

**ЛЕКЦИЯ 3**  
**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.**

**ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО -  
ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ И  
СПЛАВОВ**

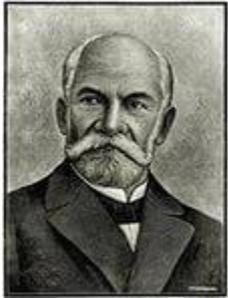
**ЧАСТЬ 1 Термическая обработка**

# ЛЕКЦИЯ 3

## МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

### ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО -ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

#### Термическая обработка



Основы термической обработки металла заложены в конце XIX века русским металлургом Д.К.Черновым. Наблюдая изменения, происходящие о внутреннем строении стали при ее нагревании и охлаждении, Чернов пришел к выводу, что эти изменения можно использовать в практических целях и управлять ими. Устанавливая режим нагревания и охлаждения, можно тем самым изменять некоторые свойства металлов.

**Термическая обработка** стали основана на свойстве металлов изменять свою структуру при нагревании и охлаждении. Путем термической обработки стали можно придавать ей различные свойства: сделать стальное изделие хрупким и твердым или, наоборот, мягким и пластичным.

**Термическая обработка** стали заключается в нагревании изделия или заготовки до определенной температуры, некоторой выдержки при этой температуре и последующим охлаждением с определенной скоростью.

# ЛЕКЦИЯ 3 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

## ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Режим нагрева, выдержки и охлаждения зависит от того, из какой марки получено изделие, формы и размеров изделия и других причин. Чтобы избежать брака при термообработке и добиться определенного режима, необходимо регулировать температуру нагрева изделия. Термообработку осуществляют по графику контроль за температурой в термопечах ведут при помощи термопар и пирометра.

