

Лекция 5

Термическая и химико-термическая обработка сталей

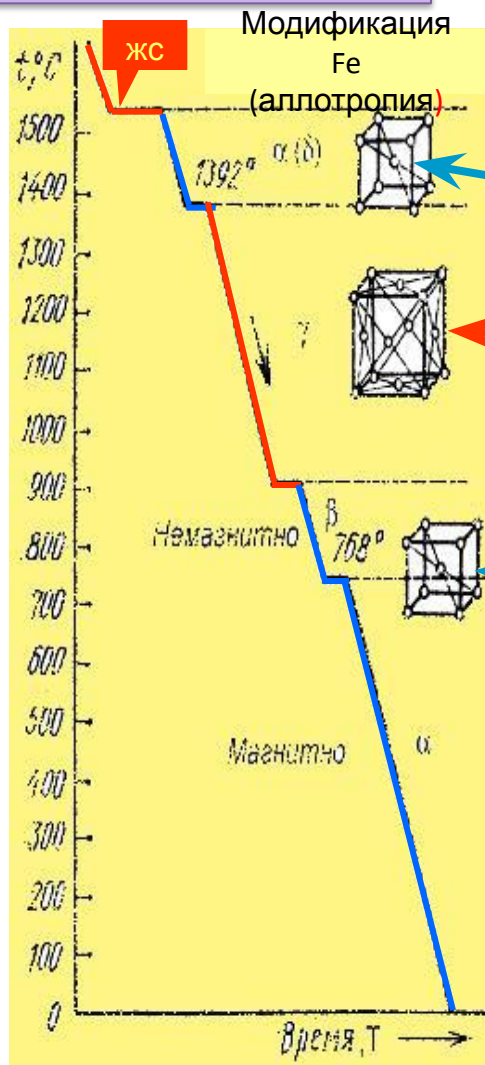
План лекции

- 5.1. Основы термической обработки.**
- 5.2. Практика термической обработки**
- 5.3. Химико-термическая обработка сталей**
- 5.4. Основные понятия и определения.**

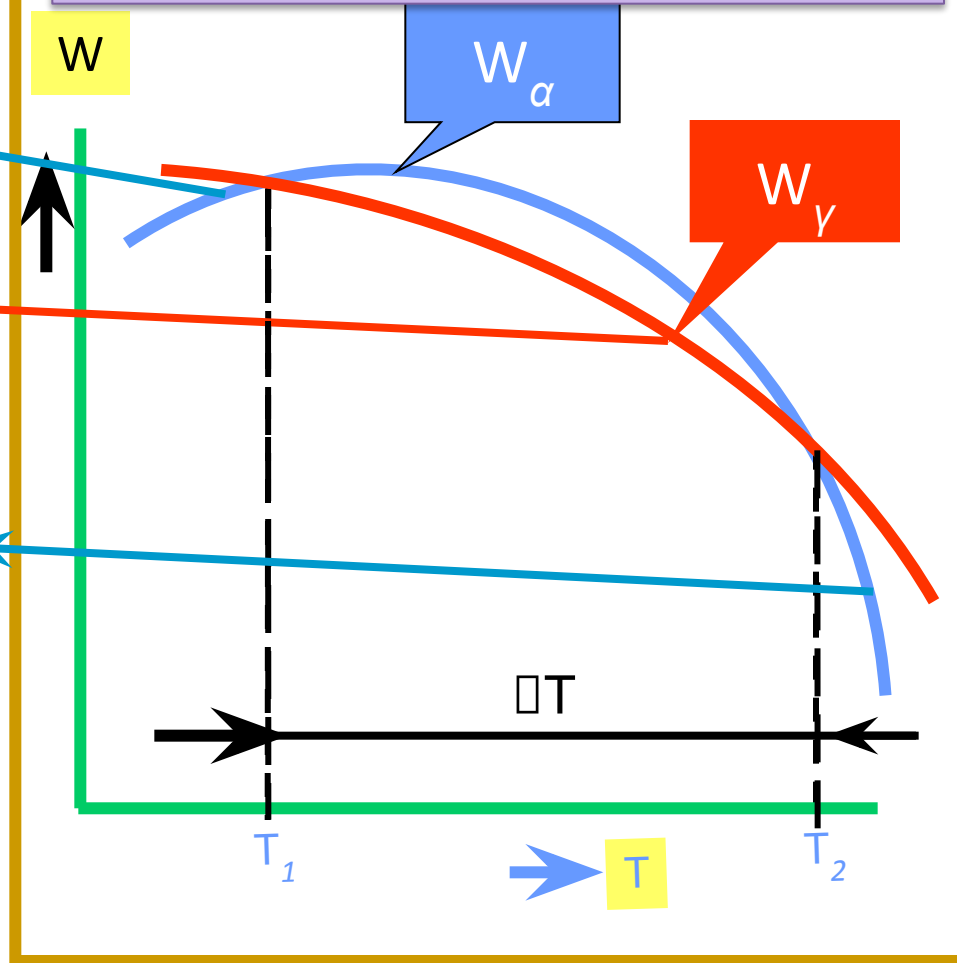
5.1. Основы термической обработки

3.1. Диаграмма состояний сплава

Диаграмма состояния представляет собой графическое изображение фазового состояния сплавов в зависимости от температуры и концентрации в условиях равновесия. Она отражает и модификацию компонентов



Зависимость свободной энергии вещества (W) от его температуры (T)



5.1. Основы термической обработки.

Термическая обработка заключается в изменении структуры и свойств материала заготовки в следствии тепловых видоизменений. (ГОСТ 3.1109 - 82)

Нагрев.
Выдержка.
Охлаждение

Режимы

ТО

Применение

Машиностроение

Стали.
Чугуны.
Сплавы цветных металлов.

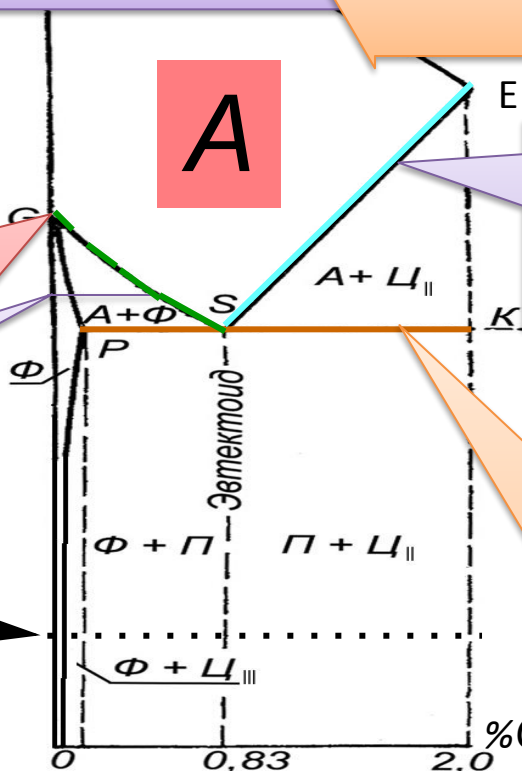
5.2.1. Критические точки в сталях.

Обозначаются: A_{cr} при нагревании
 A_c при охлаждении

A_3 – линия GS соответствует температуре от 910° до $723^\circ C$
(A_{c3} – конец пр. Φ в A ;
 A_{r3} – начало выделения Φ из A)

A_2 – $768^\circ C$ - магнитное превращение Fe

A_0 – $210^\circ C$ - магнитное превращение ζ



A_{cm} - линия SE соответствует температуре от 723° до $1130^\circ C$
Начало выделения ζ_{II}

A_1 - линия PSK - $723^\circ C$ - соответствует эвтектоидному превращению.

