



Основные виды термической обработки стали

Лекция 8

Поток 1А

Лектор доц. Дощечкина И .В.

(lect_8 _1A_ТКМiМ _DIV_2016 ppt)

(Использованы материалы электронного учебника МАДИ и электронного ресурса
[www.google.com.ua / search](http://www.google.com.ua/search))

План лекции

- × 1.Основные виды термической обработки.
- × 2.Режимы разных видов термообработки.
- × 3.Отжиг стали:
 - × -полный отжиг;
 - × -неполный;
 - × -изотермический;
 - × -низкий;
 - × -рекристаллизационный;
 - × -диффузионный.
- × 4.Нормализация.
- × 5.Закалка стали.

Основные виды термической обработки стали

Термическая обработка – это процесс изменения фазового состава и структуры металлов и сплавов тепловым воздействием с целью получения заданных свойств .

Существуют 4 основные вида термической обработки , по разному влияющие на структуру и свойства стали и имеющие различное применение.



Напомним, что **температуры фазовых превращений** при нагреве определяют **критические точки A_{C1} и A_{C3}** .

При термообработке общая длительность нагрева металла складывается из времени собственно нагрева до заданной температуры и времени выдержки при этой температуре. В процессе охлаждения с определенной скоростью **формируется необходимая структура и уровень заданных свойств.**



Термическая обработка может быть предварительной и окончательной.

Предварительная (или промежуточная) термообработка подготавливает структуру и свойства материала слитков, отливок, поковок для последующих технологических операций — обработки давлением, улучшения обрабатываемости резанием.



Окончательная термическая обработка обеспечивает заданный уровень свойства готового изделия.

Скорости охлаждения для разных видов термической обработки

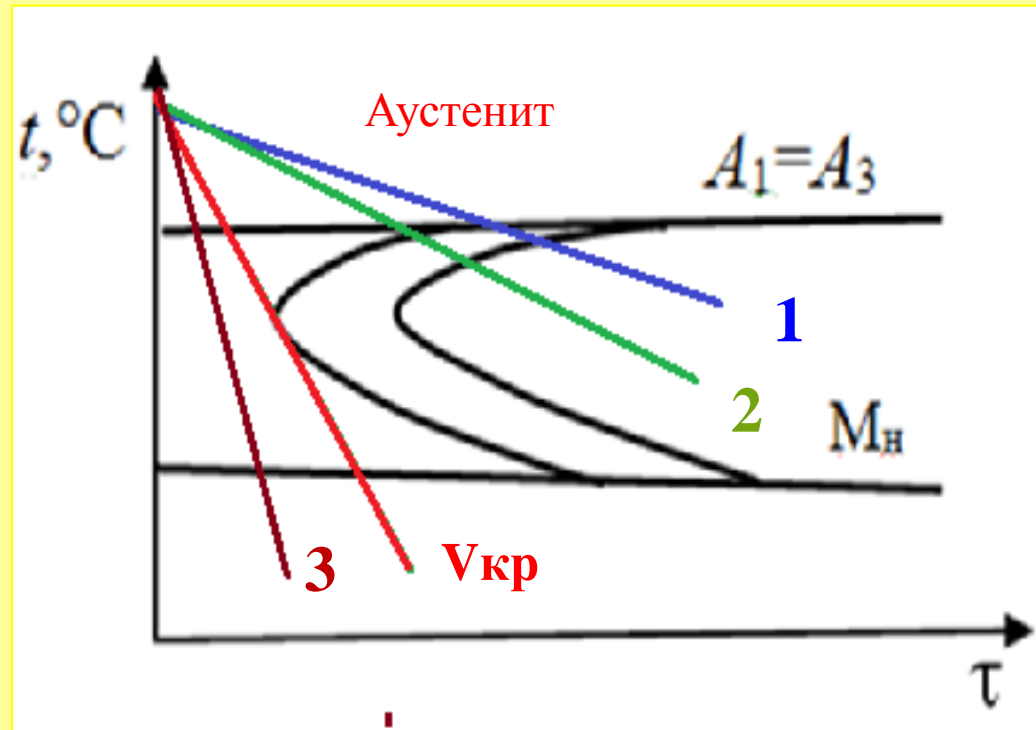
1 – **отжиг**,

2 - **нормализация**,

3-**закалка**

Для **этих** трех видов термообработки нагрев производят **выше критических точек**.