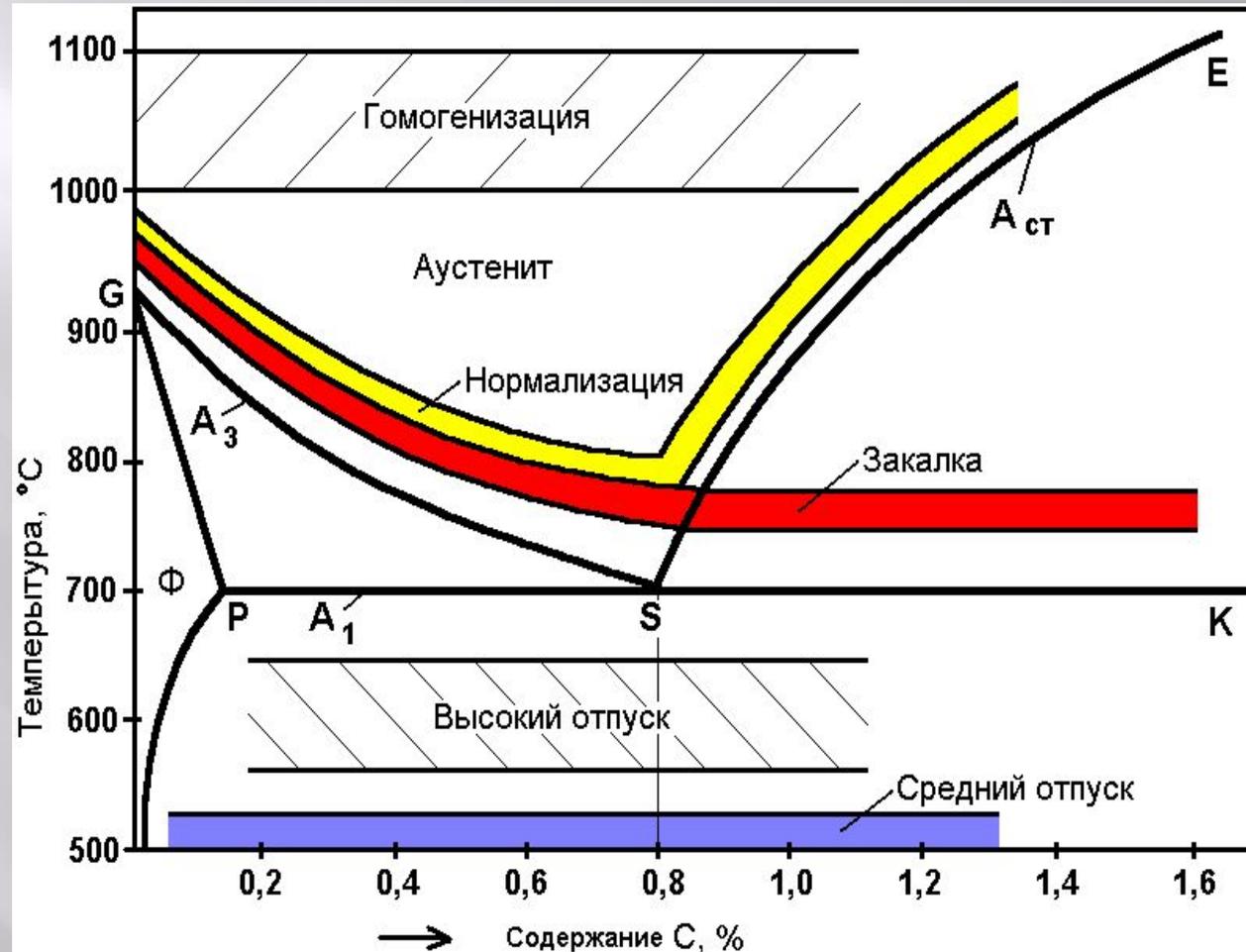


Рис. 5.1. Диапазон оптимальных температур нагрева при различных видах термообработки

## ЛЕКЦИЯ 3 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

### ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО -ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Температуру нагрева изделия можно также определить по цветам побежалости и каления. При нагревании защищенного изделия на его поверхности образуется пленка окисла.

При увеличении температуры и длительности нагрева толщина слоя пленки возрастает и цвет ее изменяется. Цвета окисных пленок на стальных изделиях при нагревании от  $220^{\circ}$  до  $350^{\circ}$  называются *цветами побежалости*.

При нагревании стали выше  $530^{\circ}$  сталь начинает светиться. С повышением температуры свечение стали меняется. Цвета, принимаемые сталью при нагревании выше  $530^{\circ}$ , называются *цветами каления*.

**ЛЕКЦИЯ 3**  
**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.**

**ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО -ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ  
МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ**

**Термическая обработка**

Отжиг

Закалка

Отпуск

Нормализация

Криогенная Обработка

## ЛЕКЦИЯ 3

### МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

# ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО -ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

**Отжиг** – термическая обработка, в результате которой металлы или сплавы приобретают структуру, близкую к равновесной. Отжиг вызывает разупрочнение металлов, сопровождающееся повышением пластичности и снятием остаточных напряжений.

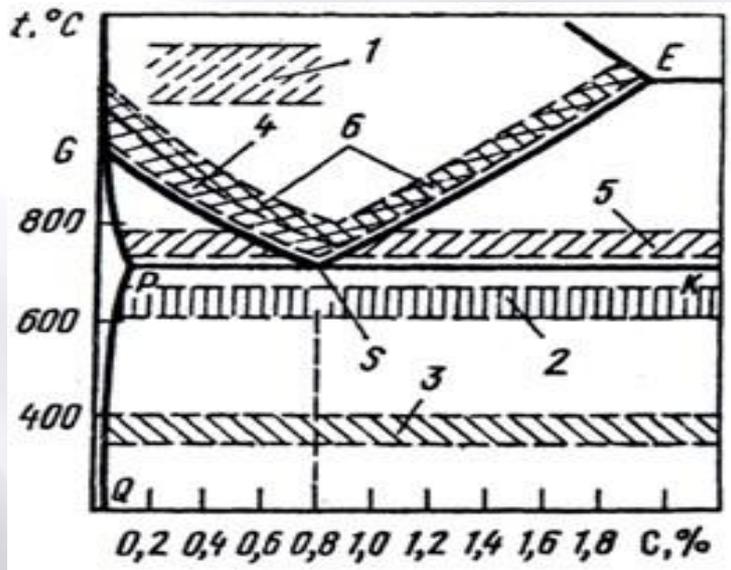
*Отжиг заключается* в нагреве изделий до определенной температуры, выдержке их при данной температуре с последующим медленным охлаждением вместе с печью. При этом заготовки или изделия получают устойчивую структуру без остаточных напряжений.

**Цели отжига** – снятие внутренних напряжений, устранение структурной и химической неоднородности, снижение твердости и улучшение обрабатываемости, подготовка к последующей операции термообработки.