(A_{c1} - превращение Π в A ;
 A_{r1} - превращение A в Π).

5.2. Практика термической обработки.

5.2.1. Общие положения



Режим ТО

Показатели

Температура нагрева (T_n °C)

Скорость нагрева ($V_n \Rightarrow$
конфигурация, h, %C)

Время выдержки при T_n (тв)

Скорость охлаждения (V_{ox})

5.2.2. Отжиг и нормализация.

Легир. стали (Cr, Ni)
Диффузионный отжиг.
 T_n 1050 ...
1150°C \Rightarrow выдержка.

8...24 часа

Полный. $T_n > GSK$. Охл. с печью. Мелкие зерна
Ф-П и П-Fe₃C, мягкая, пластичная.

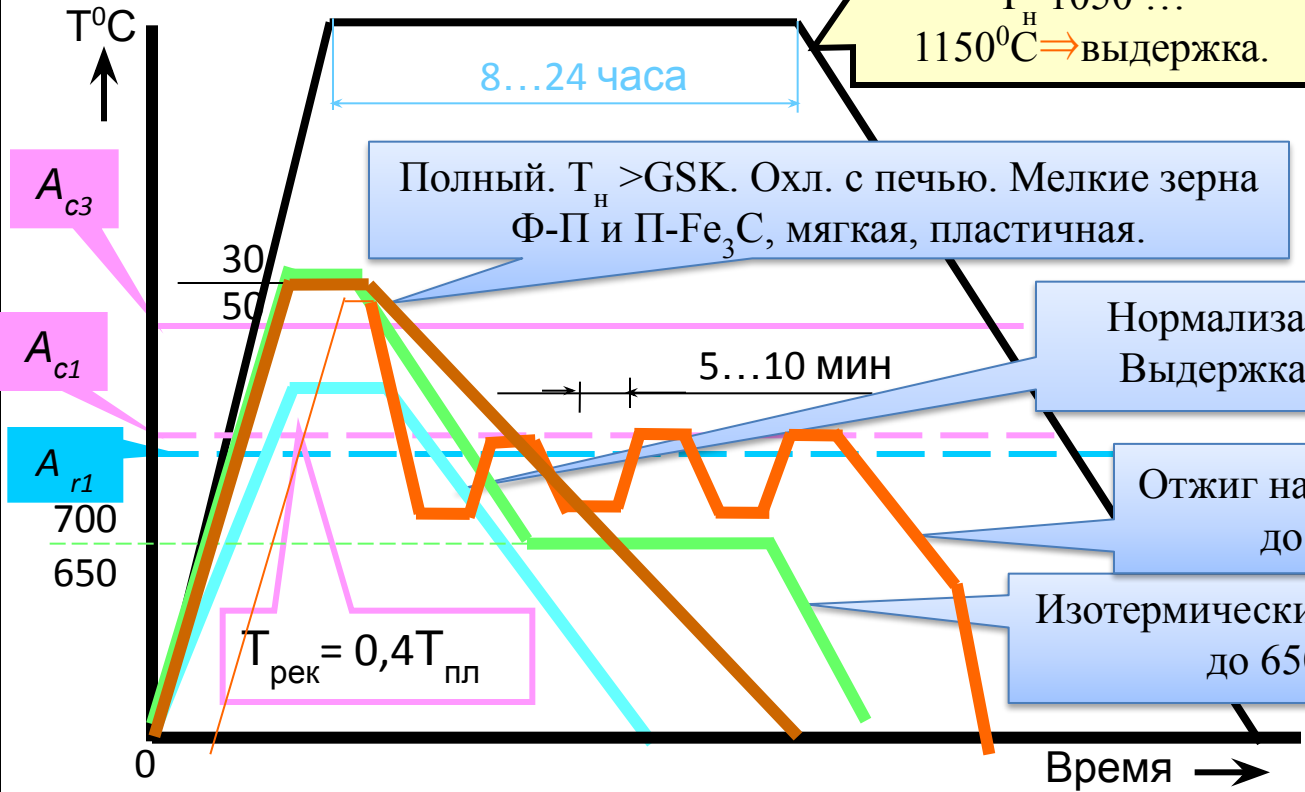
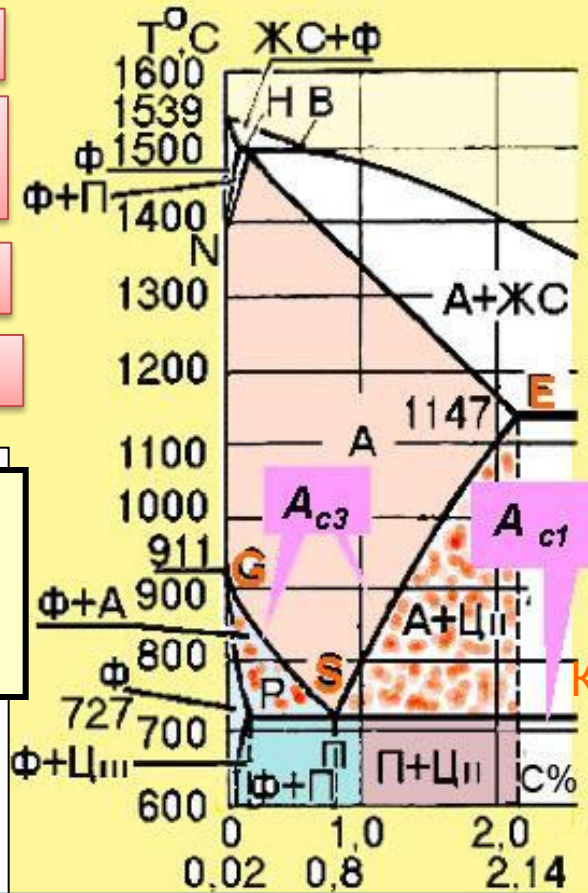
5...10 мин

Нормализация. $T_n > GSE$ на 30...50°C.
Выдержка и охлаждение на воздухе.

Отжиг на П_{зернистый}. $T_n > GS$. Охлаждение
до 650...750°C и на воздухе.

Изотермический отжиг. $T_n > GS$. Охлаждение
до 650...750°C и выдержка.

