Термическая обработка сталей и чугунов

Лекция (2 часа)

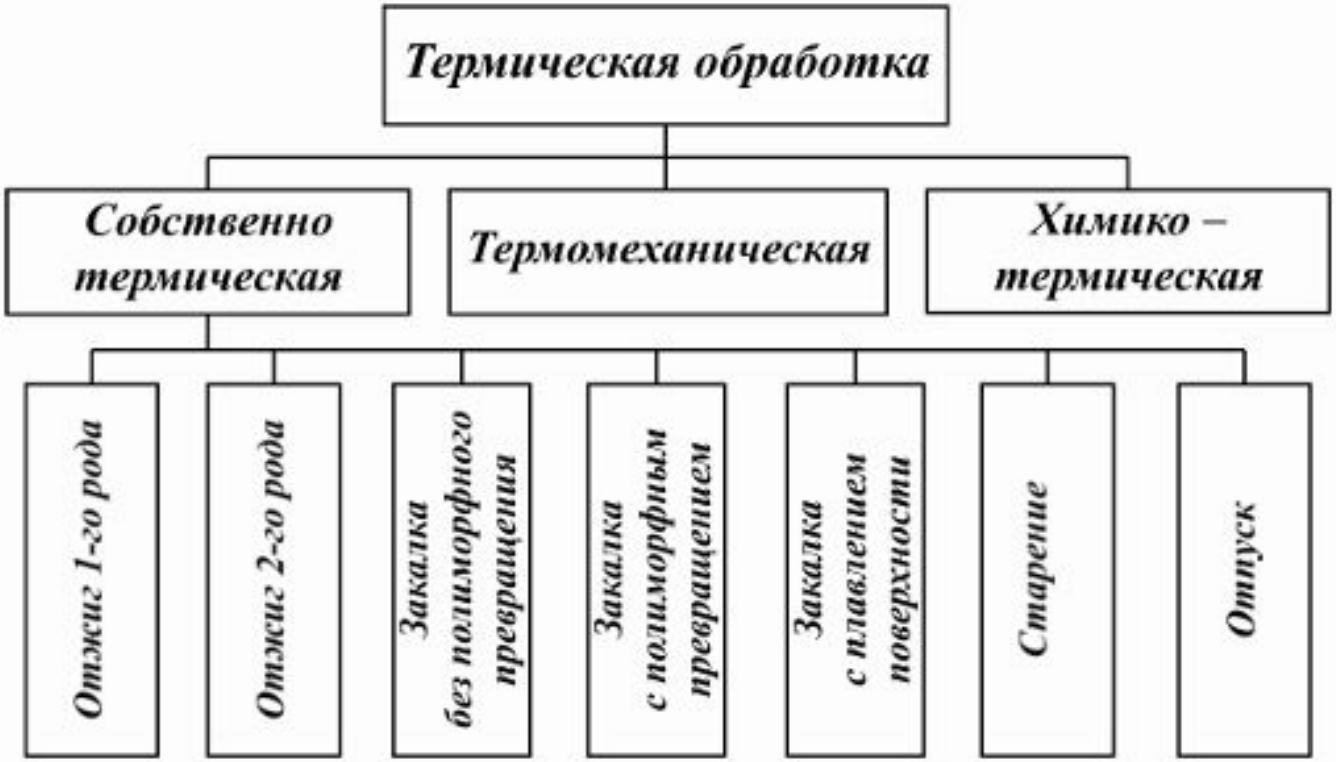
Михайловская А.В.

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

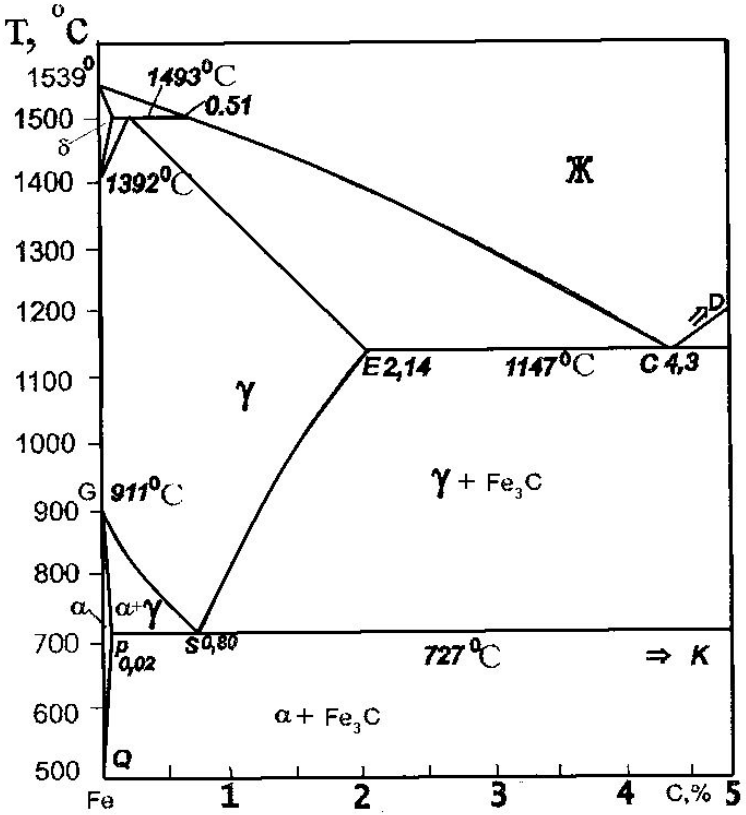
Может сочетаться с:

- Деформационным
- Химическим
- Магнитным и др. воздействием

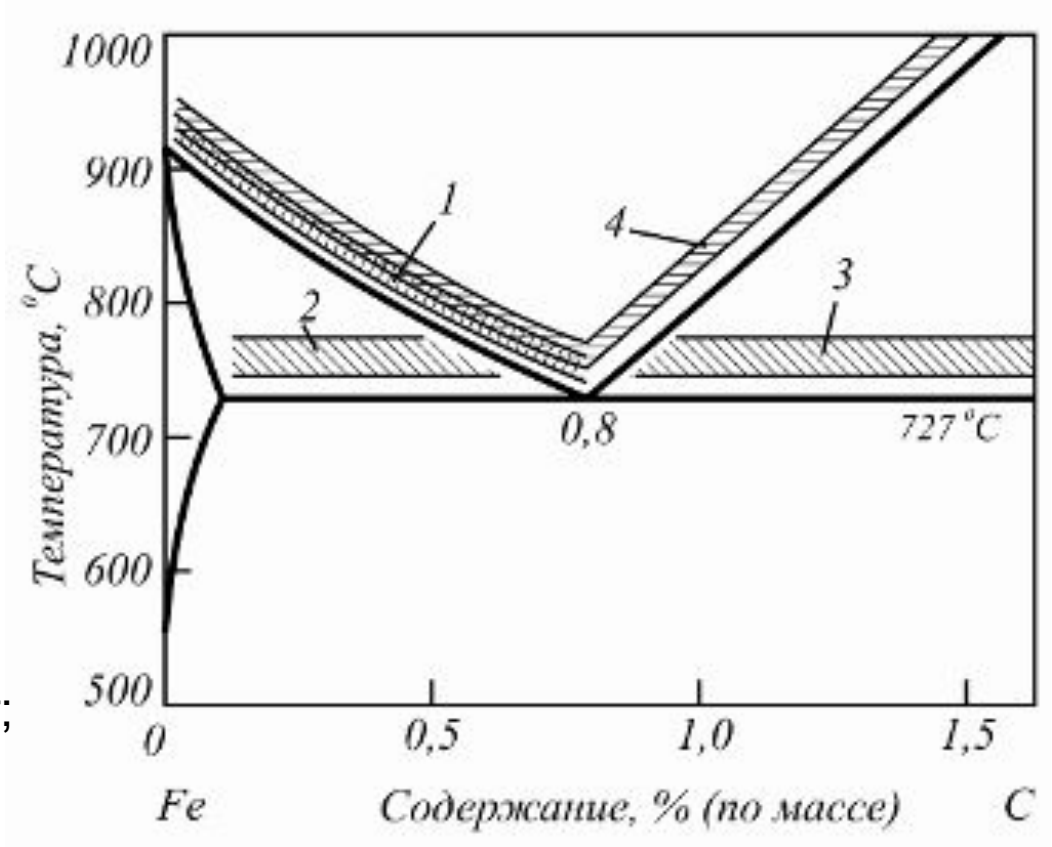
Основные виды термической обработки металлов и сплавов



Отжиг 2-го рода



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



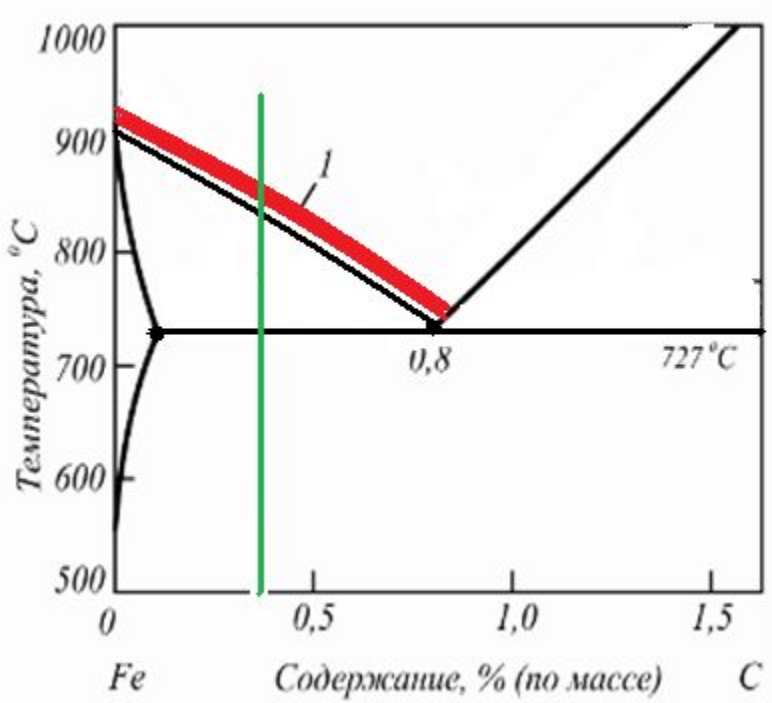
1 – полный отжиг;