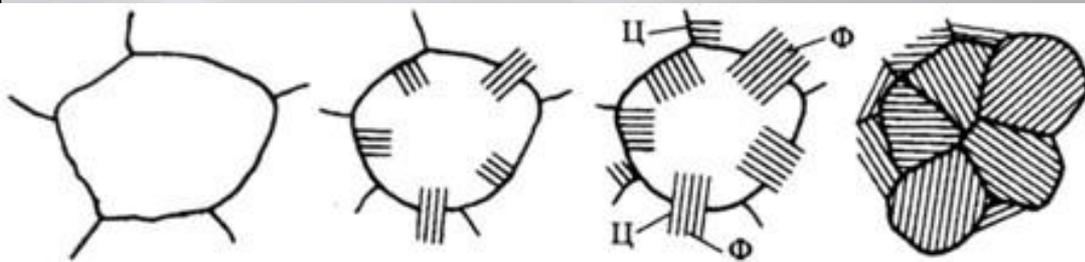
# ЛЕКЦИЯ 3 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

## ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО -ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Отжиг стали проводят для получения требуемой равновесной структуры с минимальной твердостью, с целью дальнейшей обработки получаемых деталей резанием. Изделие нагревают до нужной температуры и охлаждают вместе с печью.



Области нагрева стали при отжиге: 1 – диффузионном; 2 – рекристаллизационном; 3 – для снятия напряжений; 4 – полном; 5 – неполном; 6 – нормализационном.



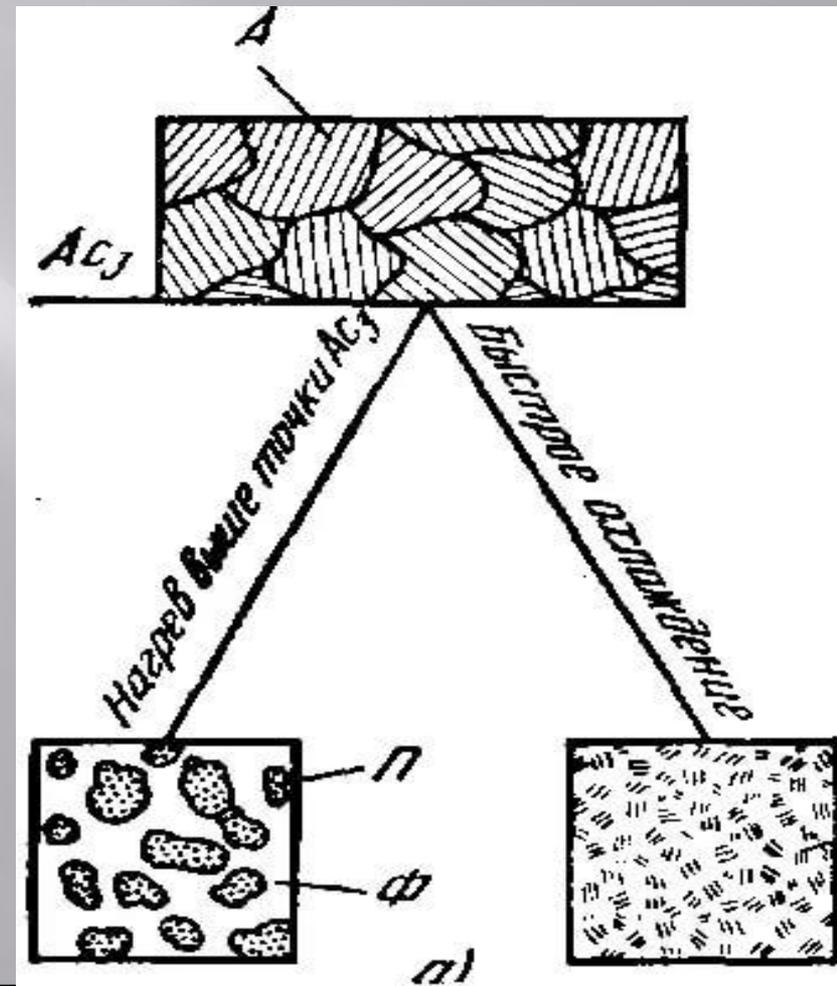
Структурные превращение в эвтектоидной стали при полном отжиге

# ЛЕКЦИЯ 3 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

## ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

**ЗАКАЛКА** – основана на перекристаллизации металлов и заключается в нагревании металлического изделия до определенной температуры, выдержки и быстром охлаждении.

Скорость охлаждения зависит от охлаждающей среды. Распространенной охлаждающей жидкостью является вода. Кроме воды, для охлаждения при закалке применяют ряд растворов, масло, расплавленный свинец и др. Выбор охлаждающей среды зависит от содержания углерода в стали. Сталь, содержащая углерода 0,9%, требует наименьшей скорости закалки



# ЛЕКЦИЯ 3 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

## ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Углеродистые стали у которых содержание углерода ниже 0,30% (марки Ст.1 до Ст30), закалке не подвержены. Легированные стали закаливают маслом. Закалку применяют для повышения твердости, прочности и износостойкости.

