

Термическая обработка сталей и чугунов

Лекция (2 часа)

Михайловская А.В.

Термическая обработка – это обработка заготовок и изделий из металлических материалов путем теплового воздействия для получения заданных структуры и свойств

Может сочетаться с:

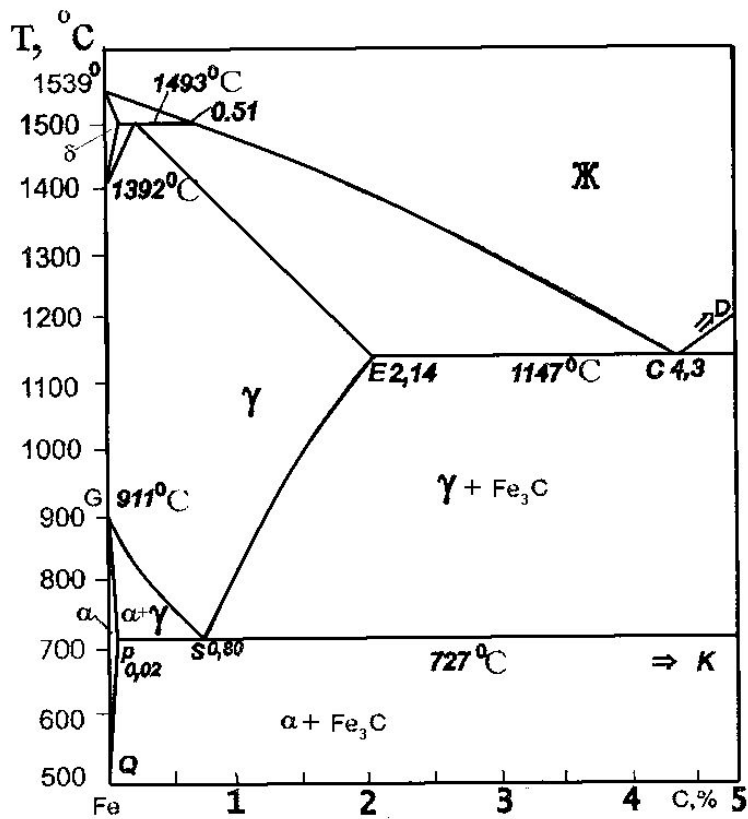
- Деформационным
- Химическим
- Магнитным и др. воздействием