Отличаются они **скоростью охлаждения**.



Отпуск всегда производят при температуре **ниже критической точки A_{C1}** . Охлаждение, как правило, на воздухе.

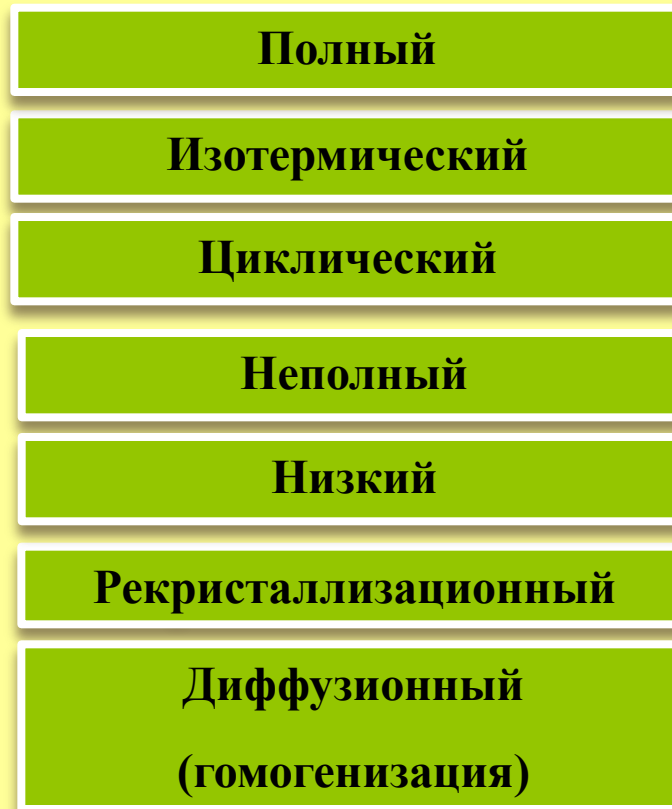
Для **некоторых видов отжига** нагрев может быть также **ниже точки A_{C1}** .

Отжиг стали

Отжиг – термическая обработка, заключающаяся в **нагреве до определенных температур**, выдержке и последующем **очень медленном охлаждении (с печью)**.

Цель отжига - снятие наклепа, устранение ликвации, снижение твердости, увеличение пластичности, улучшение обрабатываемости стали.

В зависимости от цели **существуют различные виды отжига**.



В результате отжига снимаются внутренние напряжения, выравнивается химический состав по объёму заготовки, устраняется структурная неоднородность.

Отжиг может быть как промежуточной, так и окончательной термической обработкой сварных соединений, заготовок, полученных методами холодной обработки давлением.

Полный отжиг

Используется, как правило, для доэвтектоидных сталей.

Для углеродистых сталей

$$t_{\text{нагр}} = A_{C3} + (30-50) \text{ C}$$

Для легированных сталей

$$t_{\text{нагр}} = A_{C3} + (50-70) \text{ C}$$

Выдержка – 2- 3 мин/мм сечения.

Охлаждение с печью.



После отжига структура Ф+П или П, равновесная, мелкозернистая. Устраняются напряжения, повышается пластичность, уменьшаются твердость и прочность, улучшается обрабатываемость резанием.

Полному отжигу подвергают сортовой прокат, поковки, фасонные отливки перед дальнейшей термической обработкой. а также сварные соединения