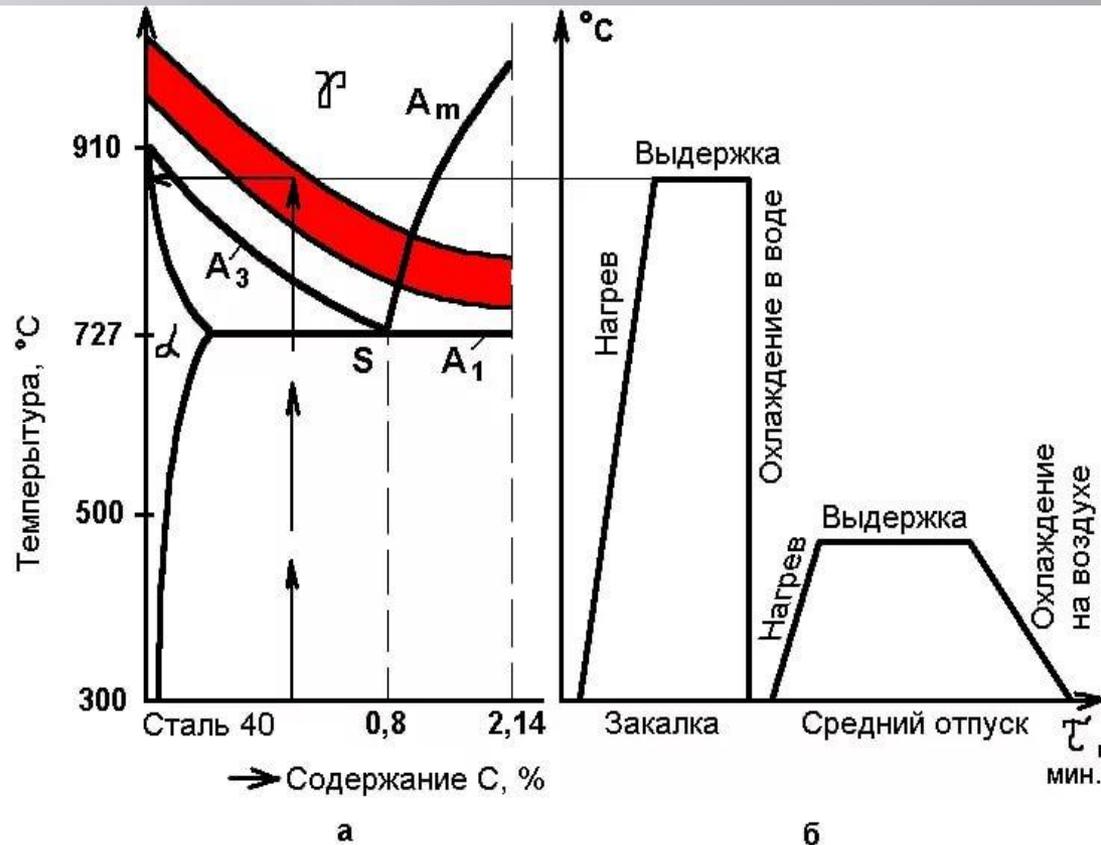


Рис. 5.2. Выбор оптимальных температур закалки для конкретных марок сталей (а) и проведения закалки и отпуска по назначенным режимам (б)

# ЛЕКЦИЯ 3 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

## ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ



Установка ТВЧ для  
закалки

# ЛЕКЦИЯ 3

## МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

### ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО -ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

**ОТПУСК** – заключается в нагреве закаленной стали до определенной температуры (ниже 723), выдержке при этой температуре и охлаждении; проводится сразу после закалки.

Закалка и последующий отпуск при высокой температуре называют **термическим улучшением**. При этом механические свойства стали становятся наиболее высокими. Проводится обычно после закалки с целью снятия остаточных напряжений, уменьшает твёрдость и хрупкость металла.

**Низкий отпуск (220 - 300°C)** применяется для инструментов и изделий которые должны обладать высокой твёрдостью и износостойкостью.

