



ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

«ОСНОВЫ ТЕОРИИ ЛЕГИРОВАНИЯ»

Блок 6 модуль 17

Автор: доц. Глушкова Д.Б.
Lect11_1M_TKMIM_GDB_14.04.15

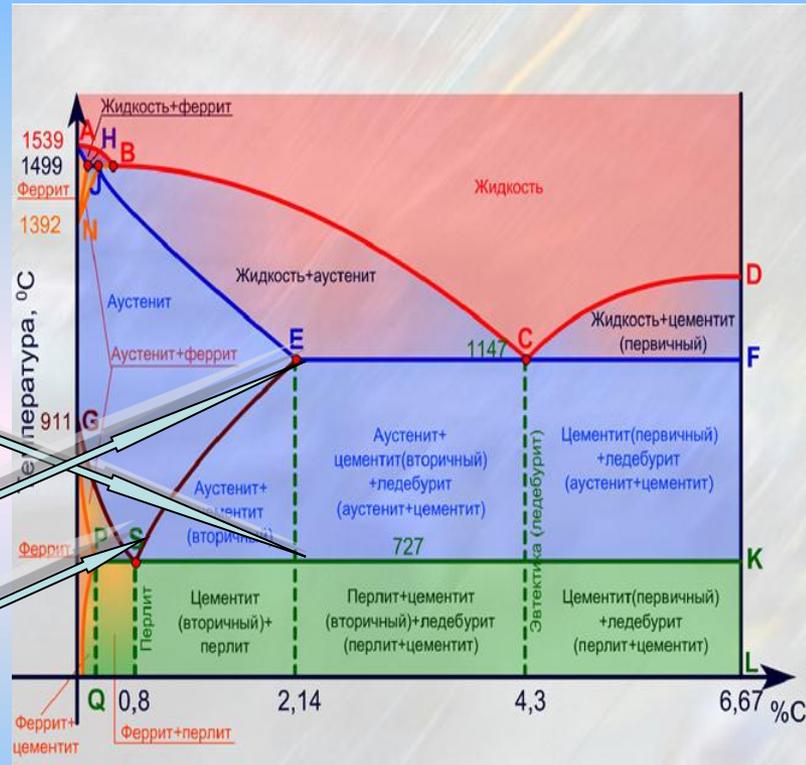
ПЛАН

1. ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ВИД ДИАГРАММЫ Fe-Fe₃C
2. ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА СВОЙСТВА ФЕРРИТА И КАРБИДОВ
3. ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПРОКАЛИВАЕМОСТЬ
4. ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ ПРИ ОТПУСКЕ
5. ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА РАЗМЕР ЗЕРНА
6. ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПОРОГ ХЛАДНОЛОМКОСТИ
7. Классификация легированных сталей по структуре, образующейся при охлаждении на воздухе

ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ВИД ДИАГРАММЫ Fe-Fe₃C

Легирующие элементы влияют на вид диаграммы состояния:

Они повышают или понижают критические точки A1 и A3 и смещают критические точки S и E на диаграмме Fe-Fe₃C (большинство легирующих элементов смещают критические точки S и E влево – в сторону с меньшей концентрацией углерода).



Так, Cr повышает, а Mn и Ni снижают критические точки A1 и A3.

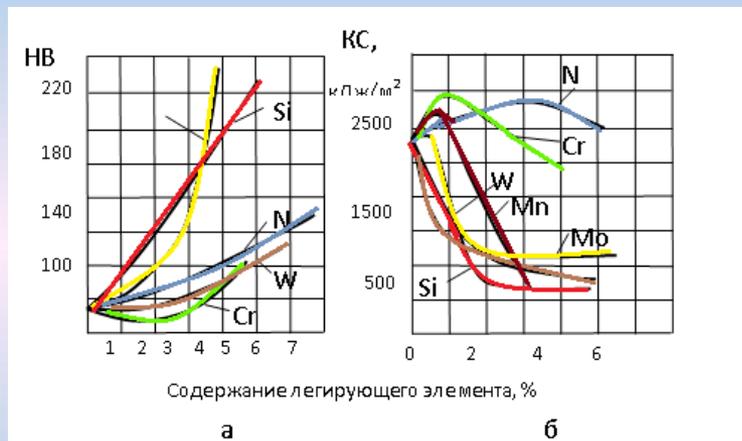
Таким образом, легирующие элементы могут существенно изменить вид диаграммы Fe-Fe₃C и привести к появлению структур, которые отсутствуют в углеродистых сталях (например, ледебурита).



ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА СВОЙСТВА ФЕРРИТА И КАРБИДОВ

Легирующие элементы влияют на свойства феррита и карбидов. Все легирующие элементы, растворяющиеся в феррите, изменяют параметры решетки феррита.

Изменение размеров решетки вызывает изменение свойств феррита: прочность повышается, а пластичность уменьшается. Особенно упрочняют феррит Si и Mn, но они существенно охрупчивают сталь. Поэтому, как правило, содержание их не должно превышать 1–2 %.



Влияние легирующих элементов на свойства феррита: а – твердость; б – ударная вязкость

Молибден, вольфрам, а также марганец и кремний (при содержании по-следних более 1 %) снижают ударную вязкость феррита.

Показано изменение свойств феррита (твердость, ударная вязкость) при растворении в нем различных элементов. Как видно из графика, хром, никель, вольфрам упрочняют феррит меньше, чем марганец и кремний в количестве больше 1 %.



Контрольные вопросы:

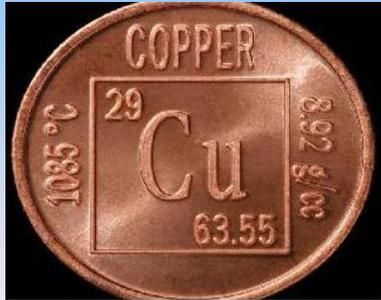
1. Как легирующие элементы влияют на критические точки A_1 и A_3 ?
2. Как изменяется положение критических точек S и E под влиянием легирующих элементов?



ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА СВОЙСТВА ФЕРРИТА И КАРБИДОВ

Все легирующие элементы можно разделить на две группы: некарбидообразующие и карбидообразующие.

Некарбидообразующие элементы:



медь



алюминий



никель



кобальт



кремний

Они не образуют карбидов и влияют только на свойства феррита.

Твердость специальных карбидов выше твердости легированного цементита. Таким образом, карбидообразующие элементы повышают общую твердость стали.

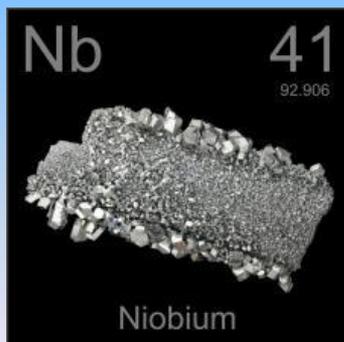


ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА СВОЙСТВА ФЕРРИТА И КАРБИДОВ

Карбидообразующие элементы



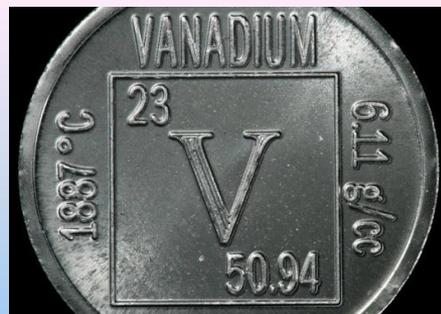
Титан



Ниобий



Цирконий



Ванадий

Карбидообразующие элементы образуют два вида карбидов:

- легированный цементит $(FeMe)_3C$;
- специальные карбиды Cr_7C_{10} , $Cr_{23}C_6$, VC , WC , Mo_2C и др.

Специальные карбиды трудно растворимы в аустените. Даже при небольшом содержании они образуют специальные карбиды TiC , ZrC , VC , NbC ..

Карбидообразующие элементы повышают общую твердость стали



Контрольные вопросы:

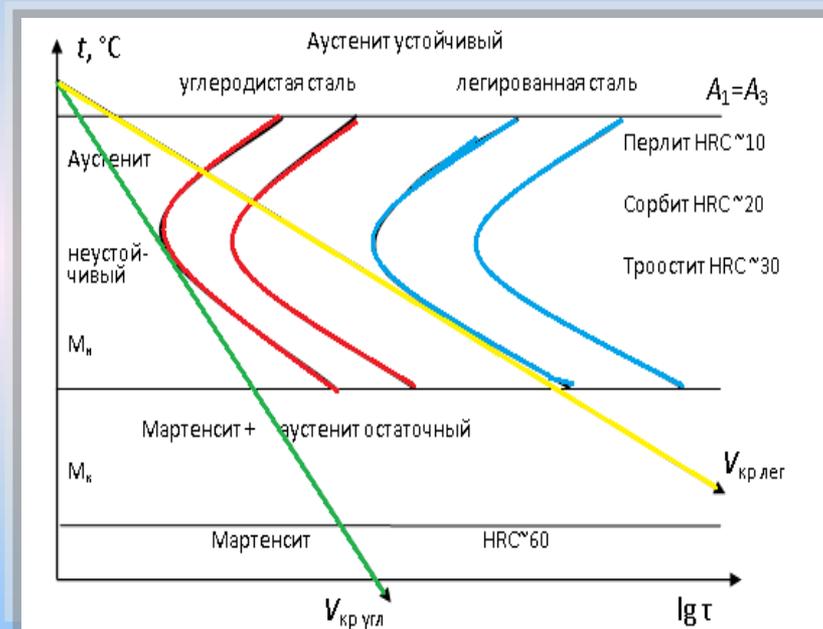
1. Какие элементы относятся к карбидообразующим?
2. Как легирующие элементы влияют на свойства феррита?



ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПРОКАЛИВАЕМОСТЬ

Основная часть легирующих элементов (кроме кобальта) повышает прокаливаемость стали вследствие того, что они замедляют распад переохлаждённого аустенита, увеличивая его устойчивость, и смещают С-образную диаграмму вправо.

В легированной стали легче добиться сквозной прокаливаемости и, когда поверхность и сердцевина изделий охлаждаются со скоростью больше критической,



Характер распределения скорости охлаждения на поверхности и в сердцевине углеродистой и легированной стали



ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПРОКАЛИВАЕМОСТЬ

Таким образом в легированной стали легче получать высокий комплекс свойств в больших сечениях,

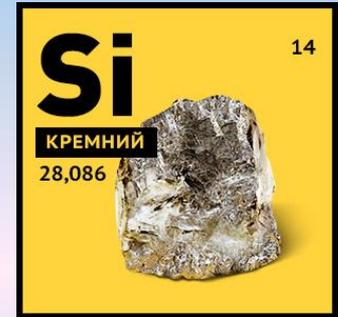
Основная цель легирования конструкционных сталей – **повышение прокаливаемости.** Наиболее активными элементами, влияющими на прокаливаемость, являются



Cr



B.



Si



Mo



Mn



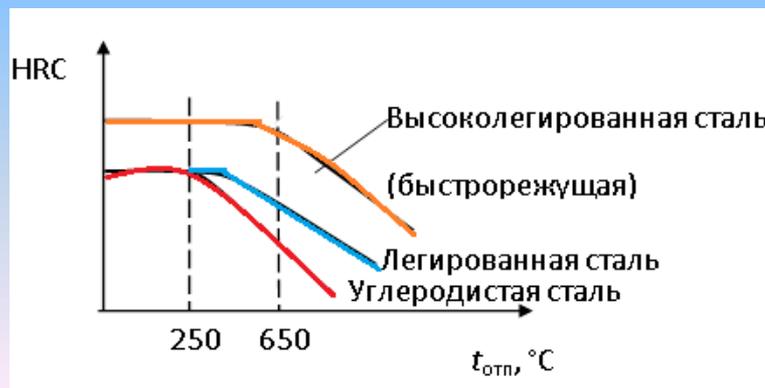
Ni



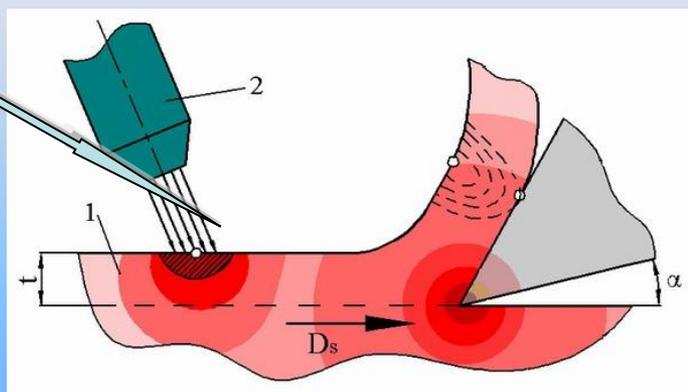
ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПРОКАЛИВАЕМОСТЬ

Таким образом, легированные стали могут сохранять твердость до более высоких температур

Это особенно важно для инструментальных сталей, которые работают в условиях высоких температур резания. Поэтому основная цель легирования для инструментальных сталей – это повышение теплостойкости.