2 – неполный отжиг;

3 – сфероидизирующий отжиг;

4 – нормализация

1 – полный отжиг



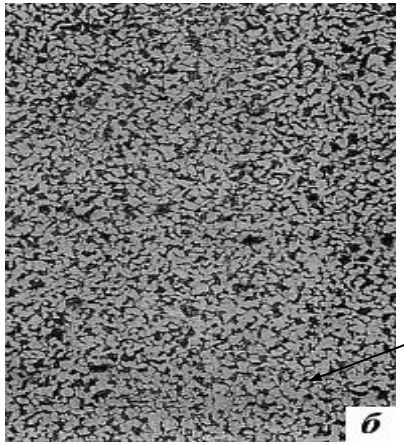
20 – 40 К выше точки *Ac*3

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

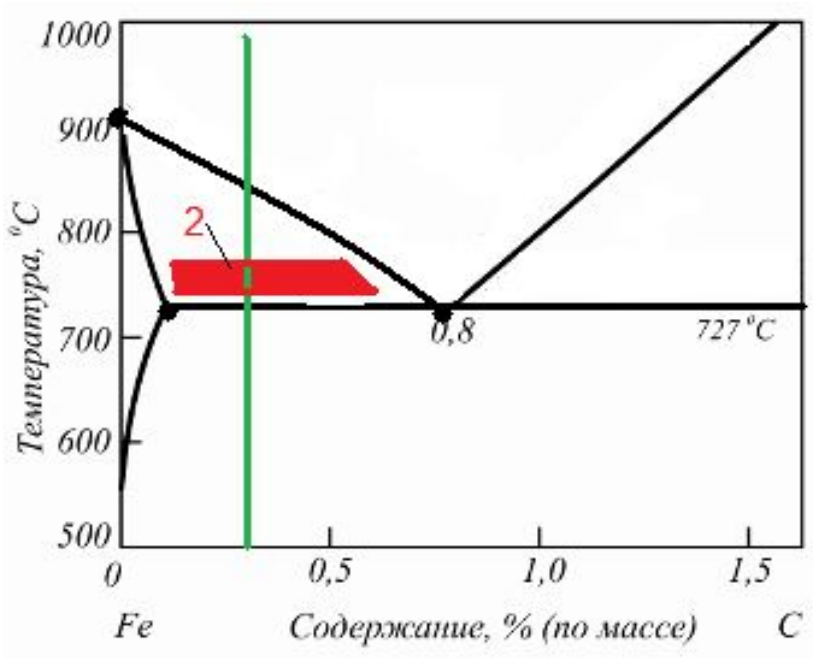


б - после полного отжига ×100

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

Новиков и др. Металловедение

2 – неполный отжиг



Температура отжига:
***Выше Ас*1, но ниже *Ас*3**

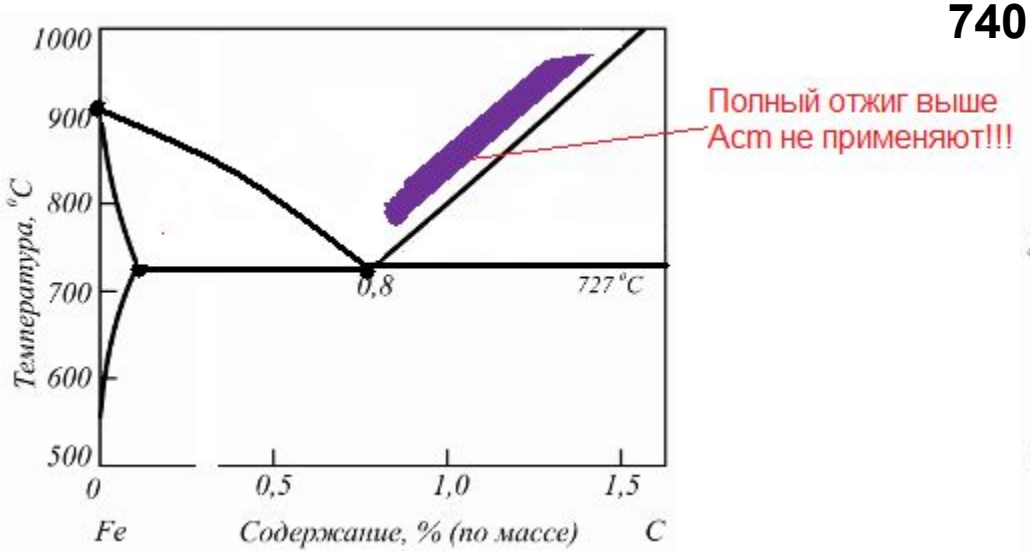
Не устраняет пороков структуры

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

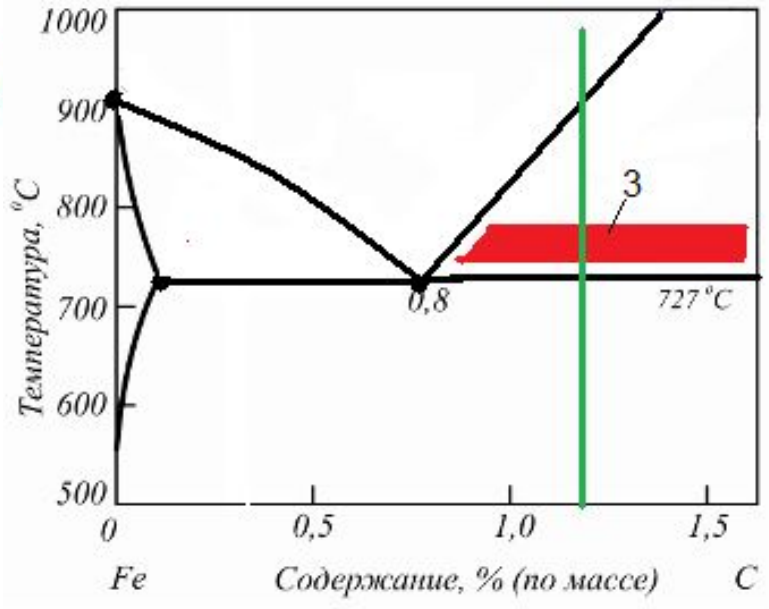
Позволяет:

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

3 – сфероидизирующий отжиг



740 – 780 °С + медленное охлаждение



Для заэвтектоидных сталей используют термин
«интервал отжигаемости»

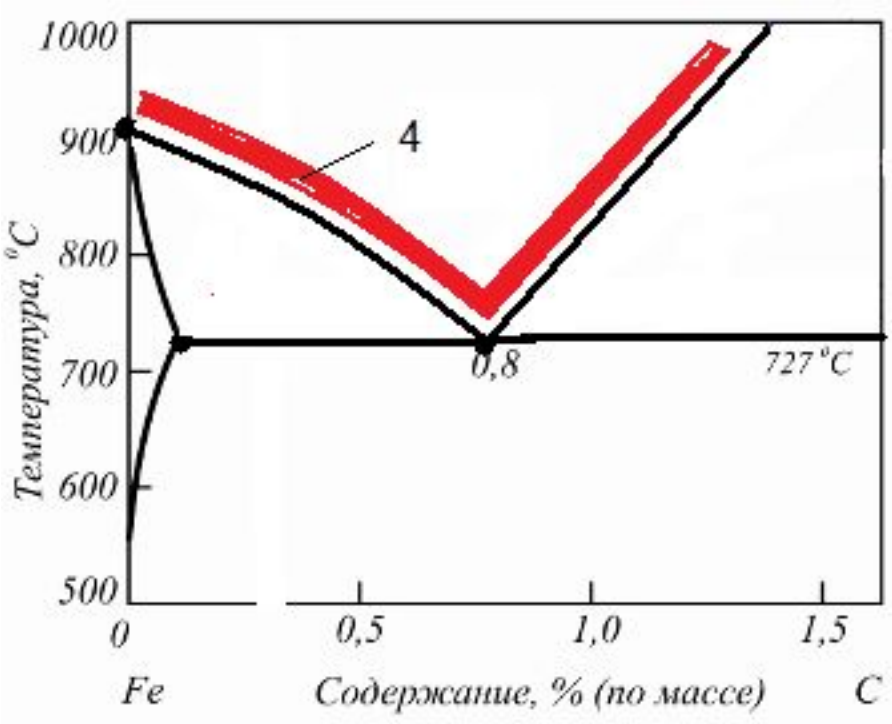
0.09-0.1 С = 740 – 750 °С
0.11-0.13 = 750 – 780 °С

Образуется структура зернистого перлита - ***сферодита***

Структура зависит от:

1. скорости охлаждения
2. температуры отжига

4 – нормализация

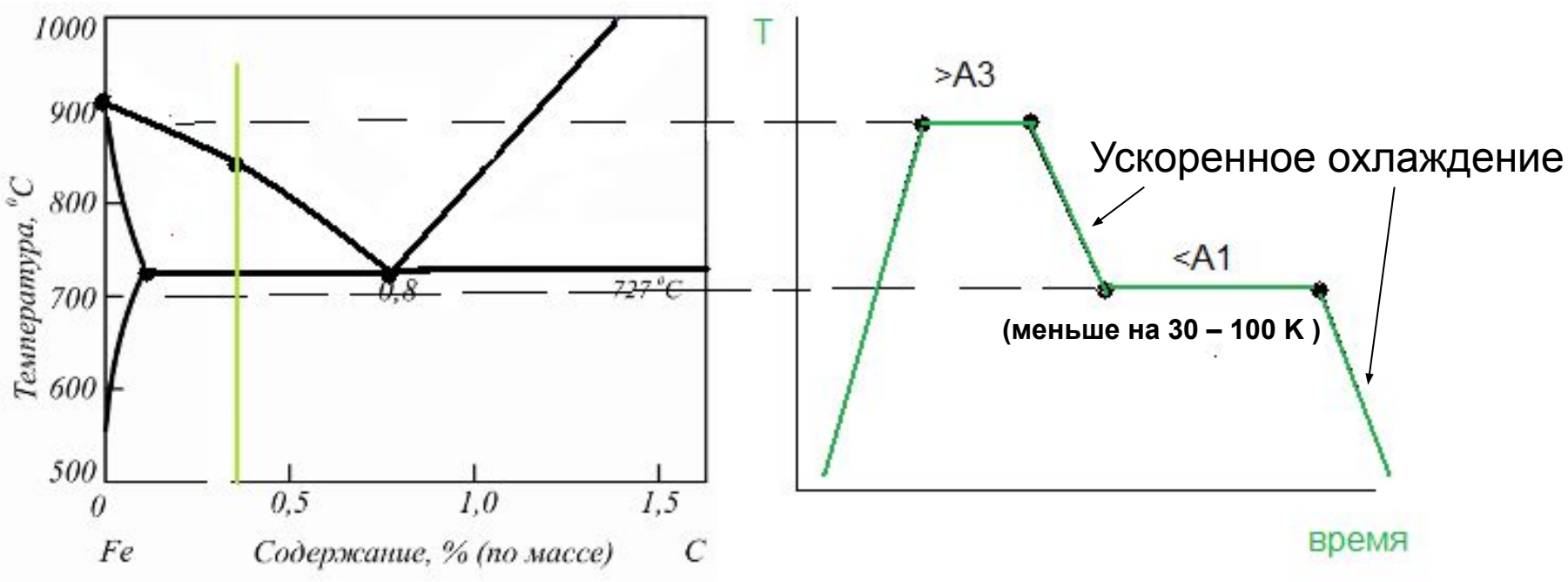


30 – 50 К выше линии *GSE*

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

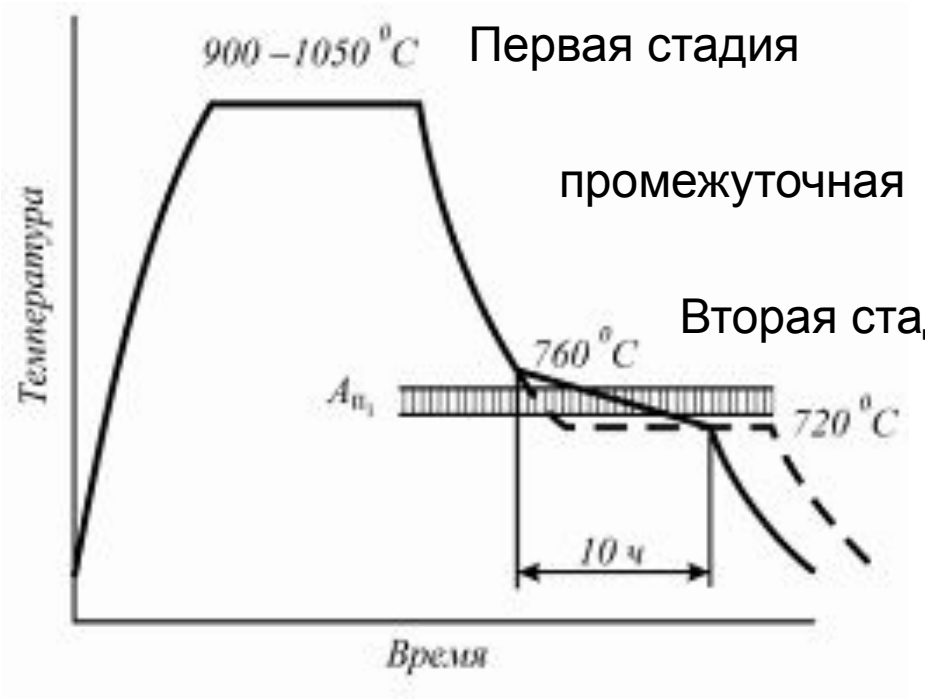
В зависимости от скорости охлаждения – П или Ф-П матрица

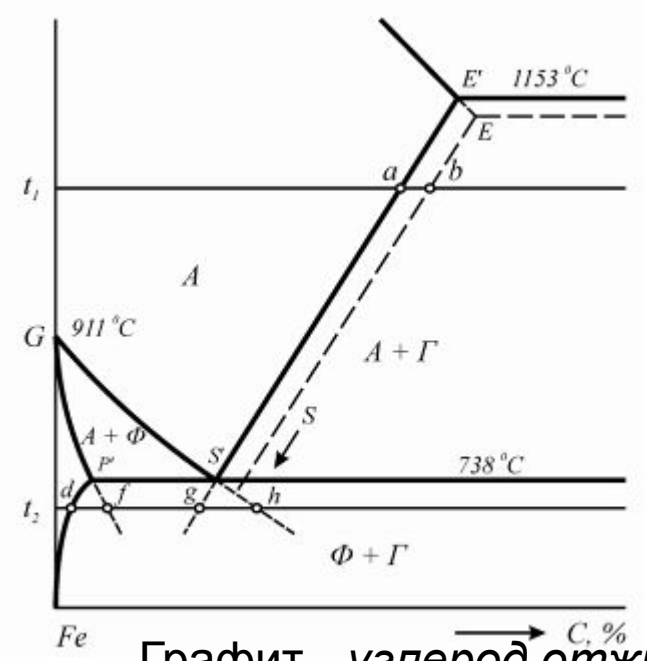
Низкотемпературный смягчающий отжиг. Для СЧ с П или Ф-П матрицей
Цель - снижение твердости, улучшения обрабатываемости резанием и повышения циклической вязкости.
Проводят при 650 – 750 °С, 1 – 4 ч
Изменения структуры - частичная графитизация перлитного цементита и частичная сфероидизация оставшегося цементита.