$$T_{рек} = 0,4T_{пл}$$

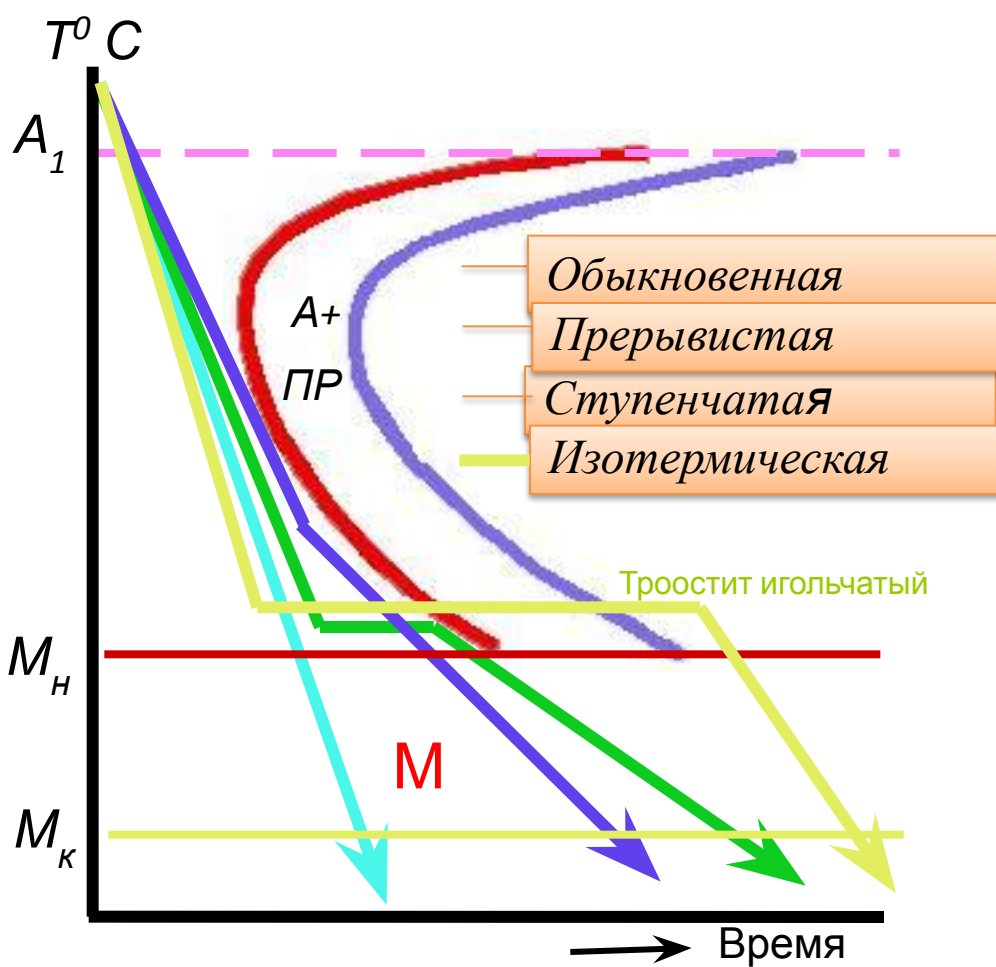


5.2.3. Закалка стали

Задачи

Структура

min напряжения
(термические, структурные)



5.2.3. 1. Способы закалки

Обыкновенная

В одной охл. среде

Углеродистая сталь \Rightarrow вода. Лег. сталь \Rightarrow масло, иногда с подстуж.

Прерывистая

В двух средах

Вода \Rightarrow масло или воздух

Ступенчатая

Выдержка при $T=150...500^{\circ}\text{C}$ в смеси $45\%\text{NaNO}_2+55\%\text{KNO}_3$

Меньше структурные напряжения, но меньше размеры деталей.