Характер изменения твердости при отпуске



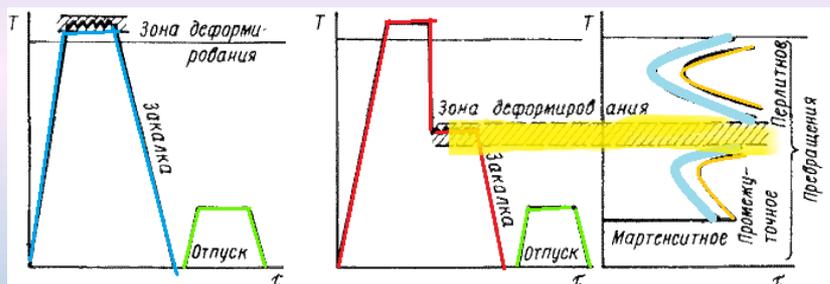
После закалки и отпуска сталь может проявлять склонность к отпускной хрупкости, которая выражается в снижении ударной вязкости и повышении температуры перехода стали из вязкого состояния в хрупкое.



ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПРОКАЛИВАЕМОСТЬ

Отпускная хрупкость II рода (обратимая отпускная хрупкость) имеет место после отпуска при температурах выше 500 °С и медленного охлаждения (обычно на воздухе). После быстрого охлаждения отпускная хрупкость II рода не проявляется.

Отпускная хрупкость II рода может снова появиться, если охлаждение при повторном высоком отпуске будет медленным.



Отпускная хрупкость

Отпускную хрупкость II рода можно устранить, если повторно провести высокий отпуск (выше 500 °С) с последующим быстрым охлаждением.

Отпускная хрупкость II рода имеет место в сталях, легированных хромом, никелем, марганцем. Склонность к отпускной хрупкости II рода уменьшается при легировании стали молибденом (0,2–0,4 %) или вольфрамом (0,6–1,2 %).



Контрольные вопросы:

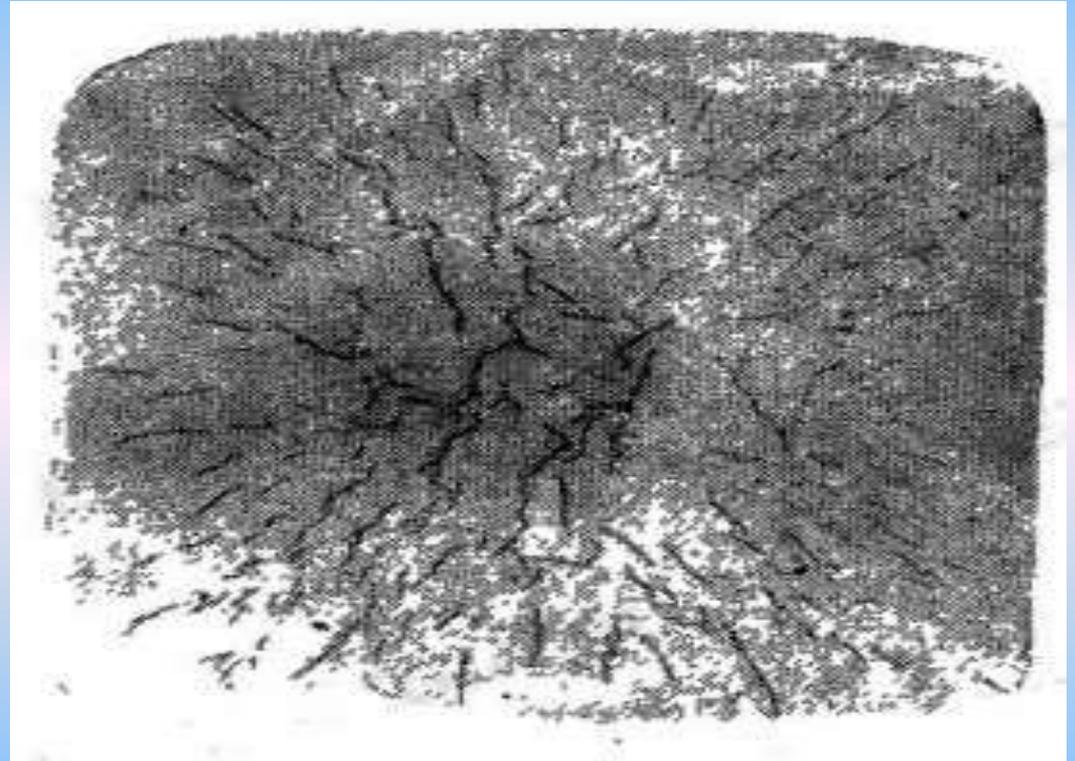
1. В чём проявляется влияние легирующих элементов на прокаливаемость?
2. Элементы, влияющие на прокаливаемость



ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПРОКАЛИВАЕМОСТЬ

Отпускная хрупкость I рода

Отпускная хрупкость I рода (необратимая отпускная хрупкость) обнаруживается после отпуска при температурах 250–350 °С.