Отжиг белого чугуна на ковкий

- Дешевый материал + высокие механические свойства
- для производства ковкого чугуна используют отливки из доэвтектического белого чугуна, содержащего

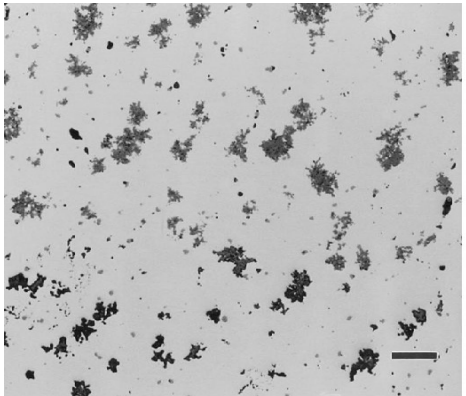
  2.2 – 3.1 % C, 0.7 – 1.5 % Si, 0.3 – 1.0 % Mn и до 0.08 % Cr.

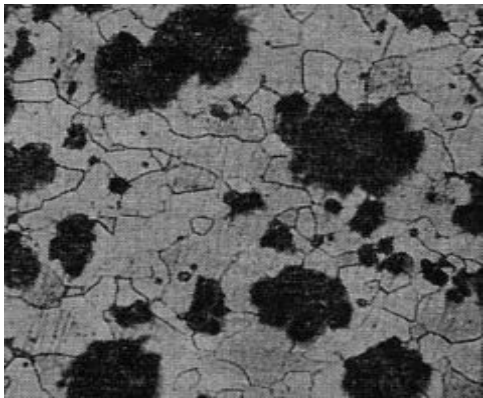




Графит - *углерод отжига*

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:

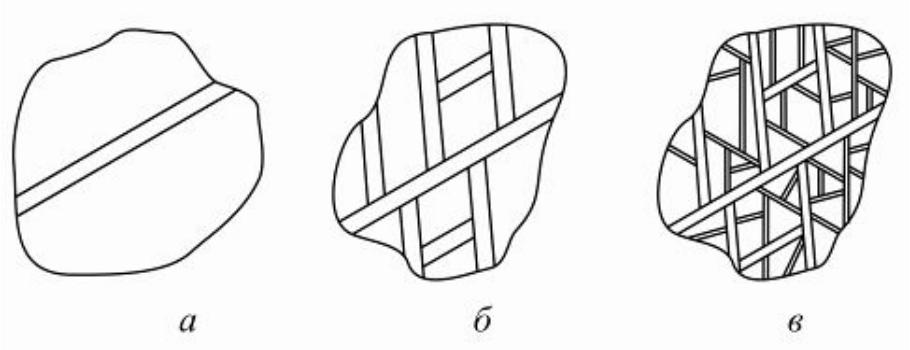
температура нагрева

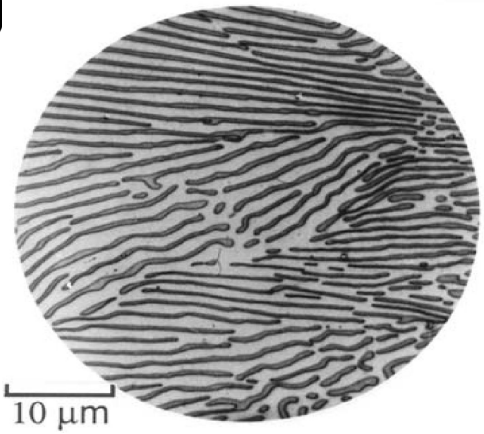
время выдержки

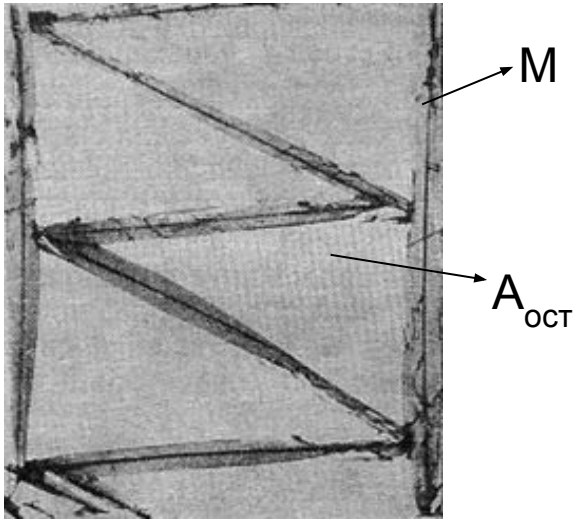
скорость охлаждения

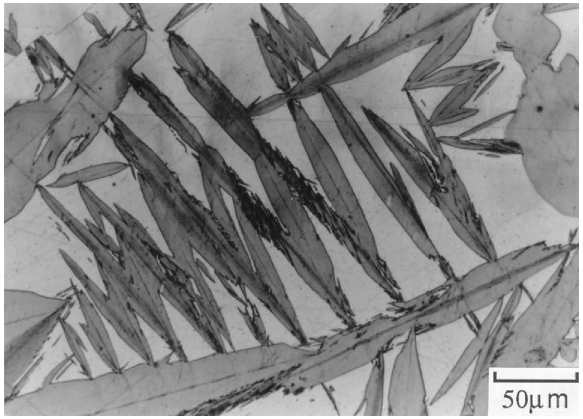
Закалка с полиморфным превращением

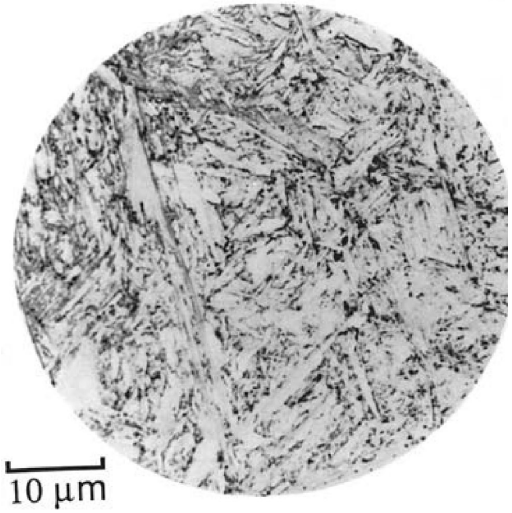
- *это термическая обработка металла или сплава, при которой главным является мартенситное превращение высокотемпературной фазы* **(закалка на мартенсит)**











(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- с*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 метала)*