**Средний отпуск (300 – 500°C)** применяется для термической обработки пружин, штампов, ударного инструмента.

**Высокий отпуск (500 - 700°C)** получается хорошее сочетание прочности и вязкости

# ЛЕКЦИЯ 3 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

## ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

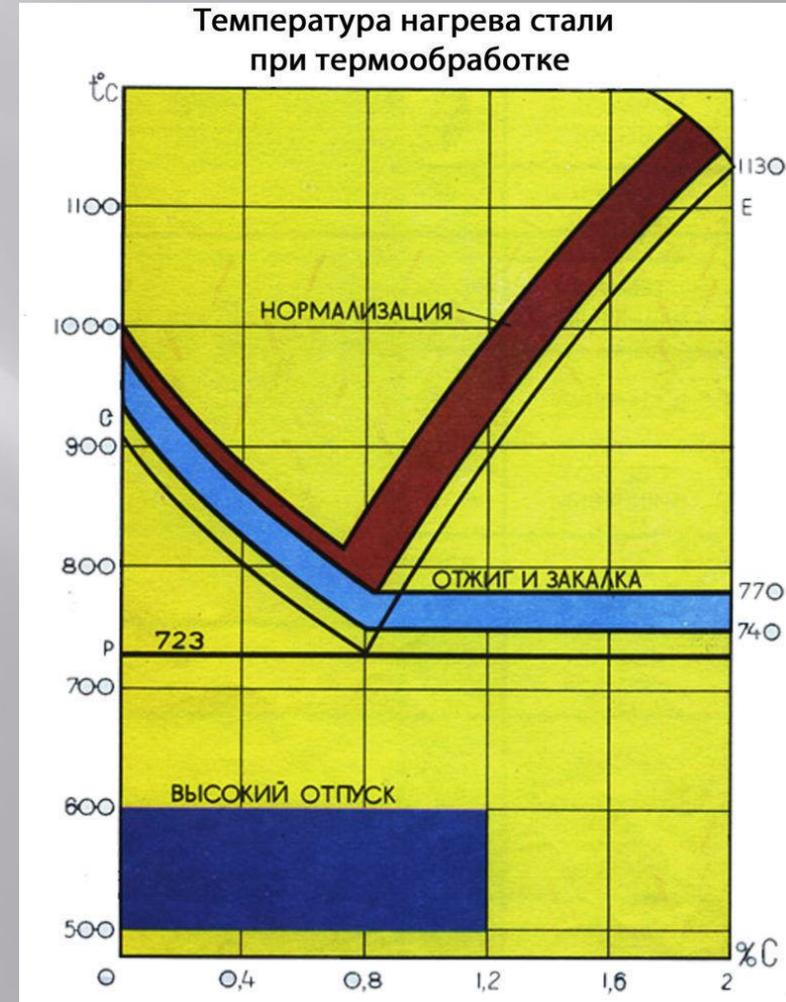
### Нормализация.

Изделие нагревают до аустенитного состояния (на 30...50 градусов выше АС3) и охлаждают на спокойном воздухе

Структура низкоуглеродистой стали после нормализации феррито-перлитная, такая же, как и после отжига.

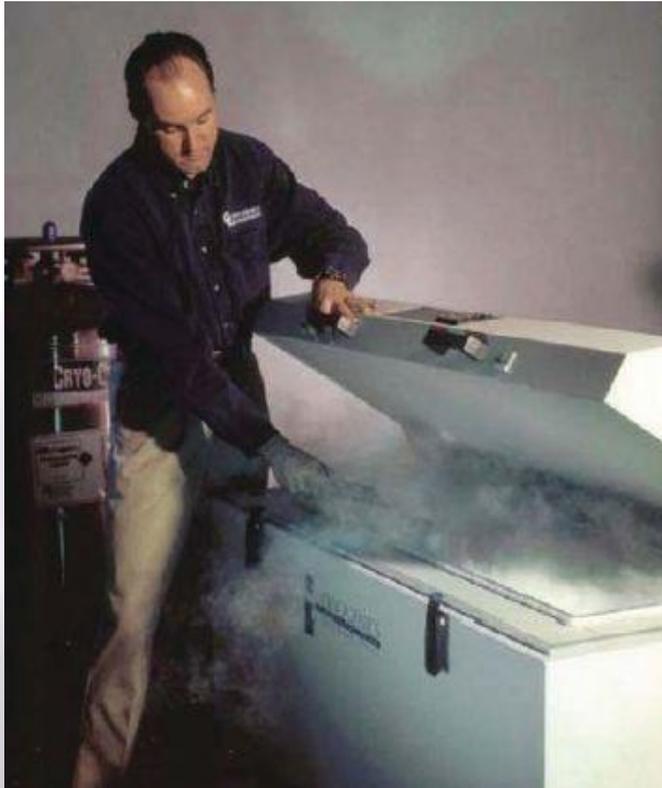
В некоторых случаях нормализация может заменить для низкоуглеродистой стали отжиг, а для высокоуглеродистой — улучшение (закалку с высоким отпуском).

