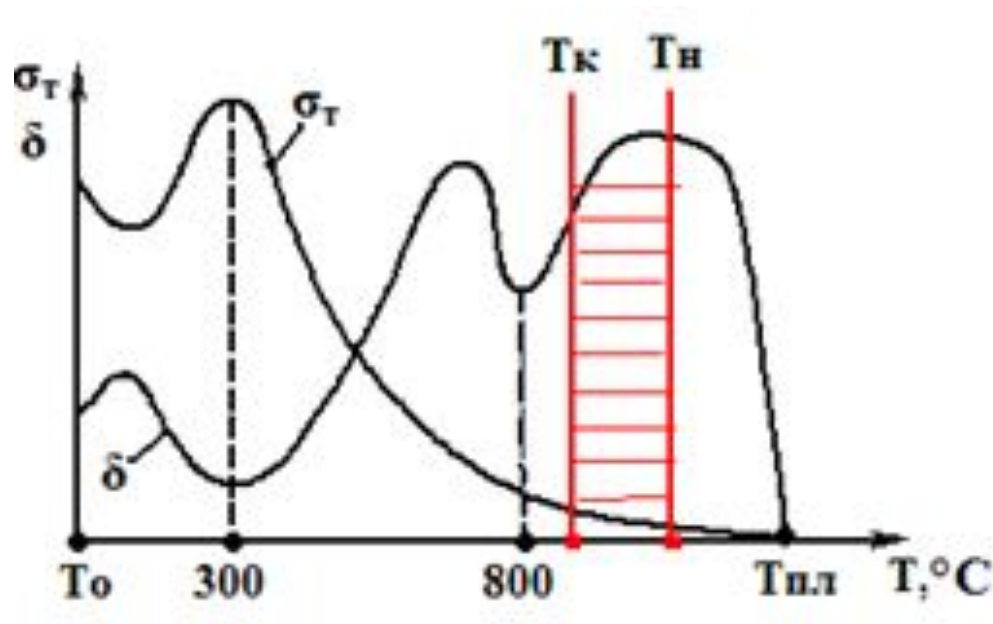
Заштрихованная область - температурный интервал горячей обработки давлением для углеродистой стали.

**При обработке металлов давлением необходимо учитывать следующие положения:**

1. При нагреве углеродистой стали до  $T = 100^\circ\text{C}$  происходит небольшое снижение  $\sigma_T$  и увеличение  $\delta$ . Затем материал попадает в зону *синеломкости* (значительно увеличивается  $\sigma_T$  и снижается  $\delta$ , экстремальные значения которых соответствуют  $300^\circ\text{C}$ ).

2. При  $1000^\circ\text{C}$   $\sigma_T$  уменьшается в 10 и более раз. Но в области  $T = 800\text{--}850^\circ\text{C}$  материал попадает в зону *красноломкости*, характеризующуюся значительным снижением  $\delta$  вследствие повышения хрупкости примесей, располагающихся по границам зерен.

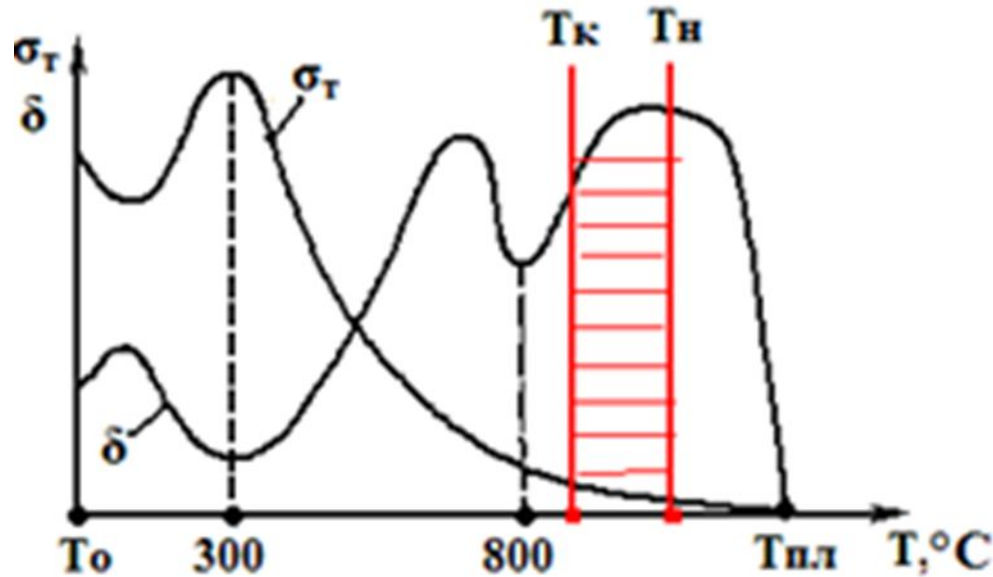
3. При  $T$  выше  $1250\text{--}1300^\circ\text{C}$  материал попадает в зону резкого роста зерен, снижается  $\delta$  – перегрев.



4. При нагреве выше зоны перегрева (до  $T=1450^{\circ}\text{C}$ ) материал попадает в зону почти полной потери пластичности (резким ростом хрупкости), обусловленной окислением и оплавлением границ зёрен (*пережог*).

5. При  $T_{пл}$  пластичность металла равна нулю.

6. Низкая  $T_{нагр}$  металла приводит к его упрочнению (наклепу), что снижает пластичность (может вызвать разрушение заготовки).



Интервал обработки ( $T_H - T_K$ ) назначается отдельно для конкретной марки стали.

## Характеристики материала, обрабатываемого давлением

Пригодность материала к конкретному способу обработки характеризуется основными свойствами материала.

**1. Пластичность** – способность материала пластически деформироваться без разрушения

(находится в прямой зависимости от хим. состава, структуры и фазового состава структуры материала).

### *1.1. Химический состав.*

С повышением содержания  $S$  в стали пластичность падает. Олово, свинец и сера, располагаются по границам зерен сплава и расплавляются в первую очередь ( $T_{пл}$  низкая), что приводит к потере пластичности при нагреве.

### *1.2. Структура металла.*

Металлы с мелким зерном пластичнее крупнозернистого.

Металл отливок менее пластичен, чем после обработки давлением, т.к. литая структура имеет резкую структурную неоднородность.

### *1.3. Фазовый состав структуры.*

зависит от скорости охлаждения металла (выше скорость охл. – ниже пластичность): феррит, перлит, сорбит, тросты, бейнит, мартенсит.

**2. Формоизменяемость** – свойство металла изменять свою форму под действием силового воздействия инструмента не разрушаясь.

- называется *ковкостью* при ковке,  
и *штампуемостью* при штамповке.

- существенно зависит от пластичности (выше пластичность – материал выдерживает без разрушения большее количество суммарного силового воздействия)

**3. Деформируемость** – способность материала в конкретных термомеханических условиях обработки давлением пластически деформироваться без значительного сопротивления.

Материал с повышенным сопротивлением пластической деформации, называется *труднодеформируемым материалом*, а низким – хорошо деформируемым.

- зависит от  $T$  нагрева металла (с повышением  $T$  – деформируемость улучшается).