Основные виды термической обработки металлов и сплавов

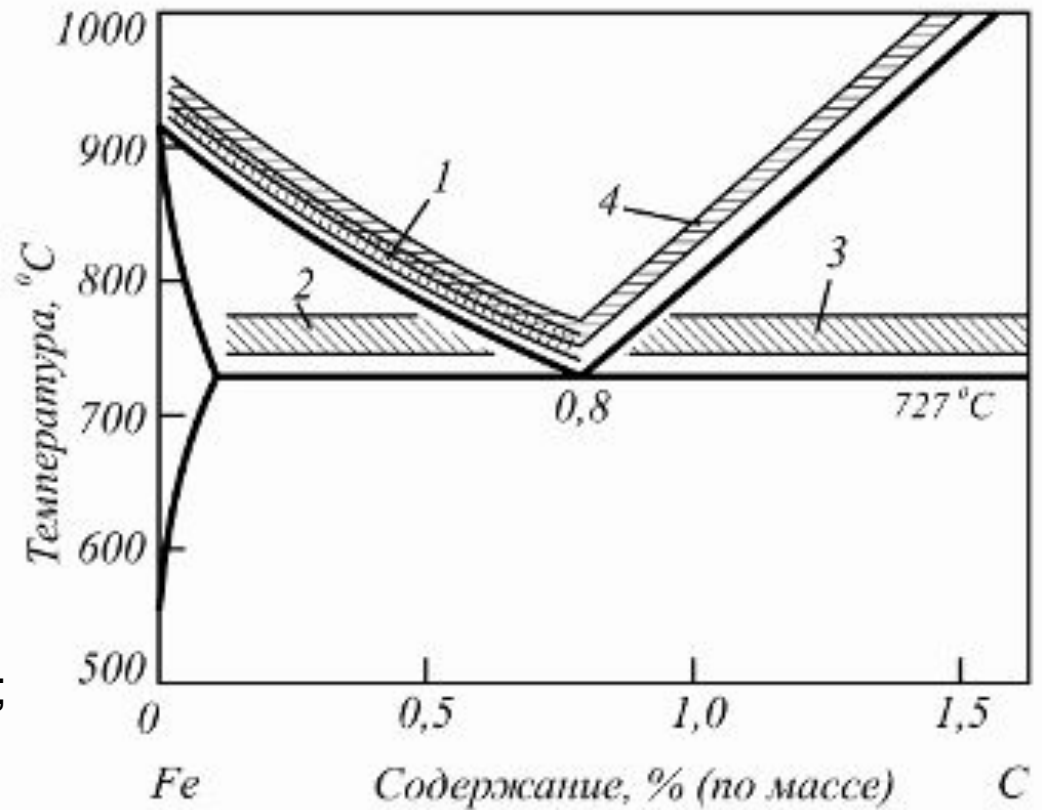


Отжиг 2-го рода

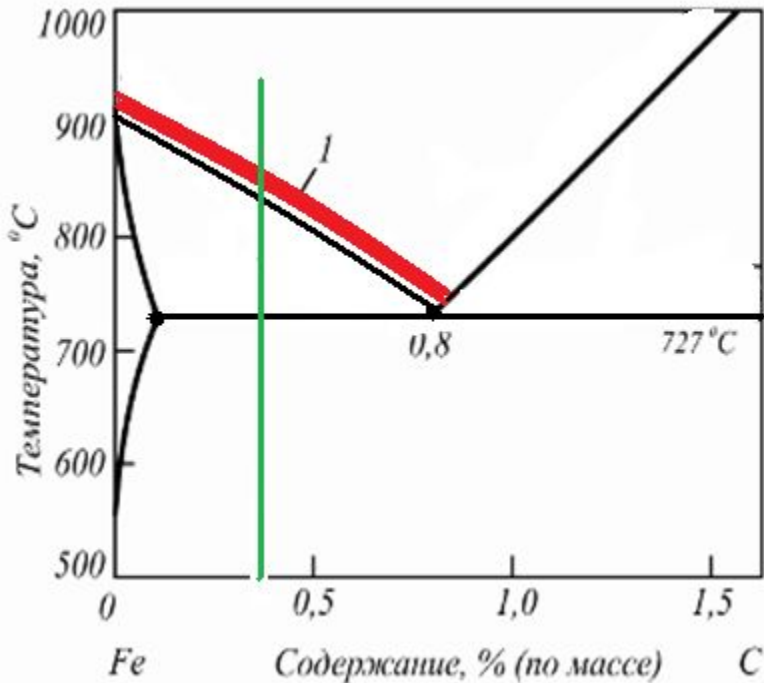
Отжиг сталей (отжиг 2-го рода) – это термическая обработка, при которой главными процессами являются аустенизация с последующим перлитным превращением



- 1 – полный отжиг;
- 2 – неполный отжиг;
- 3 – сфероидизирующий отжиг;
- 4 – нормализация



1 – ПОЛНЫЙ ОТЖИГ



20 – 40 К выше точки A_{c3}

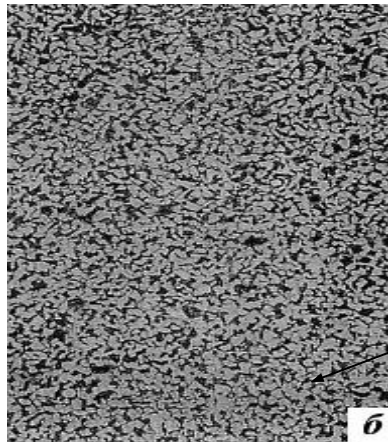
Основные цели полного отжига

:

- устранение пороков структуры (, возникших при литье, горячей деформации, сварке и термообработке (крупнозернистость и видманштеттов феррит),
- смягчение стали перед обработкой резанием уменьшение остаточных напряжений



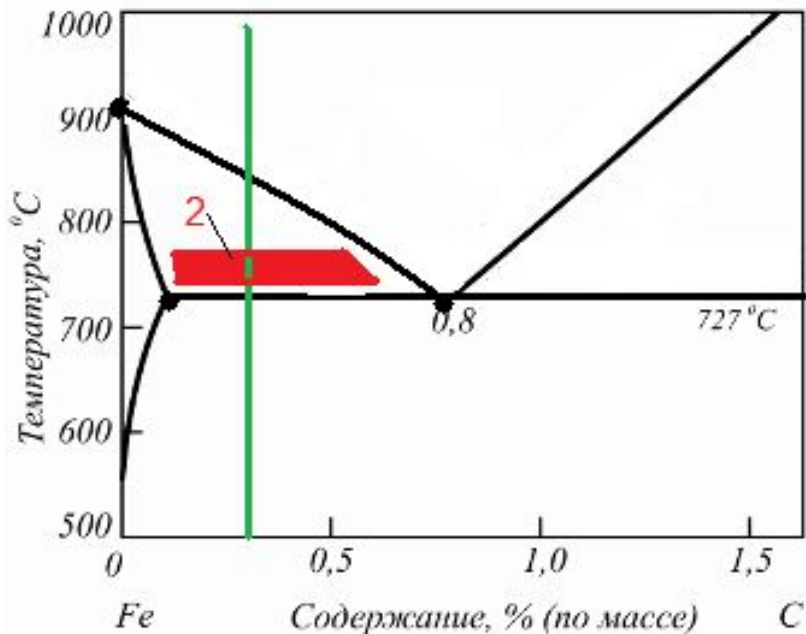
а - видманштеттова структура литой доэвтектоидной стали



б - после полного отжига
×100

Структура доэвтектоидной стали после отжига состоит из избыточного феррита и перлита.