Часто нормализацию используют для подготовки стали к закалке. Нормализация обеспечивает большую производительность и лучшее качество поверхности при обработке резанием.



## ЛЕКЦИЯ 3 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

### ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО -ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ



Чтобы повысить механические свойства стали ее обрабатывают холодом. Сталь охлаждают в специальных холодильных установках до температуры от  $-20$  до  $-100$  с выдержкой около 1,5 часов. Охлаждающими жидкостями являются: жидкий воздух, азот, смесь твердой углекислоты с денатурированным спиртом. После выдержки производят отпуск. В результате такой обработки твердость изделия значительно повышается, улучшается его износостойчивость.

Обработку холодом применяют главным образом для режущих инструментов.

**ЛЕКЦИЯ 3**  
**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.**

**ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО -ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ  
МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ**



**ТЕРМООБРАБОТКА**

**ЛЕКЦИЯ 3**  
**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.**

**ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО -  
ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ И  
СПЛАВОВ**

**ЧАСТЬ 2 ХИМИКО -ТЕРМИЧЕСКАЯ  
ОБРАБОТКА**

# ЛЕКЦИЯ 3

## МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

### ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО -ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

#### Химико -Термическая обработка

#### Виды

Цементаци  
я

Азотировани  
е

Нитро-  
цементация

Диффузионн  
ая  
металлизаци  
я

# ЛЕКЦИЯ 3

## МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

### ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

**Химико-термической обработкой** называется тепловая обработка металлических изделий в химически активных средах для изменения химического состава, структуры и свойств поверхностных слоев. Химико-термическая обработка основана на диффузии атомов различных химических элементов в кристаллическую решетку железа при нагревании в среде, содержащей эти элементы.

Любой вид химико-термической обработки состоит из следующих процессов:

**Диссоциация** – распад молекул и образование активных атомов насыщенного элемента, протекает во внешней среде;

**Адсорбция** – поглощение (растворение) поверхностью металла свободных атомов, происходит на границе газ – металл;

**Диффузия** – перемещение атомов насыщающего элемента с поверхности в глубь металла.

# ЛЕКЦИЯ 3

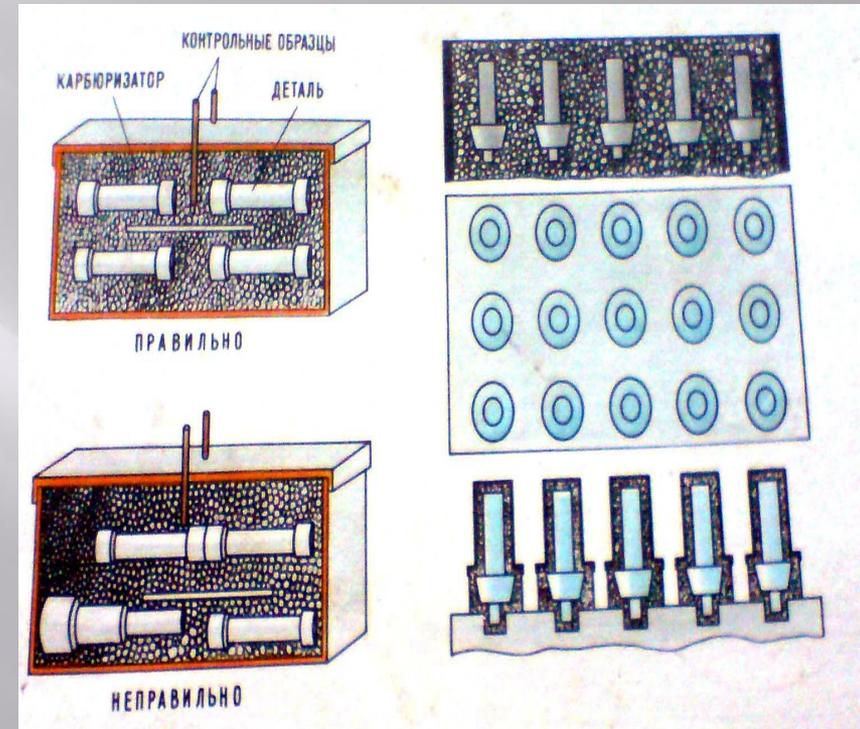
## МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

### ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО -ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

**Цементация** – это процесс диффузионного насыщения поверхностного слоя стали *углеродом*. Целью цементации является получение твердой и износостойкой поверхности в сочетании с вязкой сердцевиной. Среда где проводится цементация называется карбюризатор.