Изотермическая

Выдержка до T игольчатого троостита. $45...55\text{H}_3\text{C}_3$

Динамические напряжения. Патентирование проволоки

Нагрев сталей перед закалкой

$T^{\circ}C$

1100

1000

900

800

700

0

A

$A+U_{II}$

A+ Φ

50 $^{\circ}C$

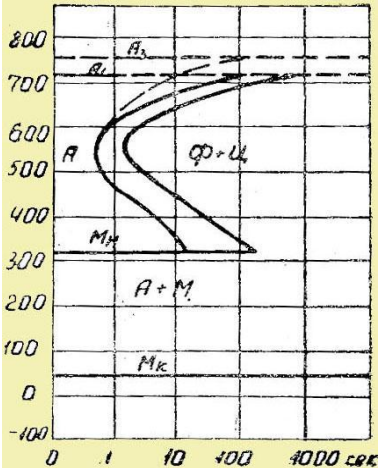
30

K

0,02 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0 1,4

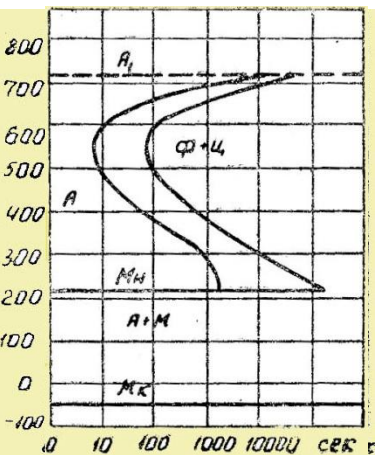
2,14

%C



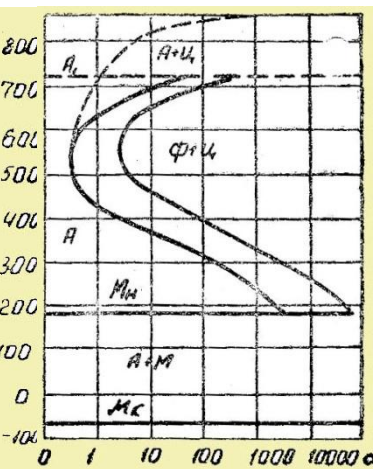
0,54

%C



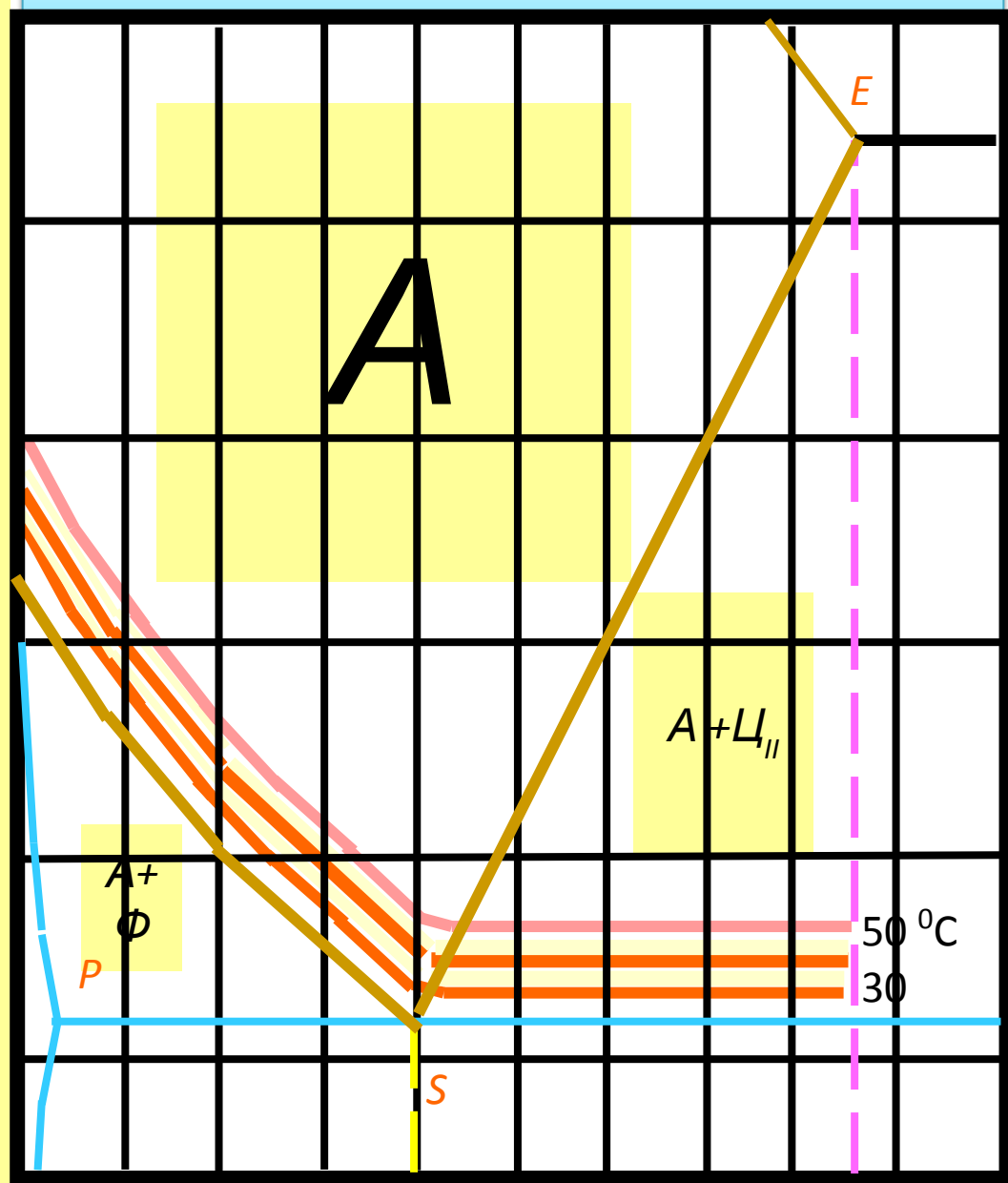
0,80

%C



1,10

%C



Относительная интенсивность охлаждения закалочных сред

5.2.3.2. Режимы охлаждения при закалке

Охлаждающая среда	Температура, °C		Относительная интенсивность охлаждения в интервале температур пузырькового кипения H	
	охлаждающей среды	пузырькового кипения		
Вода	20	400—100	1,0	
	40	350—100	0,7	
	80	250—100	0,2	
10 %-ный раствор NaCl в воде	20	650—100	3,0	
Раствор NaOH в воде:				
	10 %-ный	20	650—100	2,0
	50 %-ный	20	650—100	2,0
Масло минеральное	20—200	500—250	0,3	

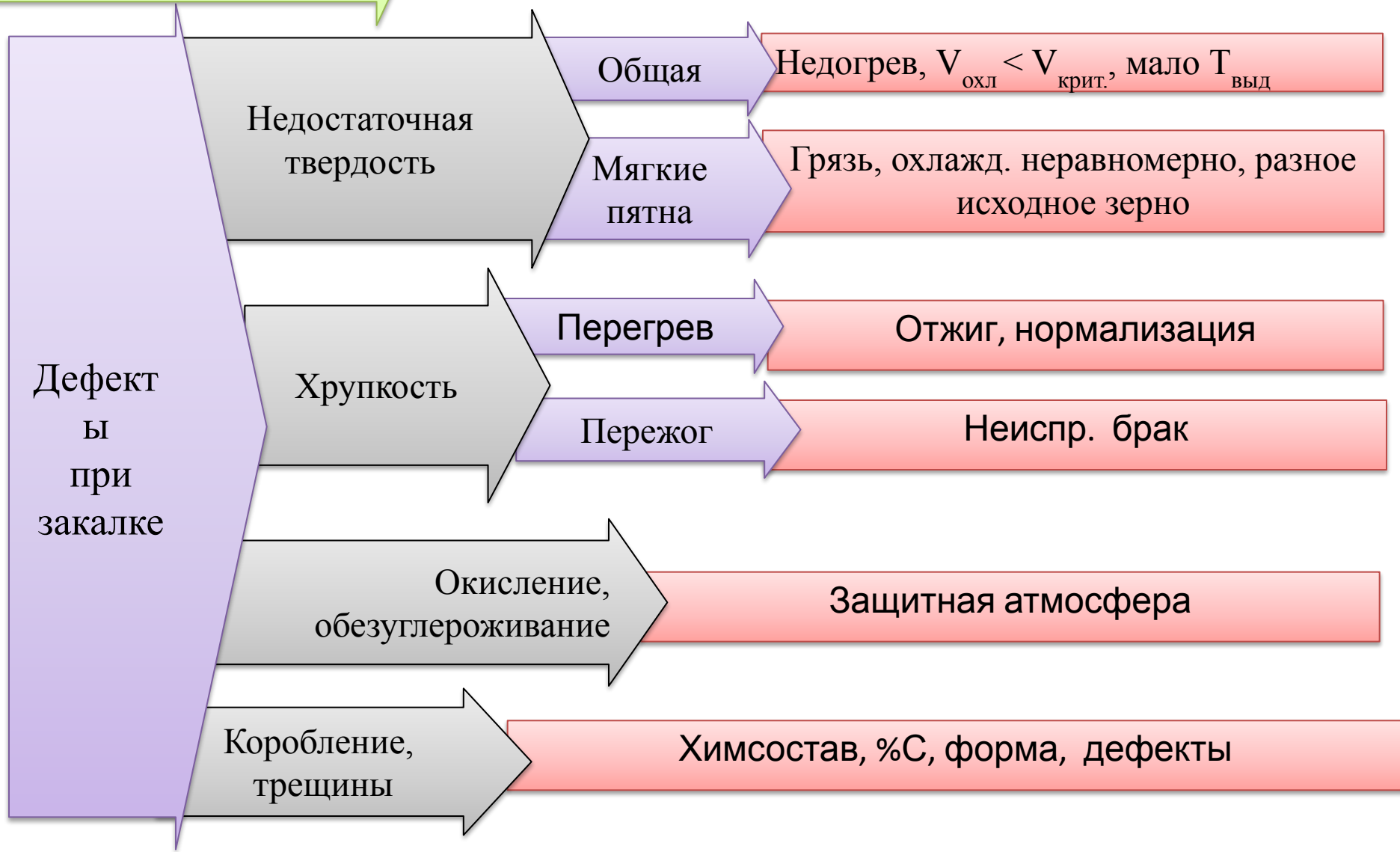
Скорость охлаждения стали в различных средах

Закалочная среда	Скорость охлаждения в °/сек в интервале температур	
	650—550°	300—200°
Вода при температуре 18°	600	270
Вода при температуре 50°	100	270
Вода при температуре 75°	30	270
10%-ный водный раствор NaCl при температуре 18°	1100	300
10%-ный водный раствор NaOH при температуре 18°	1200	300
Минеральное масло	150	30

5.2.4. Дефекты при ТО

Дефекты при отжиге и нормализации

Окисление, обезуглероживание, перегрев, пережог



5.2.5. Обработка холодом

Стали \Rightarrow
Мкп < 00 С

**Продолжение
охлаждения**

Среды:
смесь сухой лед+ спирт $\Rightarrow -78^{\circ}\text{C}$;
жидкий $\text{O}_2 \Rightarrow -183^{\circ}\text{C}$;
жидкий воздух $\Rightarrow -192^{\circ}\text{C}$.

Твердость > на 3...5 HRC, стабилизируются размеры и структура \Rightarrow инструменты: измерительные, режущие

Нагрев ниже $A_{c1} \Rightarrow$ **повышение пластичности**

5.2.6. Отпуск стали (окончат. операции ТО)

Низкий

Режущий инструмент $\Rightarrow 150...200^{\circ}\text{C}$
Цементируемая сталь $\Rightarrow 200...220^{\circ}\text{C}$

Снятие
температурных
напряжений

Средний

Отпуск на троостит $\Rightarrow 350...500^{\circ}\text{C}$
Пружины $\Rightarrow 350...450^{\circ}\text{C}$,
рессоры $\Rightarrow 450...500^{\circ}\text{C}$