2 – неполный отжиг



Температура отжига:
Выше A_{c1} , но ниже A_{c3}

Не устраняет пороков структуры

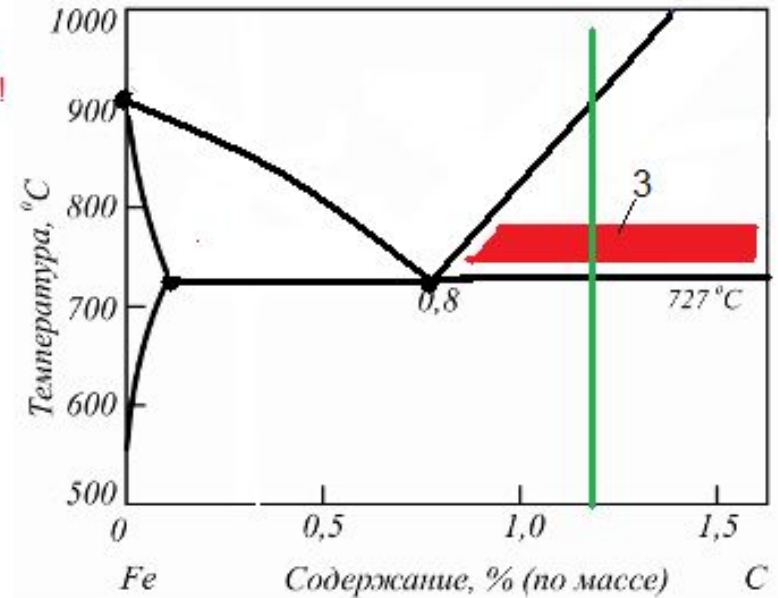
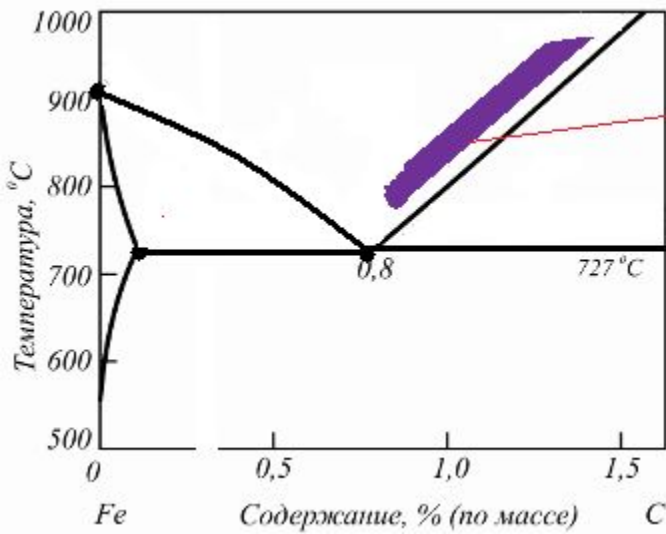
Используют для смягчения доэвтектоидной стали перед обработкой резанием, так как в результате эвтектоидного превращения при неполном отжиге образуется мягкий перлит.

Позволяет:

- 1. экономить время**
- 2. снизить стоимость обработки.**

3 – сфероидизирующий отжиг

740 – 780 °С + медленное охлаждение



Для заэвтектоидных сталей используют термин

«интервал отжигаемости»

0.09-0.1 C = 740 – 750 °С

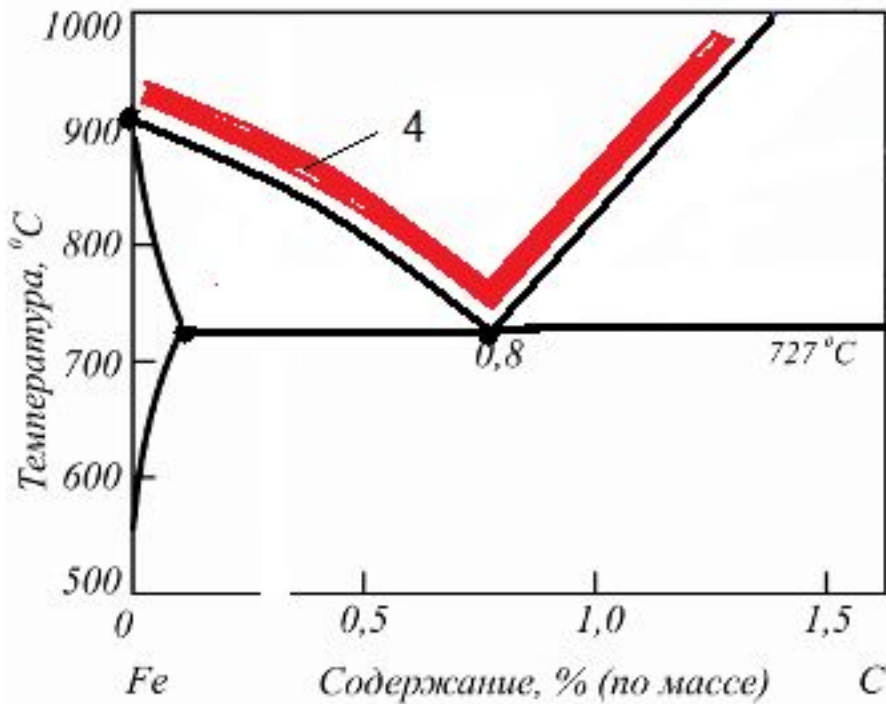
0.11-0.13 = 750 – 780 °С

Образуется структура зернистого перлита - **сферодита**

Структура зависит от:

1. скорости охлаждения
2. температуры отжига

4 – нормализация

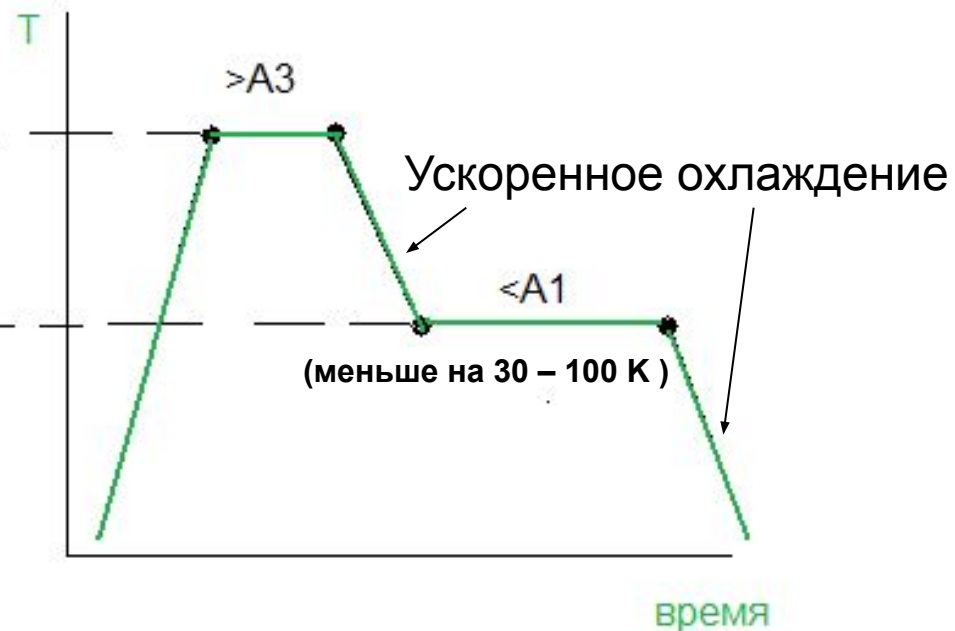
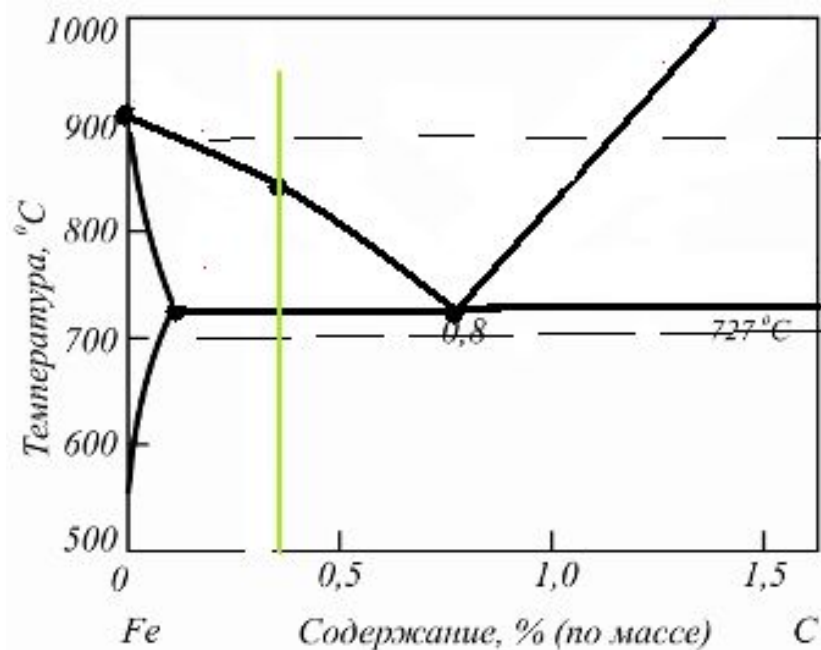


30 – 50 К выше линии GSE

Образуется в структуре квазиэвтектоид

Под нормализацией понимают такую термическую обработку стали, при которой охлаждение на воздухе приводит к распаду аустенита в температурном интервале перлитного превращения.

Изотермический отжиг



основное назначение изотермического отжига – смягчение стали

Преимущества:

Выигрыш во времени (время ускоренного охлаждения, изотермической выдержки и последующего ускоренного охлаждения меньше времени медленного непрерывного охлаждения изделия вместе с печью).

Получение более однородной структуры, так как при изотермической выдержке температура по сечению изделия выравнивается и превращение во всем объеме стали происходит при одинаковой степени охлаждения.

Отжиг чугунов

- Fe – C – Si – (Mn, P)

Графитизирующий отжиг чугуна – это термическая обработка, при которой главным процессом является образование графита с одновременным частичным или полным исчезновением цементита

Подвергают – **белые (БЧ), серые (СЧ) и высокопрочные(ВЧ) чугуны**

Отжиг для устранения отбела – чугун нагревают до 850 – 950 °С и после выдержки 0,5 – 5 ч охлаждают на воздухе