Отпускная хрупкость I рода проявляется как в углеродистых, так и в легированных сталях.



ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ ПРИ ОТПУСКЕ

Влияние легирующих элементов на процессы, которые происходят при отпуске, заключается в том, что они задерживают распад мартенсита на феррит и карбиды (хром и молибден – существенно, а никель и марганец – незначительно) и тормозят рост карбидов.

Это объясняется тем, что процессы при отпуске имеют диффузионный характер, и большинство легирующих элементов замедляет карбидное превращение, особенно на стадии коагуляции.



Отпуск стали

Поэтому углеродистая и легированная сталь после одинаковой температуры отпуска имеют различную твёрдость. Более высокая твёрдость у легированной стали.



Контрольные вопросы:

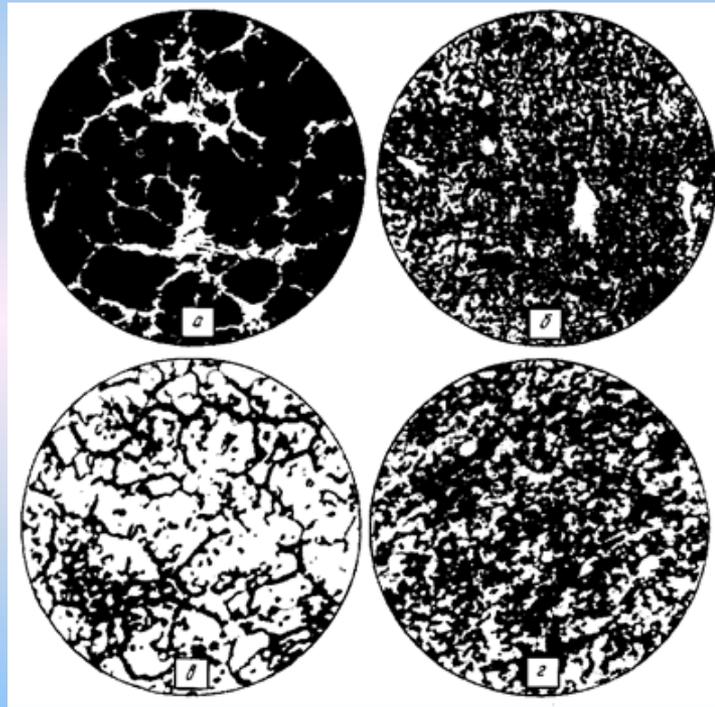
1. Как влияют легирующие элементы на процессы, происходящие при отпуске?
2. Отпускная хрупкость I рода
3. Отпускная хрупкость II рода



ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА РАЗМЕР ЗЕРНА

Большинство легирующих элементов уменьшают склонность аустенитного зерна к росту (кроме марганца и бора, которые способствуют росту зерна).

Наиболее сильно измельчают зерно такие элементы, как **ванадий**, **титан**, **ниобий**, **цирконий**, **молибден**, **вольфрам**. Они образуют избыточные дисперсные карбиды, которые задерживают рост аустенитного зерна.



Одновременно мелкодисперсные карбиды являются препятствием для перемещения дислокаций, что приводит к повышению прочностных свойств. Элементы, которые не образуют карбидов (**никель**, **кобальт**, **кремний**), относительно слабо влияют на рост зерна.



Контрольные вопросы:

1. Какие легирующие элементы способствуют измельчению зерна?

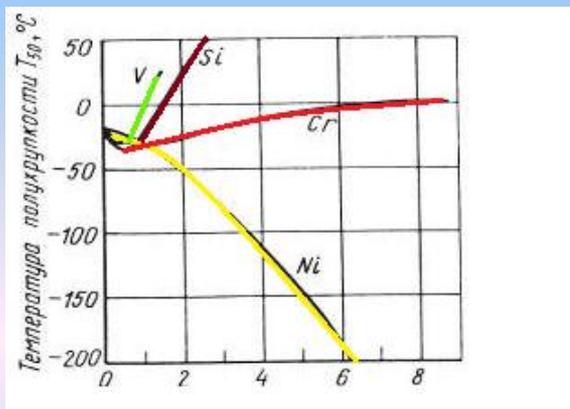


ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПОРОГ ХЛАДНОЛОМКОСТИ

Легирующие элементы смещают порог хладноломкости в об-ласть более высоких температур, в этом сказывается отрицательное влияние легирования.