Ударные
нагрузки

Высокий

Отпуск на сорбит $\Rightarrow 500...600^{\circ}\text{C}$

Вязкость и
достаточная
прочность

5.2.7. Особенности ТО легированных сталей

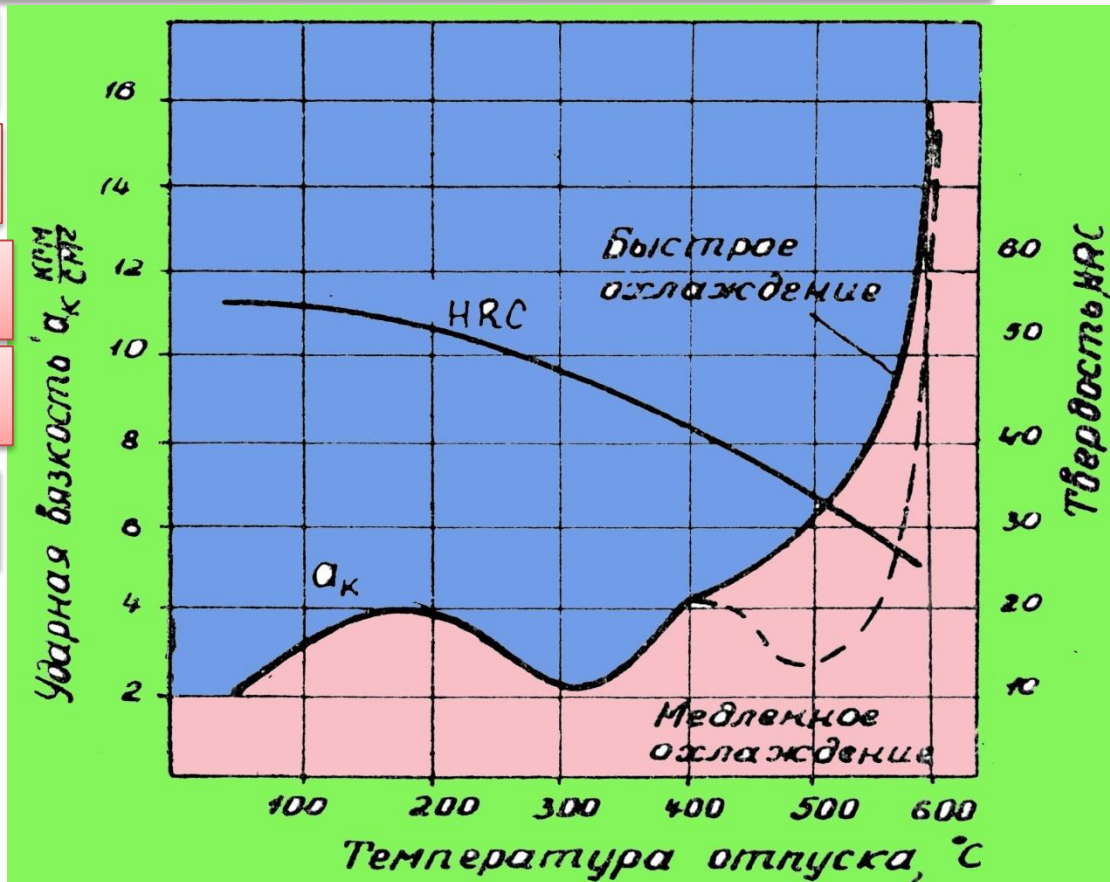
Ухудшают
теплопроводность

Выше нагрев при ТО \square
растворение ЛЭ в А

Охлаждение
с большей \square V

T° отпуска \square выше

Отпускная хрупкость



5.2.7.1.

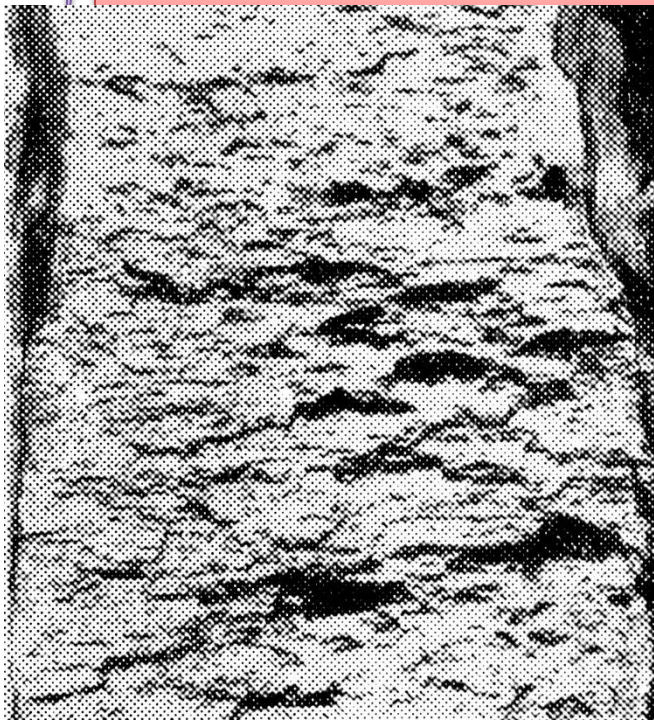
Пороки в
легированных
X
сталях

Дендритная ликвация

Шиферный излом

Флокены 

Ухудшение свариваемости



Л

Э

5.2.8 Термомеханическая обработка

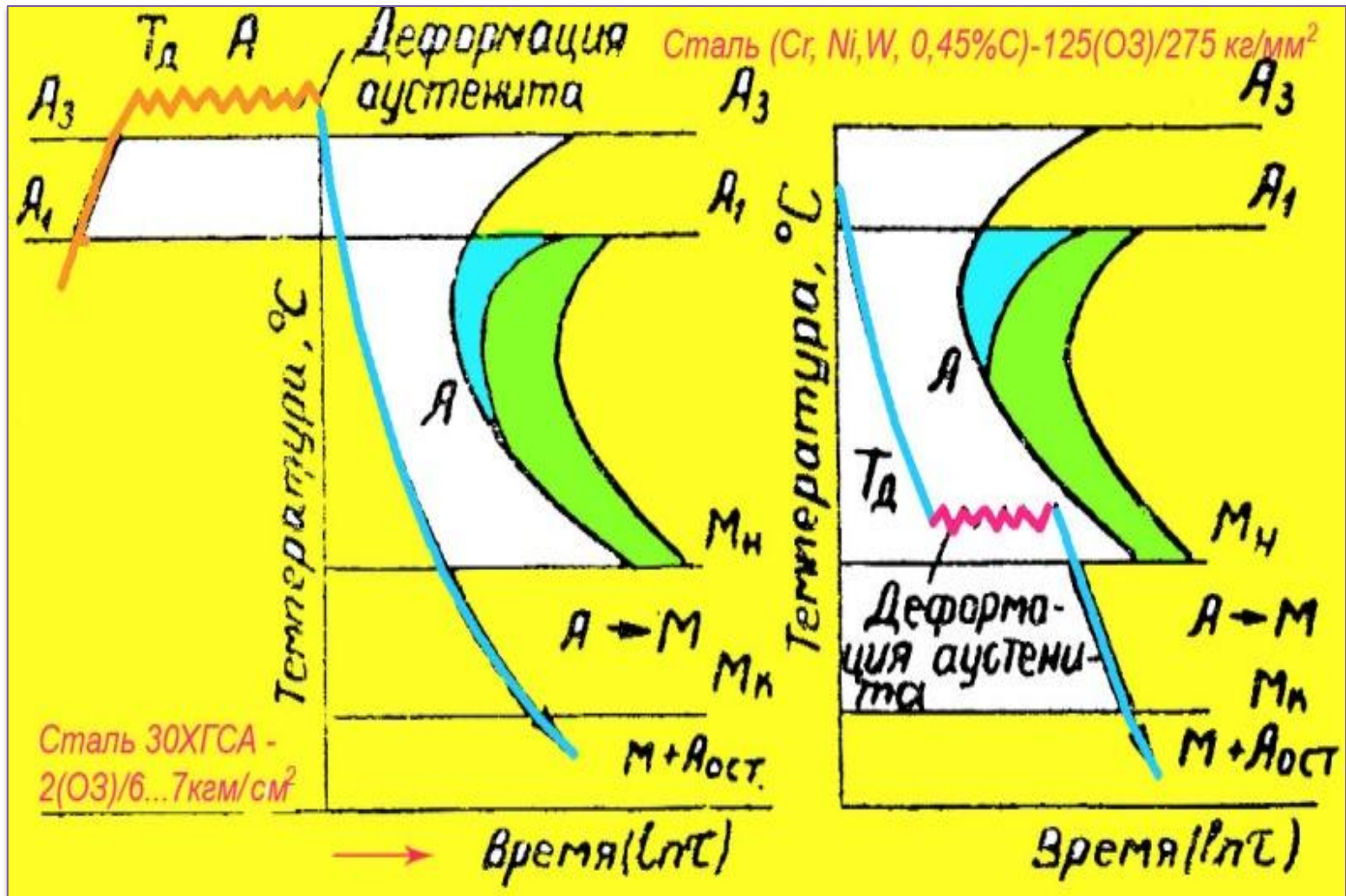
- **Термомеханическая обработка (ТМО)** является методом обработки стали, позволяющим повысить механические свойства по сравнению с полученными при обычной закалке и отпуске: прочность 220-300 кгс/см², при хорошей пластичности и вязкости $\delta=6-8\%$, $a_n=5-6$ кгс·м/см².
- ТМО заключается в сочетании пластической деформации стали в аустенитном состоянии с ее закалкой.
- Формирование структуры закаленной стали при ТМО происходит в условиях повышенной плотности дислокаций, обусловленных наклепом.