В зависимости от скорости охлаждения – П или Ф-П матрица

Низкотемпературный смягчающий отжиг. Для СЧ с П или Ф-П матрицей

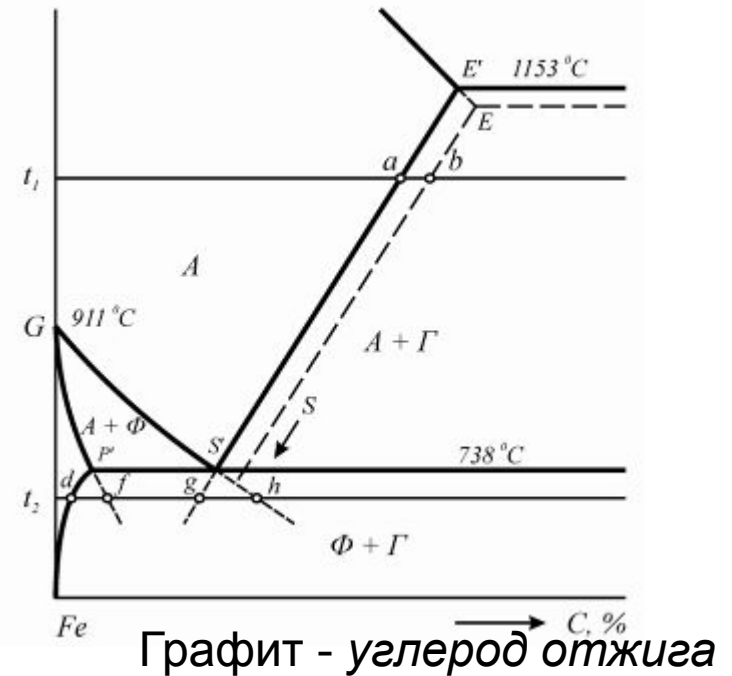
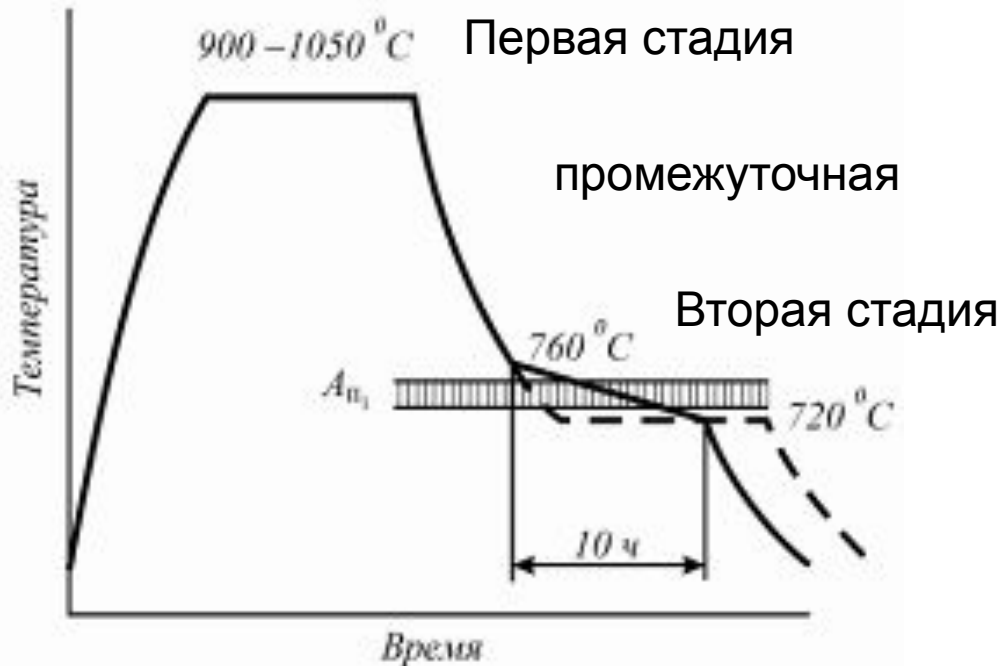
Цель - снижение твердости, улучшения обрабатываемости резанием и повышения циклической вязкости.

Проводят при 650 – 750 °С, 1 – 4 ч

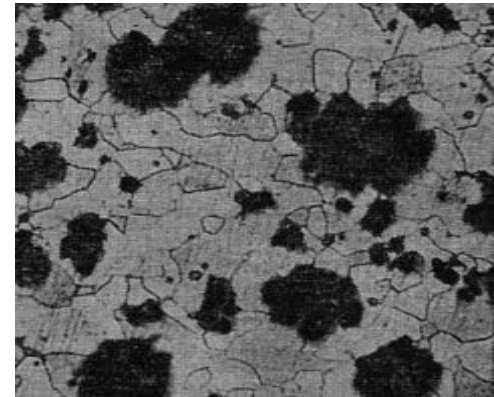
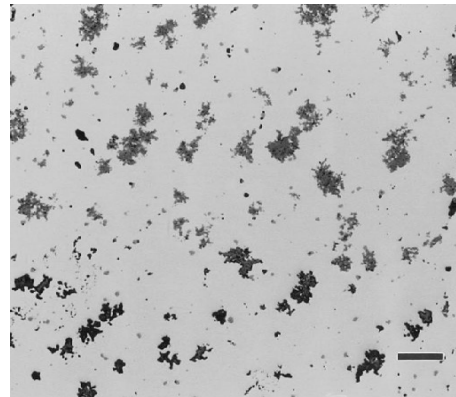
Изменения структуры - частичная графитизация перлитного цементита и частичная сфероидизация оставшегося цементита.