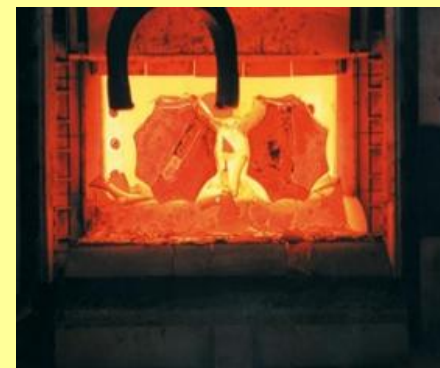
Изделия, подверженные полному отжигу



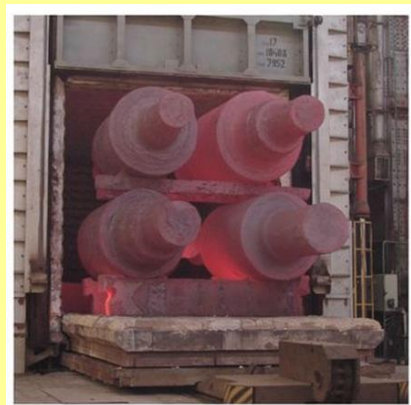
Сварные соединения



Трубный прокат



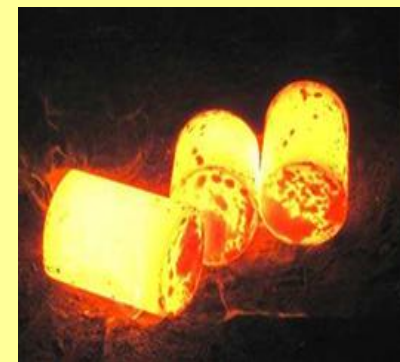
Сортовой прокат



Штампованные заготовки



Фасонные отливки



Кованные заготовки

Неполный отжиг

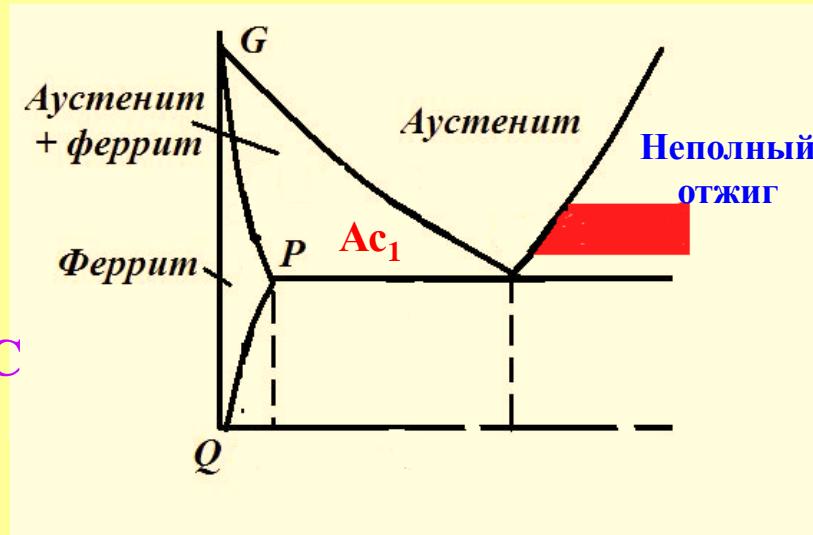
Используется преимущественно для **заэвтектоидных** (инструментальных и подшипниковых) сталей.

Такой отжиг называют **сфероидизирующим** (сфероидизацией)

Цель отжига – получить **цементит перлита** и **вторичный цементит зернистой** (сферической) формы.

$$t_{\text{нагр}} = A_{C1} + (10-30) \text{ C}$$

Охлаждение очень медленное.



Устраняется цементитная сетка по границам зерен.

Образуются структура зернистого перлита.



Стали со структурой **зернистого перлита** имеют более **низкие значения твердости и прочности** (163 HBW и σ_B - 630) по сравнению со сталями с пластинчатым перлитом (228 HBW и σ_B - 820).

Этот вид отжига **реже применяют** как предварительную обработку и для **доэвтектоидных сталей** для улучшения обработки холодной пластической деформацией.