Различают 3 вида карбюризаторов:

- 1-жидкий
- 2-твёрдый
- 3-газовый



**Твёрдая цементация.** Деталь помещается в цементационный ящик, на дно ящика засыпается порошок древесного угля ( не менее 20 мм затем кладётся деталь и засыпается опять порошком не менее 20 мм, затем ящик закрывается крышкой и обмазывается огнеупорной глиной  $T_{ц}=920-930$ . Время выдержки 7-9 часов

## ЛЕКЦИЯ 3

### МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

# ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

#### Жидкая цементация-

предназначена для мелких деталей(например болты, винты и т.д.)

Жидкая цементация проводится путём погружения детали в печь с раствором

бензина(керосина)+ $BaCl_2=CnHm$ .

$T_{ц}=840-860$

Время выдержки=6ч

Охлаждение-воздух



## ЛЕКЦИЯ 3

### МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

# ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

## Печь для газовой цементации

Газовый карбюризатор:  
разбавленный природный газ  
(состоящий почти полностью из  
метана:  $\text{CH}_4 \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{C}$ ), а  
также жидкие углеводороды  
(керосин, бензол и др.), каплями  
подаваемые в герметичное  
рабочее пространство печи, где  
они образуют  
активную газовую среду.



Цементируют детали, работающие в условиях трения, при больших давлениях и циклических нагрузках, например шестерни, поршневые пальцы, распределительные валы и др.

# ЛЕКЦИЯ 3

## МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

### ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

**Азотирование** – это процесс диффузионного насыщения поверхностного слоя стали *азотом* для придания этому слою высокой твердости, износостойкости и устойчивости против коррозии.

Процесс азотирования состоит в выдержки в течение длительного времени (до 60 часов) деталей в атмосфере аммиака при температуре 500-600°C. Высокую твердость азотированному слою придают нитриды легирующих элементов, таких как хром, молибден, алюминий, титан. Поэтому азотирования подвергают легированные стали, содержащие указанные элементы.

**Нитроцементация (цианирование)** – это процесс совместного насыщения поверхности стальных изделий *азотом и углеродом*. Основной целью цианирования является повышение твердости и износостойкости деталей.

Цианирование производят в расплавленных солях, содержащей цианистый калий или в газовой среде, состоящей из эндотермического газа с добавлением природного газа и аммиака. Цианирование достаточно дорогой способ обработки металла.

# ЛЕКЦИЯ 3

## МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

### ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

**Диффузионная металлизация** – это процесс диффузионного насыщения поверхностных слоев стали различными *металлами* (алюминием, хромом, кремнием, бором). После диффузионной металлизации детали приобретают ряд ценных свойств, например, жаростойкость, окислительную стойкость и др.

Диффузионная металлизация может проводиться:

**В твердой среде**; металлизатором является ферросплав с добавкой хлористого аммония;

**В расплавленном металле** с низкой температурой плавления (цинк, алюминий), которую проводят погружением детали в расплав;

**В газовой среде**, содержащей хлориды различных металлов, которые при нагреве вступают в обменную реакцию с железом с образованием активного диффундированного атома металла.

# ЛЕКЦИЯ 3

## МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

### ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

#### Виды диффузионной металлизации:

**Алитирование** – это процесс диффузионного насыщения поверхностного слоя алюминием. Применяют для повышения коррозионной стойкости и жаростойкости углеродистых сталей, работающих при высокой температуре.

**Хромирование** – это процесс диффузионного насыщения поверхности хромом. При хромировании обеспечивается высокая против газовой коррозии до  $800^{\circ}\text{C}$ , окислительная и износостойкость деталей в агрессивных средах (морская вода, кислоты).

**Силицирование** это процесс диффузионного насыщения поверхности кремнием. Силицирование обеспечивает наряду с повышенной износостойкостью высокую коррозионную стойкость изделий в кислотах и морской воде. Применяется для деталей, используемых в нефтяной и химической промышленности.

**Борирование** – это процесс диффузионного насыщения поверхности бором. Борирование придает поверхностному слою исключительно высокую твердость, износостойкость и устойчивость против коррозии в различных средах.

# ЛЕКЦИЯ 3

## МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

### ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО -ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

#### Закрепление изученного материала

- Дайте определение термину Термообработка

*Это процесс изменения структуры стали, цветных металлов и сплавов при нагревании и последующем охлаждении с определённой скоростью.*

- Меняется ли химический состав материала при термической обработке.

*Нет химический состав не меняется.*

- На каком физическом явлении основана Закалка? Опишите структуру процесса.