- *образованием на дислокациях атмосфер из атомов углерода*
- *выделением из α-раствора дисперсных частиц карбида*

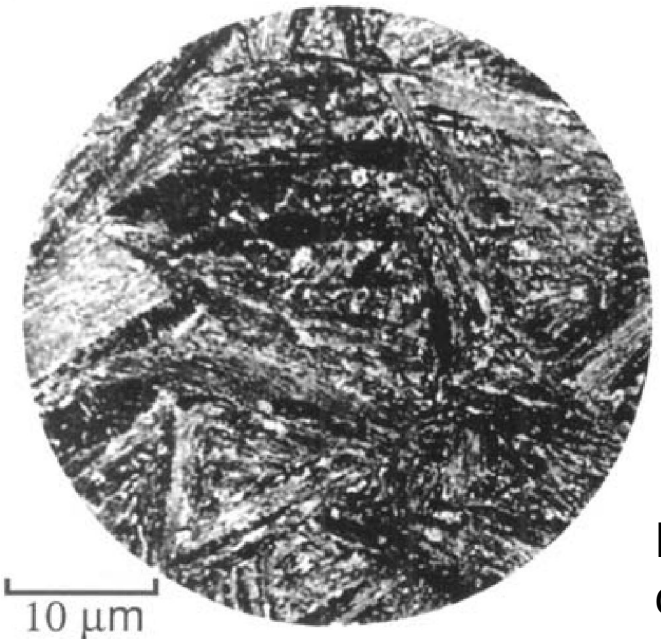
↑ Прочность $\sigma_в$ = 1300 ÷ 2000 МПа
↓ Пластичность = 0

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

δ = 14 ÷ 20 %, ψ = 70 ÷ 80 %
Для безуглеродистых мартенситно-стареющих сплавов (н-р, Fe-Ni)

Бейнитное превращение

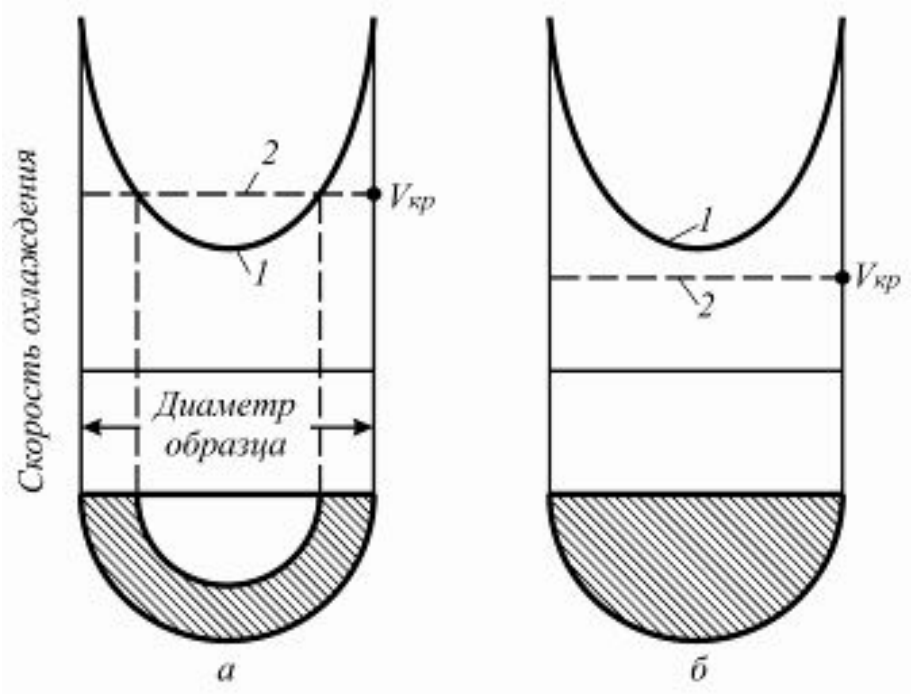
- В углеродистых сталях в интервале примерно 500 – 250 °С, происходит ***бейнитное превращение***.
- Это *промежуточное превращение* между перлитным и мартенситным
- Бейнит состоит из α-фазы (феррита) и карбида