Изотермический отжиг

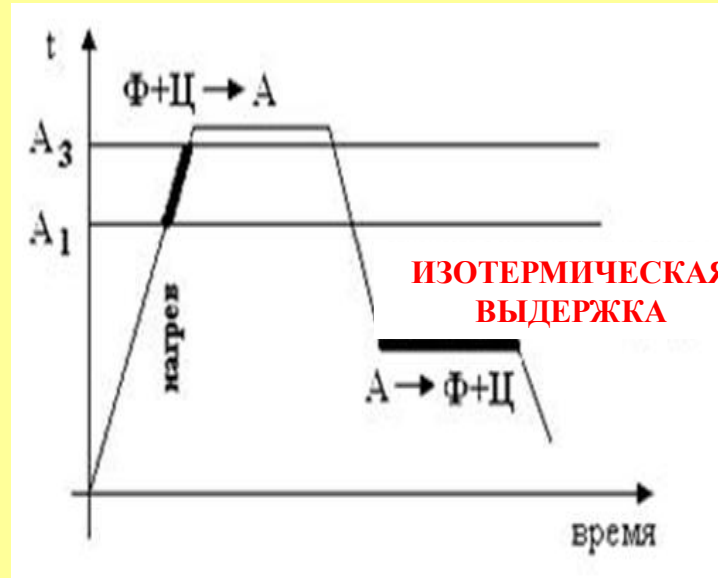
Является разновидностью полного отжига.

Нагревают до температуры

$A_{C3} + (30-50) \text{ C}$

Выдерживают и охлаждают до

температуры ниже точки A_{C1} (660-680 C), вновь выдерживают 3-6 ч и охлаждают с любой скоростью.



Получают равновесную ферритно-перлитную или перлитную структуру в зависимости от марки стали.

В основном применяют для деталей и инструмента из легированной стали.

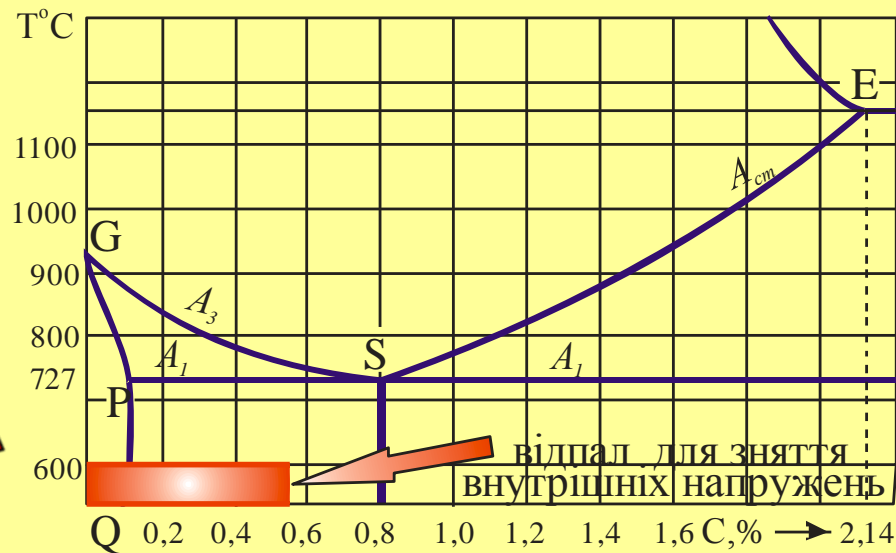
По сравнению с полным отжигом процесс более экономичный и обеспечивает более однородную структуру, так как распад аустенита происходит при постоянной температуре, а не в интервале температур, как при полном отжиге.

Низкий отжиг

Цель отжига – снятие внутренних напряжений, возникших вследствие неравномерности охлаждения, неоднородности пластической деформации и способных вызвать коробление и разрушение изделия.

Температура нагрева в пределах **350-650 С.**

При температуре 550-600 С наиболее полно снимаются внутренние напряжения.



Выдержка – 2-3 мин/мм сечения.

Охлаждение медленное, с печью.

Отжигу подвергают отливки, сварные изделия, поковки для повышения сопротивления усталости, ударным нагрузкам, коррозионной стойкости, для стабилизации размеров и предотвращения коробления.