Исключение составляет хром (до 2 %) и никель. Чем больше содержание никеля, тем ниже порог хладноломкости. Так, при содержании 1 % никеля порог хладноломкости уменьшается до $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$, а при содержании 5 % никеля порог хладноломкости равен $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Наименьшее охрупчивание имеет место при одновременном легировании несколькими элементами. Наилучший вариант – это одновременное легирование карбидообразующими и некарбидооб-разующими элементами. Такое – основа перспективного комплекс-ного легирования.



ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ
ЭЛЕМЕНТОВ
НА ПОРОГ
ХЛАДНОЛОМКОСТИ

Пример таких сталей – 38ХС, 40ХНМА. Однако никель является дефицитным и дорогим металлом. Поэтому более доступным способом понижения порога хладноломкости является уменьшение содержания в стали фосфора.



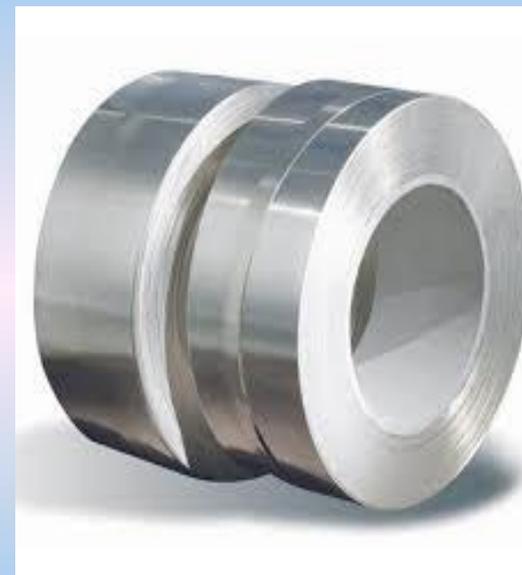
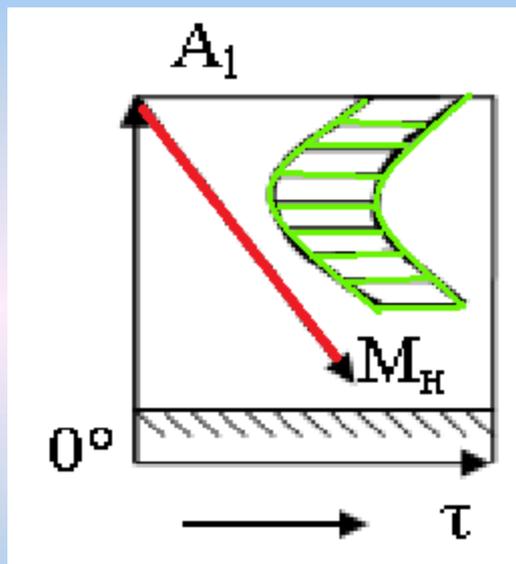
Контрольные вопросы:

1. Влияние никеля на порог хладноломкости
2. Условия наименьшего охрупчивания



Классификация легированных сталей по структуре, образующейся при охлаждении на воздухе

2) перлитные. К этой группе относится большинство конструкционных сталей; примеры сталей: 40X, 38XC, 35XГС;



Применение сталей перлитного класса

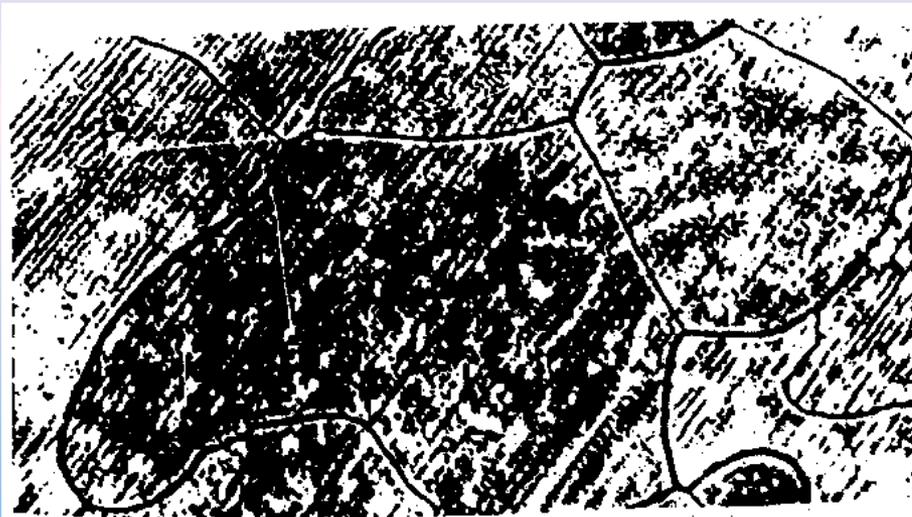
К перлитному классу относятся стали с низким содержанием легирующих элементов. В таких сталях инкубационный период мал, и кривая охлаждения на воздухе пересекает С-образные кривые начала и конца распада аустенита в области образования феррито-цементитной смеси пластинчатого типа – перлита, сорбита, тростита (структуры перлитного семейства).