Бейнит полученный в эвтектоидной стали изотермической выдержкой при температуре 290 С

Прокаливаемость

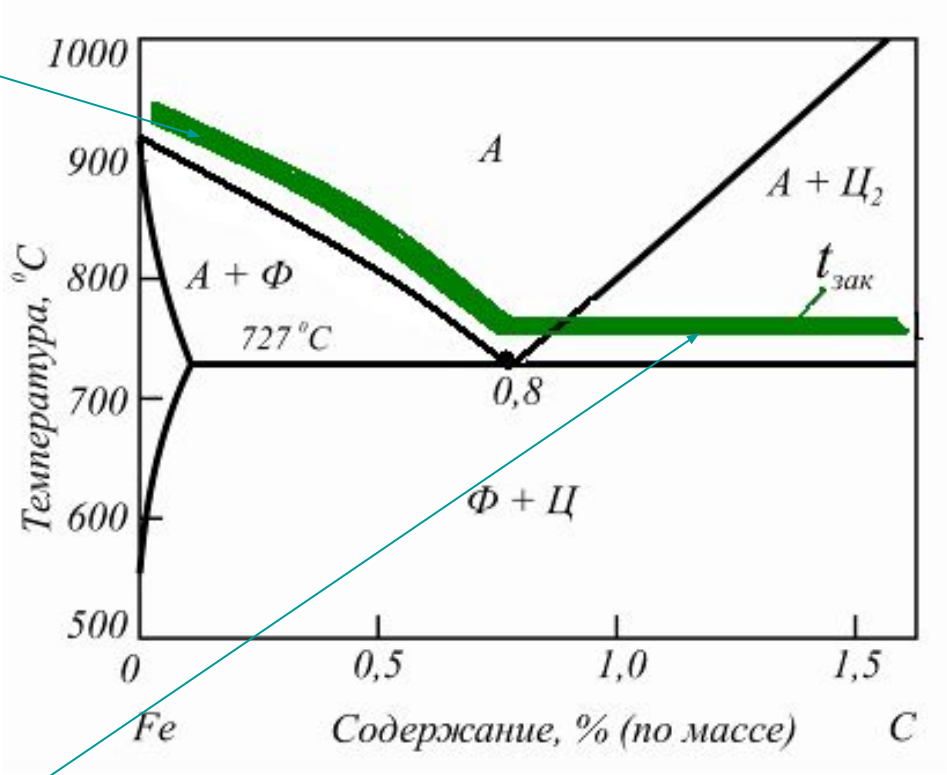
- *критическая скорость охлаждения – это минимальная скорость, при которой аустенит еще не распадается на феррито-карбидную смесь*
- *От данной критической скорости охлаждения зависит глубина прокаливаемости*



Для доэвтектоидных сталей

> *А*3 на 30 – 50 К

- Более высокие температуры вредны из-за роста аустенитного зерна
- Ниже А3 – вредны из-за образования мягкого остаточного феррита



Для заэвтектоидных сталей > *А*1 на 35 – 60 К

выше *А*cm 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 Тз = 800 – 880 °С

Отпуск

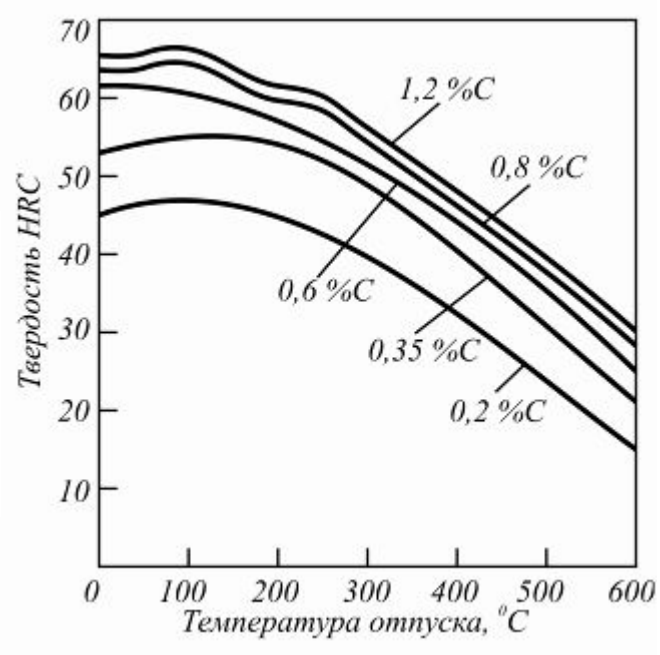
это термическая обработка закаленного на мартенсит сплава (*или металла*), *при которой главными процессами являются распад и* (*или*) *возврат и рекристаллизация мартенсита*

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*