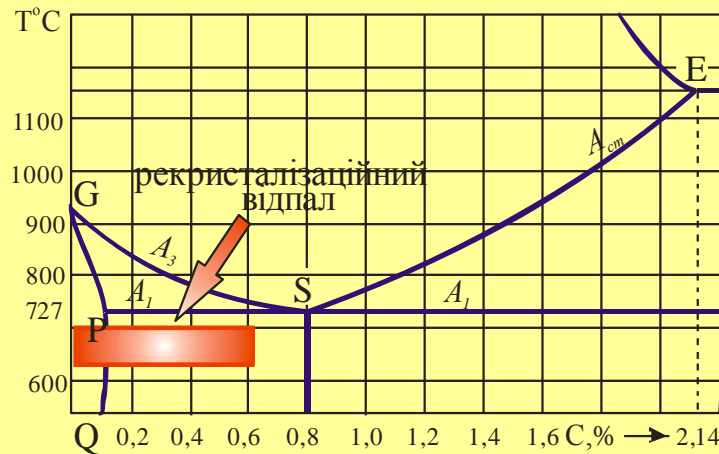


Рекристаллизационный отжиг

Используется после холодной пластической деформации как промежуточная, так и окончательная операция для снятия наклепа и остаточных напряжений и возвращения металлу технологической пластичности, необходимой для дальнейшей холодной обработки давлением.

Температура отжига – 630-700 С для низкоуглеродистых сталей, содержащих 0,05-0,2%С, и 700-730 С для легированных сталей.

Охлаждение медленное, чтобы избежать внутренних напряжений.



Широко используется для автолистовых сталей, требующих глубокой и сложной вытяжки.

Позволяет достигать больших степеней деформации при ОМД.

Рекристаллизационному отжигу подвергается холодотянутая, катаная и штампованная продукция (проволока, листы, прутки, ленты, фольга).

Изделия, подверженные рекристаллизационному отжигу.



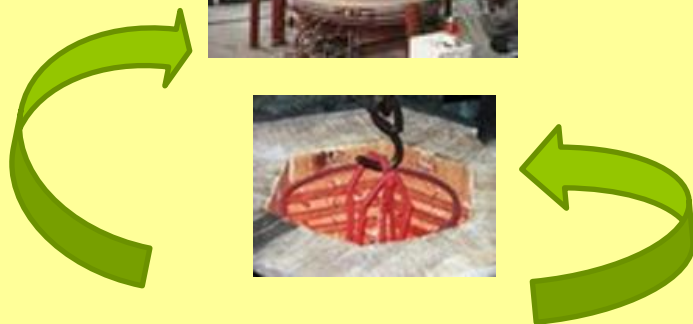
Автолист



Проволока



Трубы



**Колпаковая и шахтная
печи для отжига**



Прокат



Полосы



Поковки



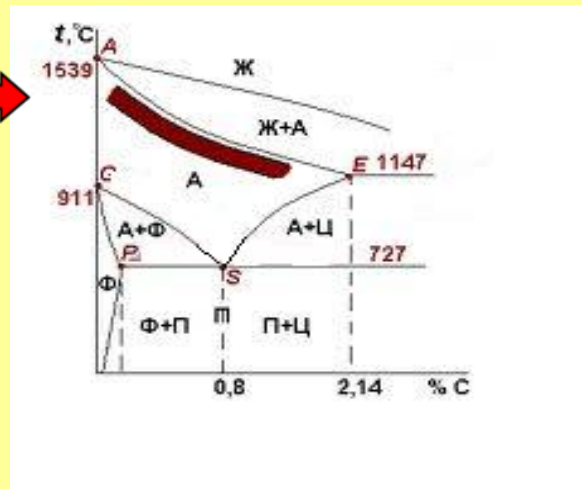
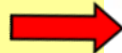
Фольга

Диффузионный отжиг

(ГОМОГЕНИЗАЦИЯ)

Применяют для устранения химической неоднородности (ликвации), образовавшейся при кристаллизации металла.

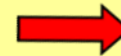
Температура нагрева 1100 – 1200 С. Выдержка 10-15 ч и более в зависимости от массы металла. Очень медленное охлаждение.



Высокая температура для ускорения диффузии с целью перераспределения углерода и легирующих элементов.

Сталь становится однородной, т.е. гомогенной по всему объёму изделия.

Такому отжигу подвергаются габаритные отливки из легированных сталей.



Крупное зерно устраняется последующей термической обработкой (полным отжигом и др.)



Нормализация

Нормализация – термическая обработка, заключающаяся в нагреве стали выше критических точек A_{C3} (A_{CT}), выдержке и **охлаждении на воздухе**.