Отжиг белого чугуна на ковкий

- Дешевый материал + высокие механические свойства
- для производства ковкого чугуна используют отливки из доэвтектического белого чугуна, содержащего 2.2 – 3.1 % C, 0.7 – 1.5 % Si, 0.3 – 1.0 % Mn и до 0.08 % Cr.



У КЧ относительное удлинение 2 – 20 % (в зависимости от структуры), для БЧ < 0.2 %, СЧ – не более 1.2 %.



Нормализация чугуна – это термическая обработка, при которой главными процессами являются аустенитизация и последующее перлитное превращение.

- Нормализации подвергают отливки из чугуна чаще с Ф и Ф-П матрицей и реже – с П
- 850 – 950 °С, 0.5 – 3 ч + охлаждение на воздухе
- Для уменьшения остаточных напряжений с температуры 500 °С охлаждают в печи.

Закалка

Закалка – это термическая обработка, при которой главным процессом является формирование неравновесной структуры во время ускоренного охлаждения

- закалка с полиморфным превращением
- закалка без полиморфного превращения
- закалка с плавлением поверхности

Параметры процесса:

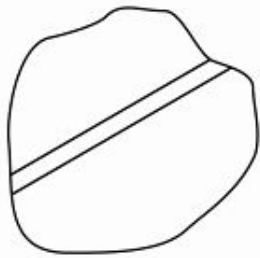
температура нагрева

время выдержки

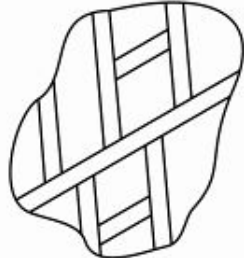
скорость охлаждения

Закалка с полиморфным превращением

- это термическая обработка металла или сплава, при которой главным является мартенситное превращение высокотемпературной фазы (закалка на мартенсит)



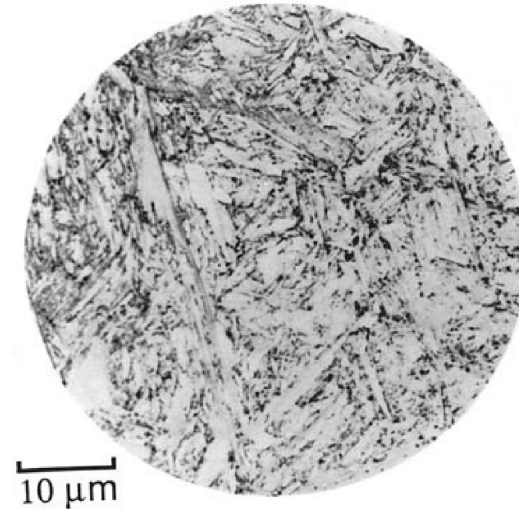
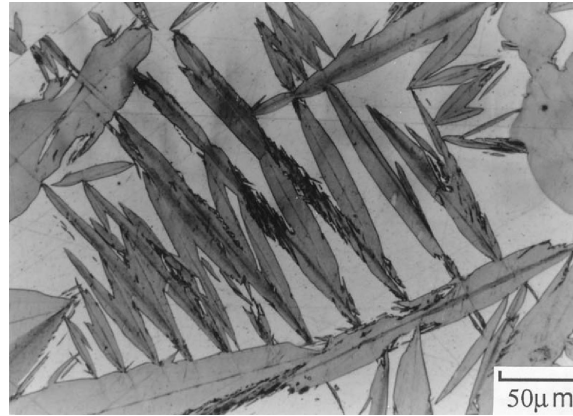
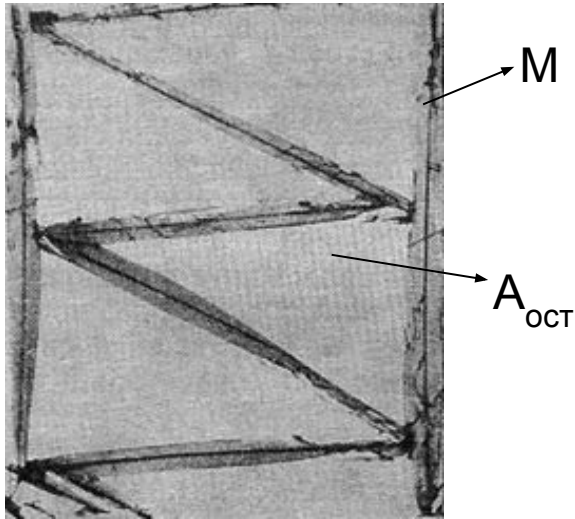
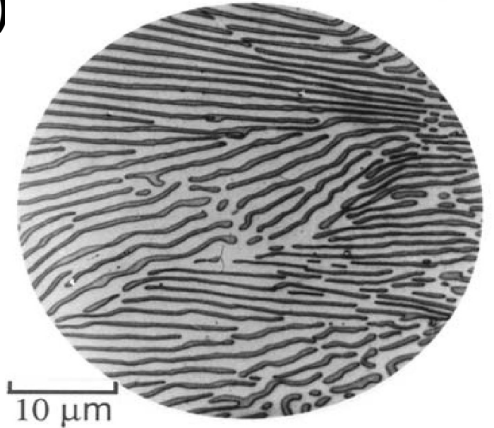
а



б



в



(сталь с 1,86 С ×550 фото Краус и Мадер)
(Новиков и др. *Металловедение т.2*)