Два основных способа ТМО

высокотемпературная ТМО – сталь деформируют при температуре выше точки A_3 , при которой сталь имеет аустенитную структуру. Степень деформации составляет 20-30%. После деформации следует немедленная закалка во избежание развития процесса рекристаллизации.

низкотемпературная ТМО – сталь деформируют в температурной зоне переохлажденного аустенита (400-600° С). Степень деформации составляет 75-95%. Закалку осуществляют сразу деформации.

5.2.8 Термомеханическая обработка



5.2.9. Поверхностная закалка

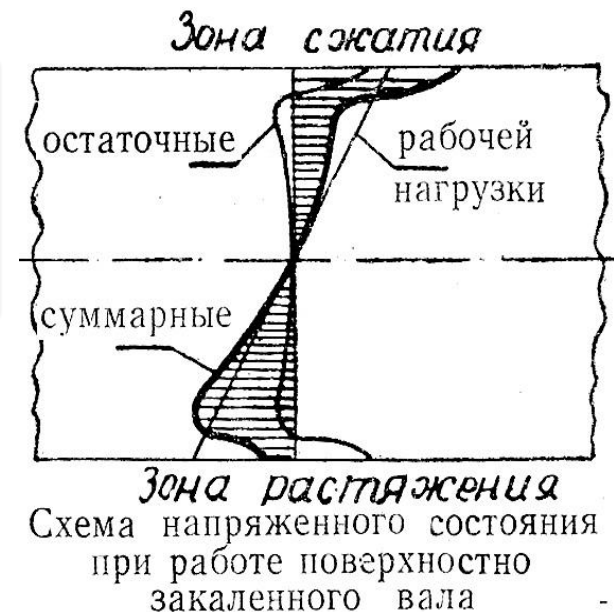
- При поверхностной закалке на некоторую заданную глубину закаливается только поверхностный слой, тогда как сердцевина изделия остается незакаленной.

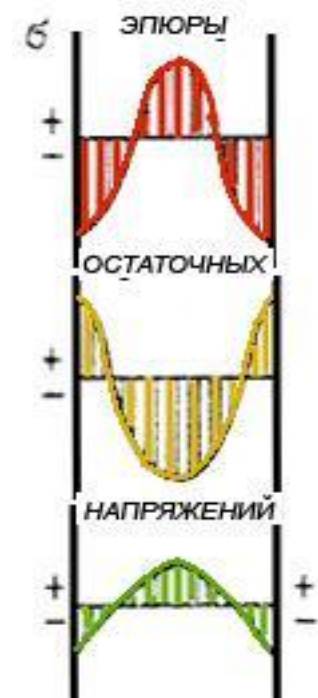
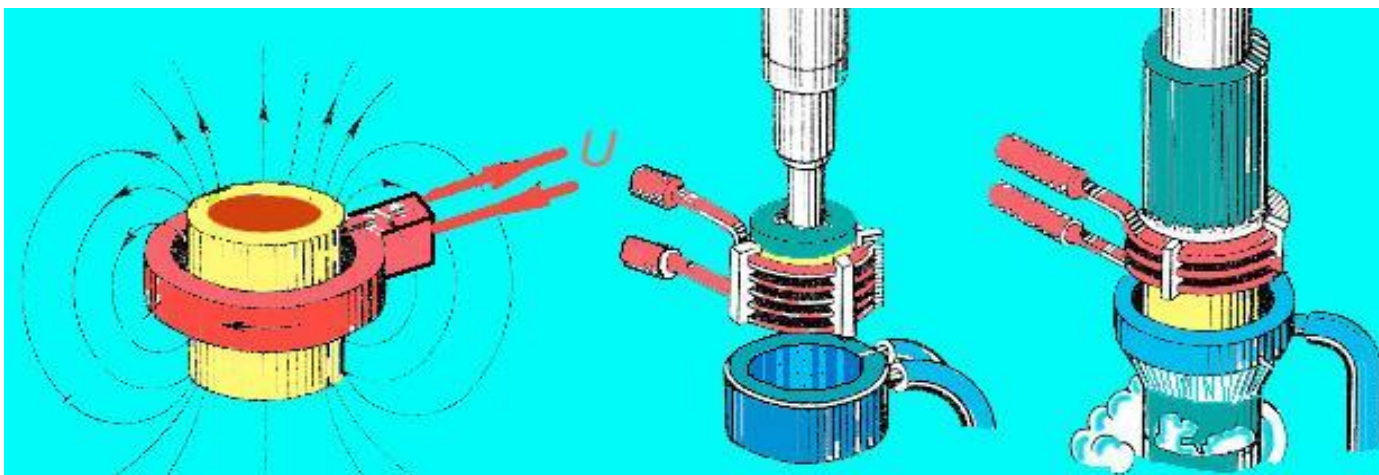
Основное назначение: повышение твердости, износостойкости и предела выносливости