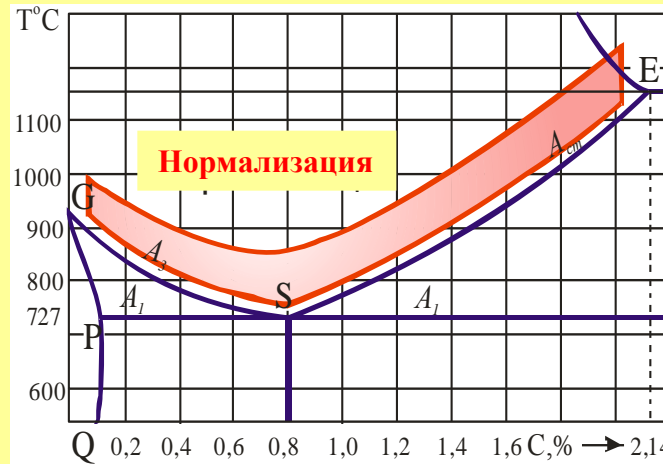
Для доэвтектоидных сталей $t_{\text{нагр}} = A_{C3} + (30-50) \text{ C}$.

Для заэвтектоидных - $t_{\text{нагр}} = A_{CT} + (30-50) \text{ C}$.

Охлаждение на спокойном **воздухе** или в струе воздуха.
Выдержка – 3 мин/мм сечения.

Для малоуглеродистых сталей нормализация используется как предварительная термическая обработка **вместо отжига**, т.к. **более экономична**.

Для сталей, содержащих $>0,35\%C$, особенно легированных, нормализация является упрочняющей термообработкой.



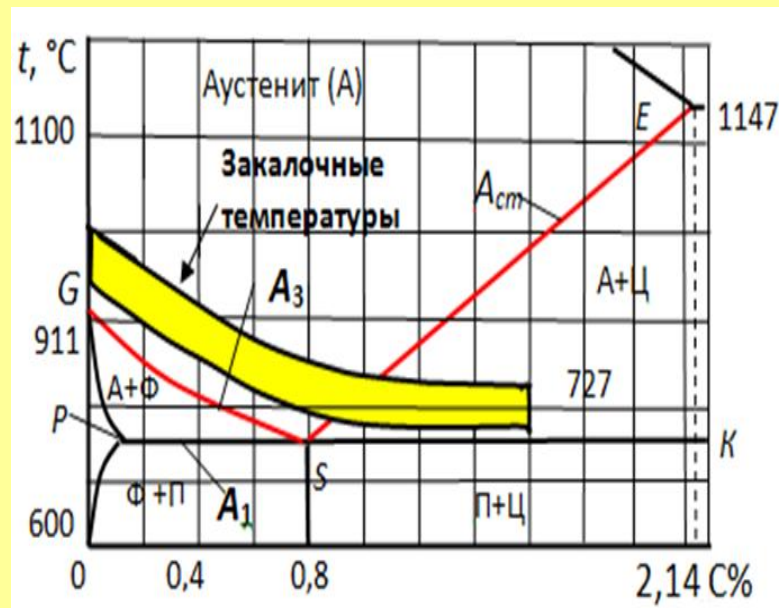
Образуется дисперсная ферритно-цементитная – сорбит или троостит.
У средне - и высокоуглеродистых сталей твердость и прочность выше, чем после отжига .



Закалка стали

Закалка - это упрочняющая термическая обработка, заключающаяся в нагреве стали выше критических точек, выдержке и охлаждении со скоростью больше критической.

Для доэвтектоидных сталей $t_{\text{нагр}} = A_{C3} + (30-50) \text{ C}$.
Выдержка – 1 мин/мм сечения.
При $V_{\text{охл}} > V_{\text{кр}}$ образуется структура мартенсита.



Для заэвтектоидных сталей $t_{\text{нагр}} = A_{C1} + (30-50) \text{ C}$
Образуется структура мартенсит + цементит.
Обеспечивается высокая твердость для инструментальных сталей.



видео закалка2.htm

Цель закалки – получить структуру мартенсита. Результат зависит от температуру нагрева, времени выдержки и скорости охлаждения.