Fe-30Ni-0.1C

Мартенсит в эвтектоидной стали
(Beinit in steel, Bhadeshia)

Закаливаемость- способность стали к повышению твердости при закалке

Упрочнение сталей при закалке на мартенсит обусловлено

- *образованием пересыщенного углеродом α -раствора*
- *появлением большого числа двойниковых прослоек*
- *повышением плотности дислокаций при мартенситном превращении (до уровня холодно деформированного металла)*
- *образованием на дислокациях атмосфер из атомов углерода*
- *выделением из α -раствора дисперсных частиц карбида*

▲ Прочность $\sigma_B = 1300 \div 2000$ МПа
┆ Пластичность = 0
▼

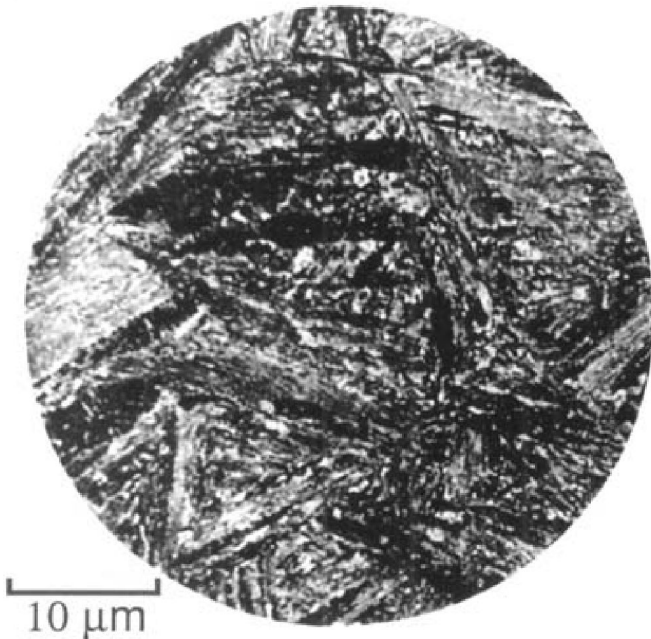
Для углеродистых сталей из-за **малой подвижности дислокаций** в мартенсите, содержащем углерод

$\delta = 14 \div 20$ %, $\psi = 70 \div 80$ %

Для безуглеродистых мартенситно-стареющих сплавов (н-р, Fe-Ni)

Бейнитное превращение

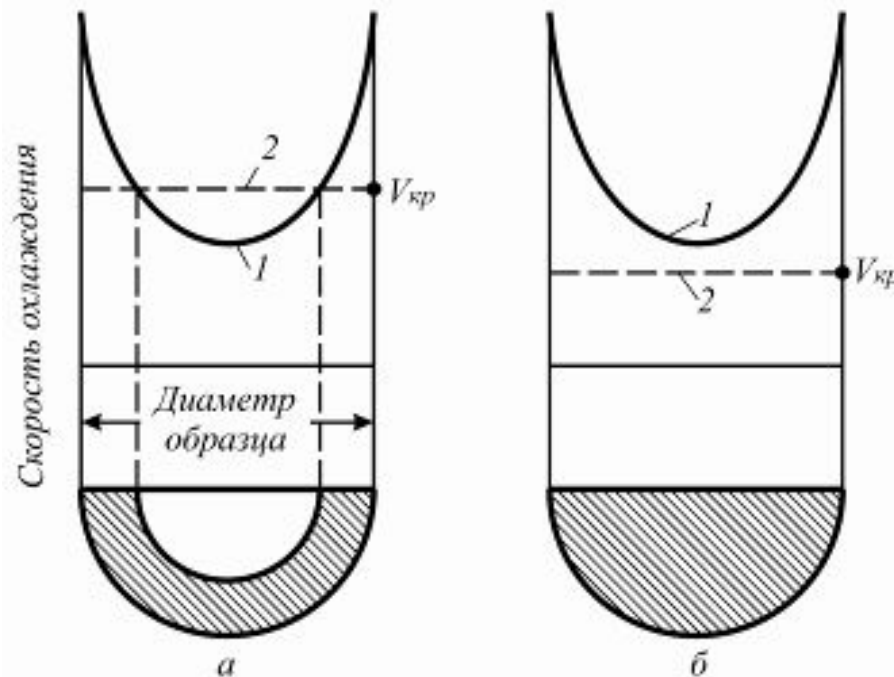
- В углеродистых сталях в интервале примерно 500 – 250 °С, происходит **бейнитное превращение**.
- Это *промежуточное превращение* между перлитным и мартенситным
- Бейнит состоит из α -фазы (феррита) и карбида



Бейнит полученный в эвтектоидной стали изотермической выдержкой при температуре 290 С