по способу нагрева

Электроконтактный
Индукционный
Пламенный
Электролитический

Стали \Rightarrow 0,35...0,55%С. \Rightarrow
Ст40, 45, 35Х, 40Х, 40Г и др





5.2.9.1. Индукционная закалка

ОТЖИГ

900...950°C
□ 2...3 часа

Растворение свободного С, разложение Fe₃C
Р
устраняется отбел

ОТЖИГ
для снятия внутренних напряжений

500...550°C
□ 2 часа
на каждые 25 мм.
ТОЛЩИНЫ

Предотвращение коробления на 2...3 года

ЗАКАЛКА

850...900°C

Масло, вода

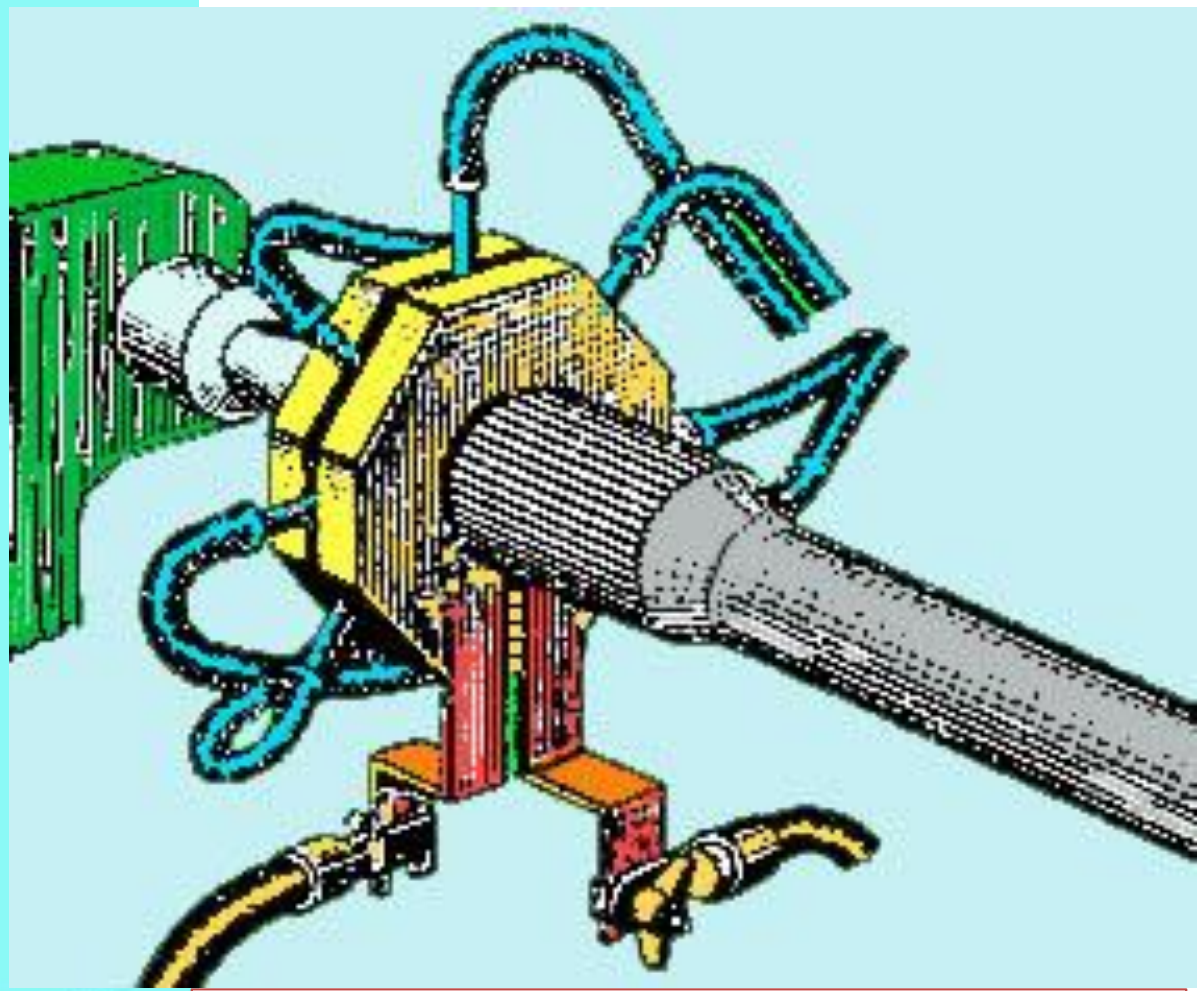
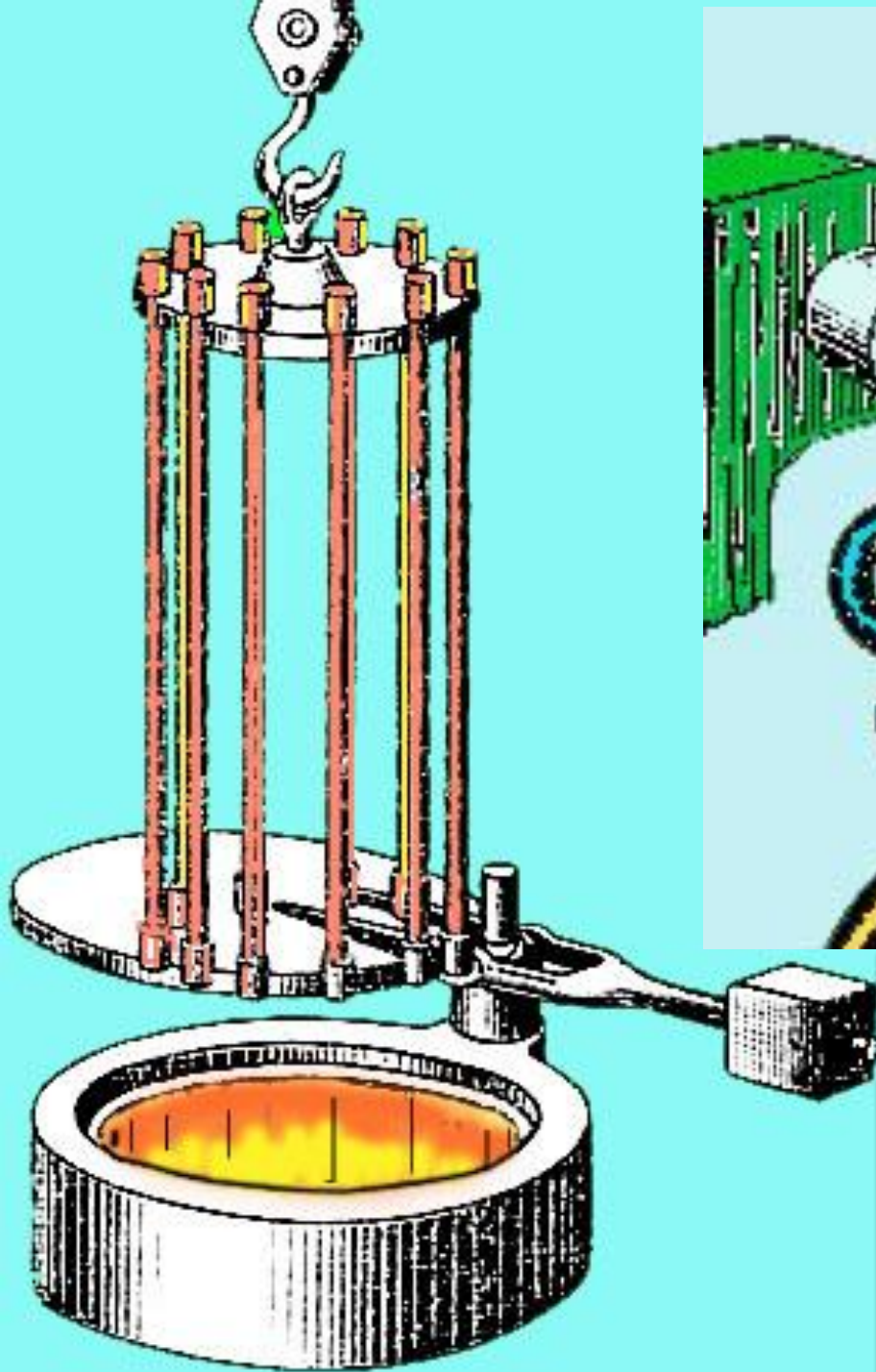
ОТПУСК

□
200...250°C .
350...500°C.

НОРМАЛИЗАЦИЯ

850...900°C

Охлаждение на воздухе



Торсион (объемная и ТВЧ закалка)

5.3. Химико-термическая обработка стали.

5.3.1. Цементация

Цель

Высокая твердость на поверхности (58...62HRC),
мягкая сердцевина

Изменение % содержания
С на поверхности детали
из стали (0,1...0,2%С,
мелкозернистые)
с последующей ТО

Диффузия С
из карбюризатора
□ при $T=900...9500$
(950... 110000С)
 $V=0,8...1,0$ мм/час

Твердый ☆

Жидкий □
 $Na_2CO_3 + NaCl + SiC$

Газообразный
 CH_4 □ $C + 4H$

5.3.2.