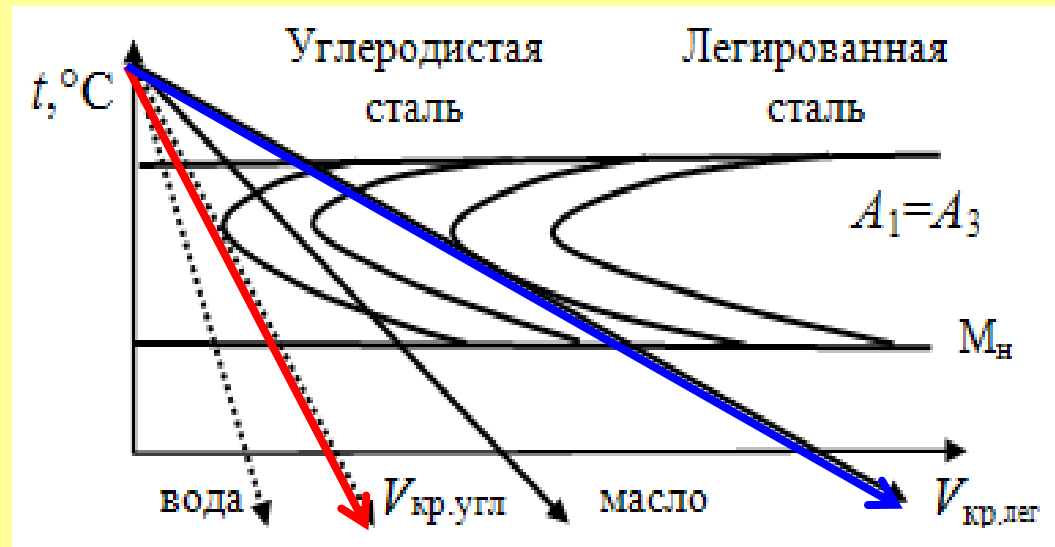


Выбор охлаждающей среды при закалке

Охлаждение при закалке проводится со скоростью большей или равной критической – $V_{охл} \geq V_{кр}$.

Охлаждающие среды при закалке - вода и масло.

Сталь	Структура после охлаждения	
	В воде	В масле
Углеродистая	М	М+Т
Легированная	М	М



Легированные стали, у которых $V_{кр}$ невысокая, следует охлаждать в масле, а углеродистые, имеющие высокую $V_{кр}$ – в воде.

При охлаждении легированной стали в воде могут возникнуть большие внутренние напряжения, приводящие к короблению изделия и появлению трещин.

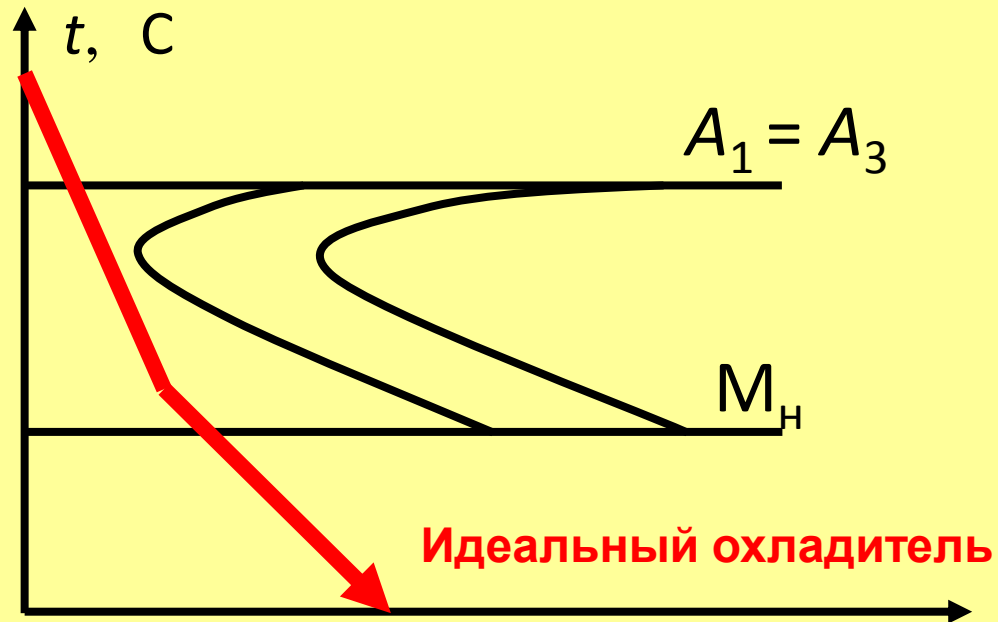
Закалочные напряжения

При закалке возникают два вида напряжений: термические и структурные.