Прокаливаемость

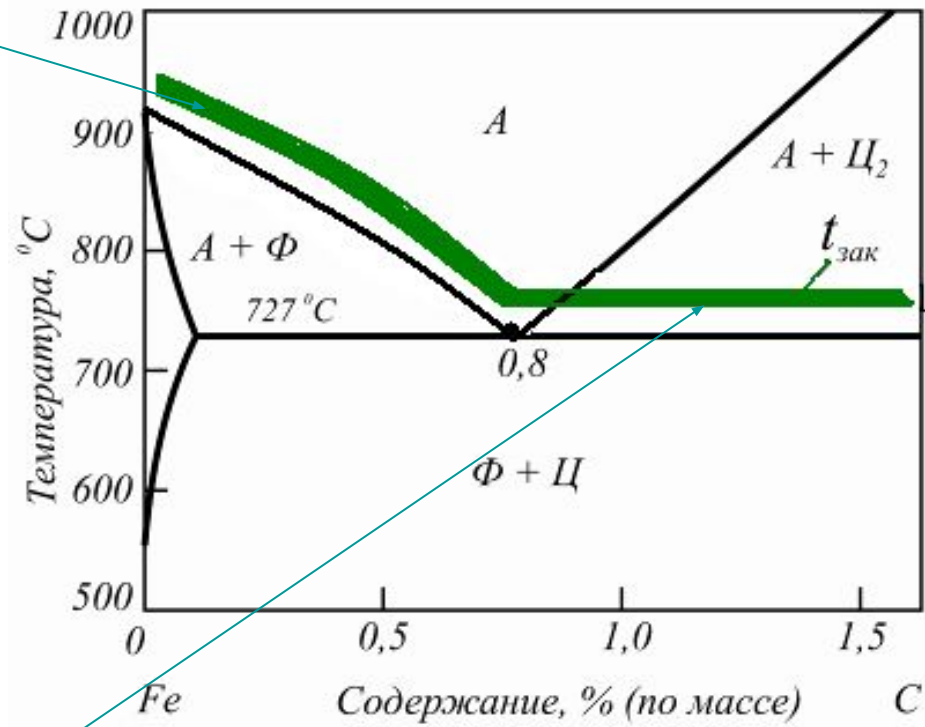
- критическая скорость охлаждения – это минимальная скорость, при которой аустенит еще не распадается на феррито-карбидную смесь
- От данной критической скорости охлаждения зависит глубина прокаливаемости



Для доэвтектоидных сталей

> A3 на 30 – 50 К

- Более высокие температуры вредны из-за роста аустенитного зерна
- Ниже A3 – вредны из-за образования мягкого остаточного феррита



Для заэвтектоидных сталей > A1 на 35 – 60 К
выше $A_{ст}$ вреден

- твердость закаленной стали получается ниже из-за растворения твердых цементитных частиц и повышения количества остаточного аустенита
- укрупняется аустенитное зерно
- растут закалочные напряжения.

Для большинства легированных сталей $T_з = 800 – 880 \text{ } ^\circ\text{C}$

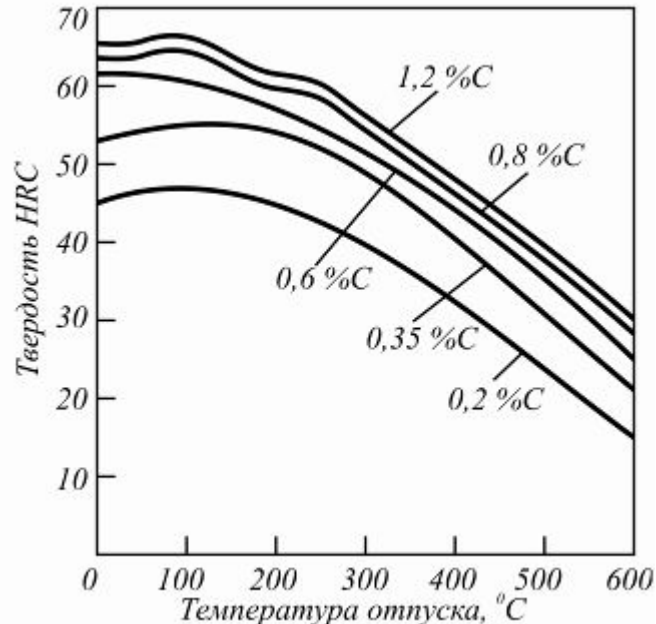
Отпуск

это термическая обработка закаленного на мартенсит сплава (или металла), при которой главными процессами являются распад и (или) возврат и рекристаллизация мартенсита

Процессы, которые идут при отпуске обусловлены:

- сильной пересыщенностью твердого раствора – мартенсита
- повышенной плотностью в нем дефектов КР и двойниковых прослоек
- присутствием остаточного аустенита

Цель отпуска -увеличение вязкости и уменьшение закалочных напряжений



Зависимость твердости углеродистых сталей разного состава от температуры отпуска (Г.В. Курдюмов)

- Во время отпуска снижается твердость:
- уменьшение концентрации углерода в α -растворе
 - снятие упругих микронапряжений
 - коагуляция карбидов и увеличения межчастичного расстояния
 - развития возврата и рекристаллизации.

- **Термомеханическая обработка (ТМО)** - это термическая обработка, включающая пластическую деформацию, которая благодаря повышенной плотности дефектов влияет на формирование структуры при фазовых превращениях, происходящих во время термического воздействия.
- **Химико-термическая обработка** – это термическая обработка, сочетающая тепловое воздействие с химическим, в результате чего изменяются состав и структура в поверхностных слоях, а иногда и по всему объему изделия (в твердой, жидкой и газовой средах)
- Диффузионное насыщение неметаллами
- Диффузионное насыщение металлами