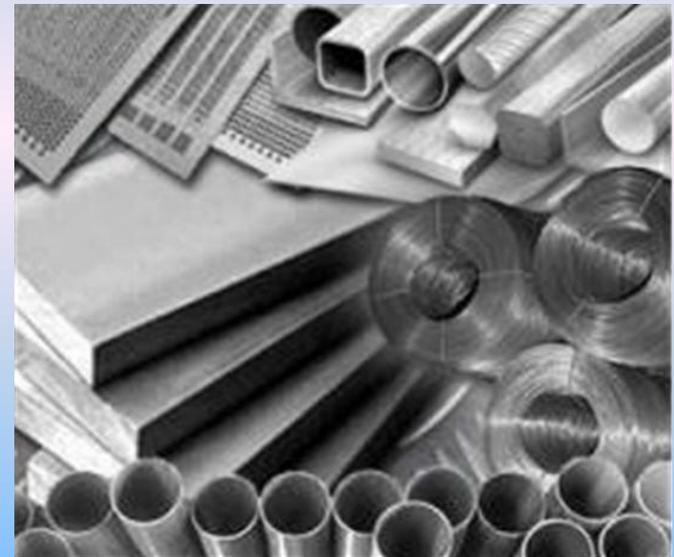
Классификация легированных сталей по структуре, образующейся при охлаждении на воздухе

По структуре, которая образуется при охлаждении стали на воздухе, легированные стали делятся на 5 классов:

1) ферритные (содержат углерода $\leq 0,1$ % и много хрома – 13 % и более);
примеры сталей данного класса: 08X13, 12X17;



Сталь ферритного класса



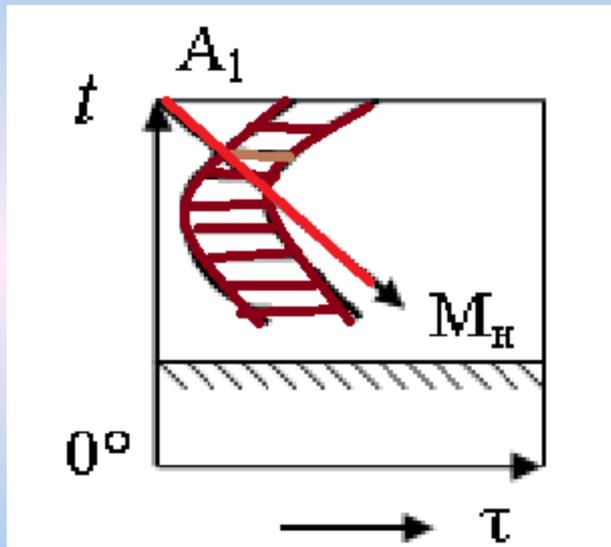
Прокат из ферритной стали

В сталях *ферритного класса* α -фаза может сохраняться при любых температурах – от комнатной до температуры плавления.



Классификация легированных сталей по структуре, образующейся при охлаждении на воздухе

4) аустенитные (хромоникелевые стали); примеры сталей: 12Х18Н10, 110Г13;