*Закалка основана на перекристаллизации металлов. Состоит из : 1) Нагрева материала выше критической температуры, 2) Выдержке при заданной температуре. 3) Быстром охлаждении в разных средах (вода, масло и тд)*

- Какие углеродистые стали не подвержены закалке?

*Углеродистые стали с содержанием углерода (C) ниже 0,30 % вообще не закаляются.*

# ЛЕКЦИЯ 3

## МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

### ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО -ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

#### Закрепление изученного материала

- Дайте определение термину Отпуск.

*Отпуск - это вид термообработки проводимый после закалки с целью снятия внутренних остаточных напряжений в металлах и сплавах, для придания вязкости и снижения хрупкости.*

- **Виды отпуска и температурные интервалы.**
- *Низкий отпуск (220 – 300 °С) – применяется для изделий которые должны обладать высокой твёрдостью и износостойкостью*
- *Средний отпуск (300 – 500 °С) – применяется при термообработке пружин штампов и ударного инструмента.*
- *Высокий отпуск (500 – 700 °С) – сочетание прочности и вязкости.*
- **Для чего нужен такой вид термообработки как Отжиг и в чём его сущность?**

*Отжиг стали заключается в нагревании до 800 – 900 °С с последующем медленном охлаждении. После отжига сталь легко поддаётся механической обработке.*

# ЛЕКЦИЯ 3

## МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

### ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО -ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

#### Закрепление изученного материала

- Дайте определение термину ХТО и какова его цель?

*Химико-термической обработкой (ХТО) называют технологические процессы, приводящие к диффузионному насыщению поверхностного слоя деталей различными элементами с целью повышение твёрдости, износостойкости, а также для защиты от электрохимической и газовой коррозии.*

- Что такое Цементация стали ?

*Цементация - технологический процесс диффузионного насыщения углеродом. Концентрация углерода на поверхности стальной детали доводится до 0,8 – 1%. Сердцевина детали, содержащая 0,08 – 0,25%С, остаётся вязкой, а поверхности, не подлежащие цементации, защищаются гальваническим омеднением. Толщина медного слоя составляет 0,02 – 0,05 мм.*

# ЛЕКЦИЯ 3

## МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

### ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО -ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

#### Закрепление изученного материала

- **Что такое Карбюризатор?**

*Карбюризатор – исходная среда для цементации (науглероживание). В основном применяют два способа цементации:*

*В твёрдом карбюризаторе: древесный уголь + добавки углекислого бария.*

*Газовый карбюризатор: разбавленный природный газ (состоящий почти полностью из метана:  $CH_4 \rightarrow 2H_2 + C$ ), а также жидкие углеводороды (керосин, бензол и др.), каплями подаваемые в герметичное рабочее пространство печи, где они образуют активную газовую среду.*

- **Что такое Азотирование стали и какова цель этого процесса?**

*Азотирование стали – процесс диффузионного насыщения азотом поверхностной зоны деталей.*

*Цель: повысить износостойкость и предел выносливости деталей машин (коленчатые валы, гильзы цилиндров, червяки, валики и др.)*

# ЛЕКЦИЯ 3

## МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

### ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО -ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

#### Закрепление изученного материала

Дайте определение основным видам диффузионной металлизации:

##### **Алитирование**

*процесс диффузионного насыщения поверхностного слоя алюминием. Применяют для повышения коррозионной стойкости и жаростойкости углеродистых сталей, работающих при высокой температуре.*

##### **Хромирование**

*процесс диффузионного насыщения поверхности хромом. При хромировании обеспечивается высокая против газовой коррозии до 800°C, окислительная стойкость и износостойкость деталей в агрессивных средах (морская вода, кислоты).*

##### **Силицирование**

*процесс диффузионного насыщения поверхности кремнием. Силицирование обеспечивает наряду с повышенной износостойкостью высокую коррозионную стойкость изделий в кислотах и морской воде. Применяется для деталей, используемых в нефтяной и химической промышленности.*

ЛЕКЦИЯ 3  
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО -ТЕРМИЧЕСКОЙ  
ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ  
Закрепление изученного материала

**Борирование**

*процесс диффузионного насыщения поверхности бором. Борирование придает поверхностному слою исключительно высокую твердость, износостойкость и устойчивость против коррозии в различных среда.*

**ЛЕКЦИЯ 3**  
**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.**

**ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО -ТЕРМИЧЕСКОЙ  
ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ**



ЛЕКЦИЯ 3  
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.  
ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО -ТЕРМИЧЕСКОЙ  
ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Lady Gaga & Elton John #ARTPOP