Азотирование (нитрирование)

Насыщение поверхностного слоя N.
Образование нитридов F и др. элементов □
(Al, Cr, Mo, V и др.) h □ 0,3...0,6; 0,015...0,02 мм.
Цель □ антикоррозионная и износостойкость.



480...700°C

0,1 мм. ≈ 10 час

Поверхность
твердость
900...1150HV.
Сердц.
сорбит

5.3.3.

Цианирование и нитроцементация

Одновременное
насыщение
С и N

Ванна с расплавленными солями □ 0,15...0,22 мм/час
 $NaCN, KCN, Ca(CN)_2, NaCl, BaCl_2, Na_2CO_3$

В газовой среде □ 0,1 мм/час. □ CO_2
20...30% NH_3 □ низкотемп. 540...560°C,
3...7% NH_3 □ высокотемп. 820...860°C.

800...

900H

V

5.3.4.

Сульфацианирование (диффузионное насыщение)

Алитирование (жидкое) □ 0,2...0,4 мм □ окалиностойкость до 900°

Хромирование □ 0,1...0,3 мм □ 1200..1300HV □ окалиностойкость 800°

Борирование □ $Na_2S_4O_7$ □ 2000HV □ износостойкость

Силицирование □ 2...5 час. □ 0,6...1,1 мм □ износостойкость

5.3.2. Азотирование

Химический состав, термообработка и назначение некоторых азотируемых сталей

Марка стали	Химический состав					в %		Режим термообработки		Назначение стали
	C	Cr	Al	Mo	Ni	W	V	температура закалки в °С, охлаждающая среда	температура отпуска в °С	
38ХМЮА	0,35—0,42	1,35—1,65	0,7—1,1	0,15—0,25	—	—	—	940, масло	625—650	Гильзы моторов и насосов, зубчатые колеса, валики водяных насосов, мерительный инструмент, детали топливных насосов
35ХЮА	0,31—0,39	1,35—1,65	0,7—1,1	—	—	—	—	940, масло	625—650	Зубчатые колеса, кулачки, шпиндели и др. детали
38ХЮ	0,35—0,43	1,5—1,8	0,5—0,8	—	—	0,2—0,4	0,1—0,2	900—940, масло или теплая вода	600—650	Заменитель 38ХМЮА и 35ХЮА
38ХВФЮА	0,35—0,43	1,5—1,8	0,4—0,7	—	—	1,2—1,5	0,18—0,28	910, масло	610—650	Зубчатые колеса, валы
30Х2Н2ВФА	0,27—0,34	1,6—2,0	—	—	1,4—1,8	1,2—1,5	—	860, масло	580	»
30Х2Н2ВА	0,27—0,34	1,6—2,0	—	—	1,4—1,8	2,0—2,3	—	820, воздух	—	Клапаны двигателей внутреннего сгорания
4Х14Н14В2М	0,4—0,5	13—15	—	0,25—0,4	13—15	6,5—7,5	≤0,3	—	—	Шарико- и роликоподшипники, работающие при повышенных температурах
ЭИ161	0,5—0,6	6,5—7,5	—	0,2—0,4	—	—	—	—	—	—

Составы защитных покрытий Метод защиты	Толщина наносимого слоя в мм
Гальваническое лужение	0,01—0,12
Покрытие обмазкой, состоящей из измельченного асбеста и жидкого стекла с удельным весом 1,26—1,28	≈1,5
Двухкратное покрытие жидким стеклом с последующей сушкой при температуре 100—120°С	1—2

Превращения А

Аустенит *500

Начало кристаллизации. перлита

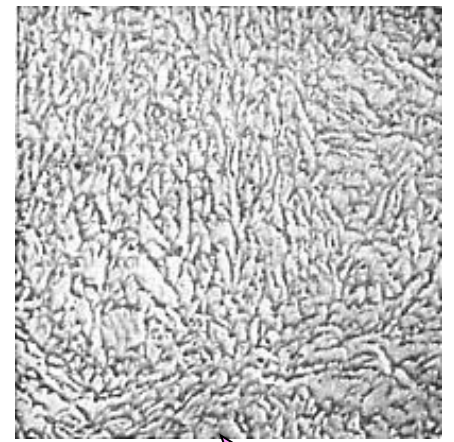
*800

*450

550 °C

Сталь У10. Перлит. *7500

450 °C



650 °C

Бейнит *1000

400 °C



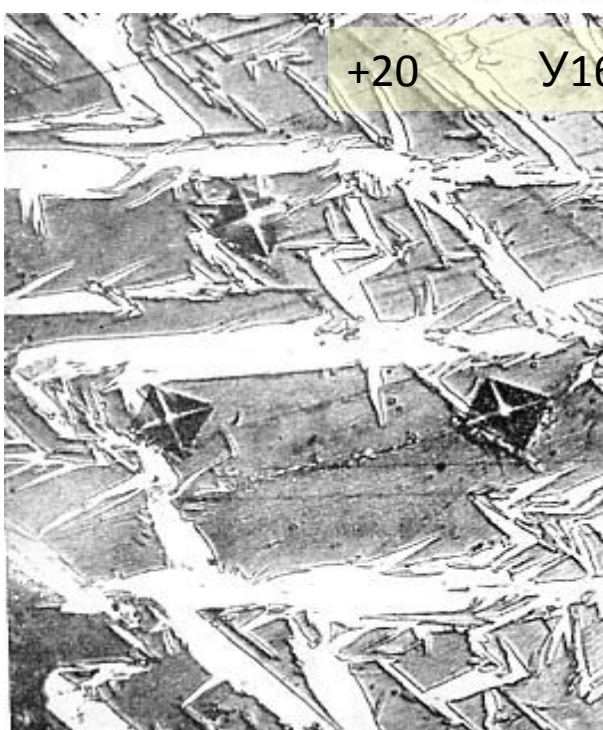
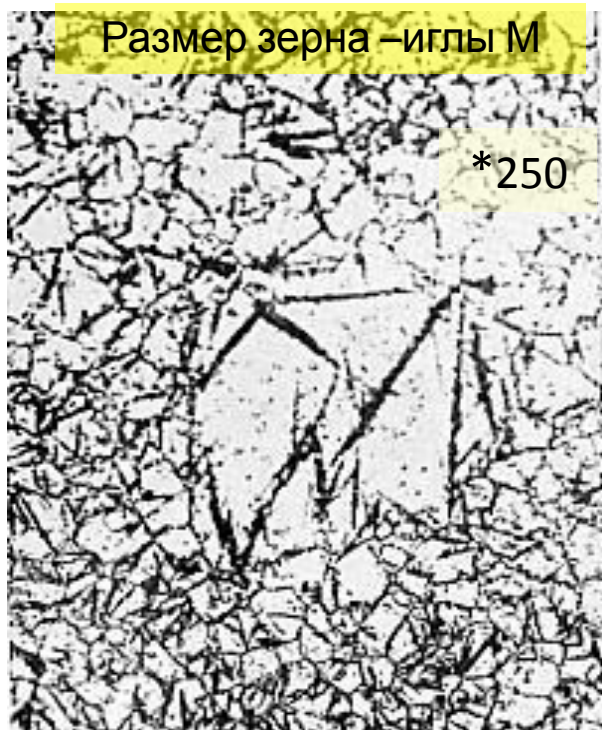
Верхний

Нижний



Мартенсит

Сталь У16 *1000



5.4. Основные понятия и определения

Заполнить самостоятельно!

Задание на дом

1. Составить тематический кроссворд «Термическая и химико-термическая обработка сталей».
2. Подготовиться к тестированию по теме «Железоуглеродистые сплавы».
3. Заполнить п.5.4. Основные термины и определения.
4. Подготовиться к лабораторной работе № 8.