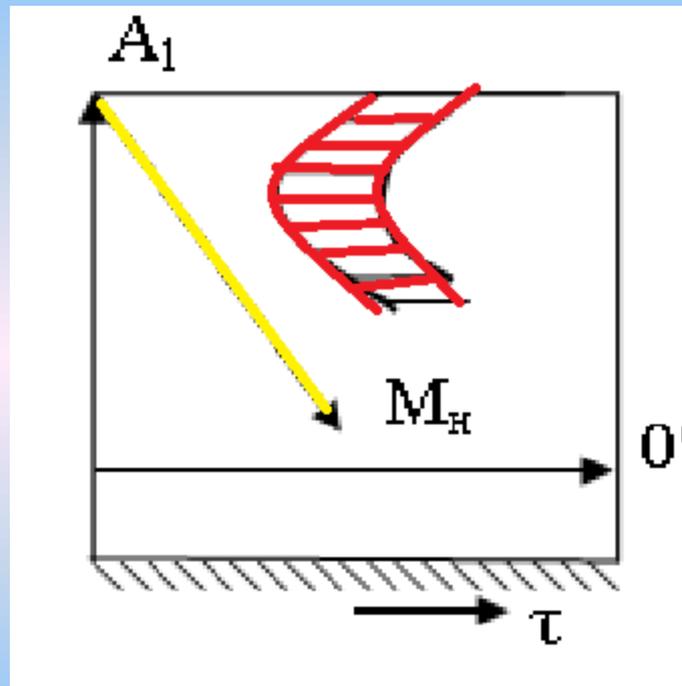


К аустенитному классу относятся высоколегированные стали. Легированные элементы не только сдвигают С-образную диаграмму вправо, но и существенно понижают температуру начала мартенситного превращения (M_n), которая оказывается ниже комнатной. В результате в структуре сохраняется аустенит.



Классификация легированных сталей по структуре, образующейся при охлаждении на воздухе

3) мартенситные (содержат углерода $> 0,1\%$ и большое количество хрома); примеры сталей: 30X13, 40X13;

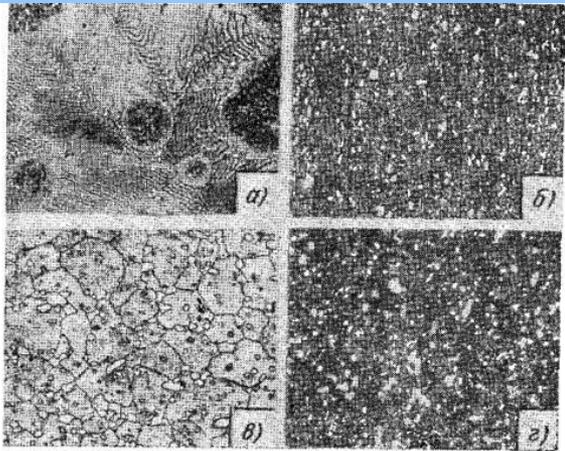


К *мартенситному* классу относятся стали с более высоким содержанием легирующих элементов. Инкубационный период большой и скорость охлаждения на воздухе оказывается больше критической скорости охлаждения. В результате при нормализации получают мартенситную структуру.



Классификация легированных сталей по структуре, образующейся при охлаждении на воздухе

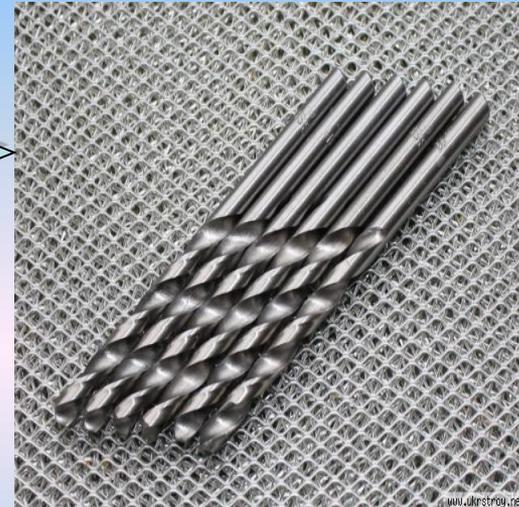
Ледобуритные (карбидные) Сталь Р9 Р12



Микроструктура быстрорежущей стали:

а — литая; X 900; б — отожженная; в — после закалки; г — после закалки и отпуска; X 500

Применение →



Контрольные вопросы:

1. Какие стали относятся к ферритному классу?
2. Что представляют собой стали перлитного класса?
3. Какие стали относятся к мартенситному классу?
4. Что такое аустенитные стали?
5. Приведите примеры сталей ферритного, перлитного, мартенситного, аустенитного, карбидного классов.



На самостоятельную работу ВЫНОСИТСЯ

- Основная цель легирования инструментальных сталей



Литература

Гладкий И.П. Технология конструкционных материалов и материаловедение /И.П. Гладкий,В.И.Мощенок,В.П.Тарабанова - Х.:ХНАДУ,2014.-576с.

Лахтин Ю.М. Материаловедение: учебн. для машиностроительных вузов/Ю.М.Лахтин,В.П.Леонтьева.-М.:Машиностроение,1990.-528с.

<http://dl.khadi.kharkiv.edu/course/view>. Логин: glushkova639





Кафедра технології металів і матеріалознавства

E-mail diana.borisovna@gmail.com

**Автор: доц. Глушкова Д.Б.
Lect11_1M_TKMIM_GDB_14.04.15**