Термические напряжения возникают в результате перепада температур по сечению.

Структурные напряжения связаны с изменением структуры – объём мартенсита больше объёма аустенита.

В мартенсите **большая плотность дислокаций**.

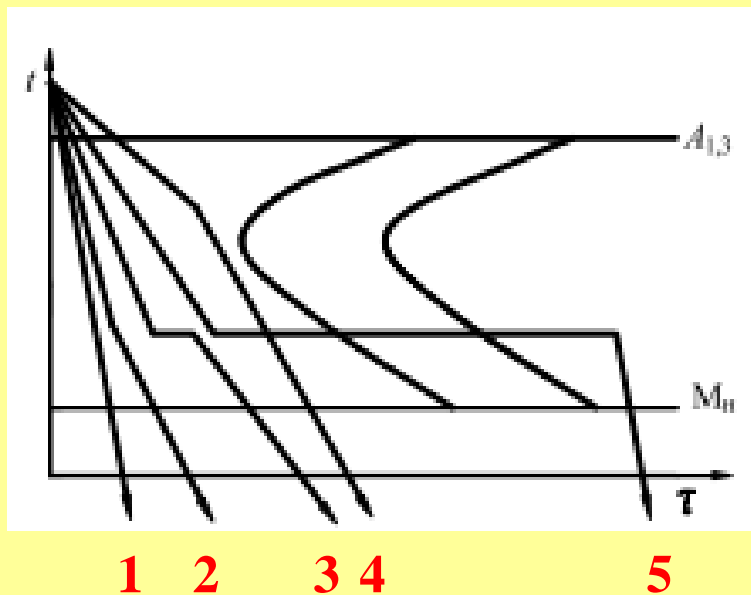


Идеальный охладитель – быстрое охлаждение до M_n для предотвращения распада аустенита на феррит и цементит и медленное охлаждение в интервале M_n – M_s для уменьшения структурных и термических напряжений.

Способы закалки стали

В зависимости от химсостава стали, формы и размеров детали, необходимых эксплуатационных свойств **выбирают способ закалки с целью получения минимальных закалочных напряжений.**

Режим 1 –
непрерывная закалка
в одном охладителе,
2 – закалка в двух
средах или
прерывистая: в
воде до точки M_n , а
затем в
минеральном масле



Режим 3 –
ступенчатая закалка:
из печи в ванну с
температурой,
близкой M_n ;
4 – закалка с
подстуживанием,
5 – изотермическая
закалка.



фильм.htm

Основные требования для охлаждающей среды – большая охлаждающая способность в области минимальной устойчивости аустенита и пониженная в интервале мартенситного превращения.

Вопросы для самостоятельной работы

1. Циклический (маятниковый отжиг и его назначение).
2. Обработка стали холодом.
3. В каком случае нормализация может быть применена вместо закалки?

Литература

- ✘ 1. Дьяченко С.С. Материаловедение : учебник / С.С. Дьяченко, И.В. Дощечкина, А.А.Мовлян, Э.И. Плешаков.- Харьков: Издательство ХНАДУ, 2010.-464 с. (стр.186–198).
- ✘ 2. Гладкий И.П.Технология конструкционных материалов и материаловедение : учебное пособие / И.П. Гладкий, В.И. Мощенок, В.П. Тарабанова, Н.А. Лалазарова,
- ✘ Д.Б. Глушкова.- Харьков: ХНАДУ,2011.-460 с.(стр.4-7, 18 –27).



Кафедра технології металів и
матеріалознавства

Доц. Дощечкина Ирина Васильевна

E-mail: div_khadi@ukr.net

Харьков, ул. Петровского, 25, ХНАДУ