



Основы легирования сталей

Лекция 12

Поток 1А

Лектор доц. Дощечкина И .В.

(lect_12_1A_TKMiM_DIV_24-04-2015 ppt)

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

План лекции

12.1. Влияние легирующих элементов на критические точки и вид диаграммы Fe-Fe₃C.

12.2. Структурные классы легированных сталей.

12.3. Влияние легирующих элементов на свойства феррита и карбидов .

12.4. Влияние легирующих элементов на размер зерна.

12.5. Влияние легирующих элементов на прокаливаемость

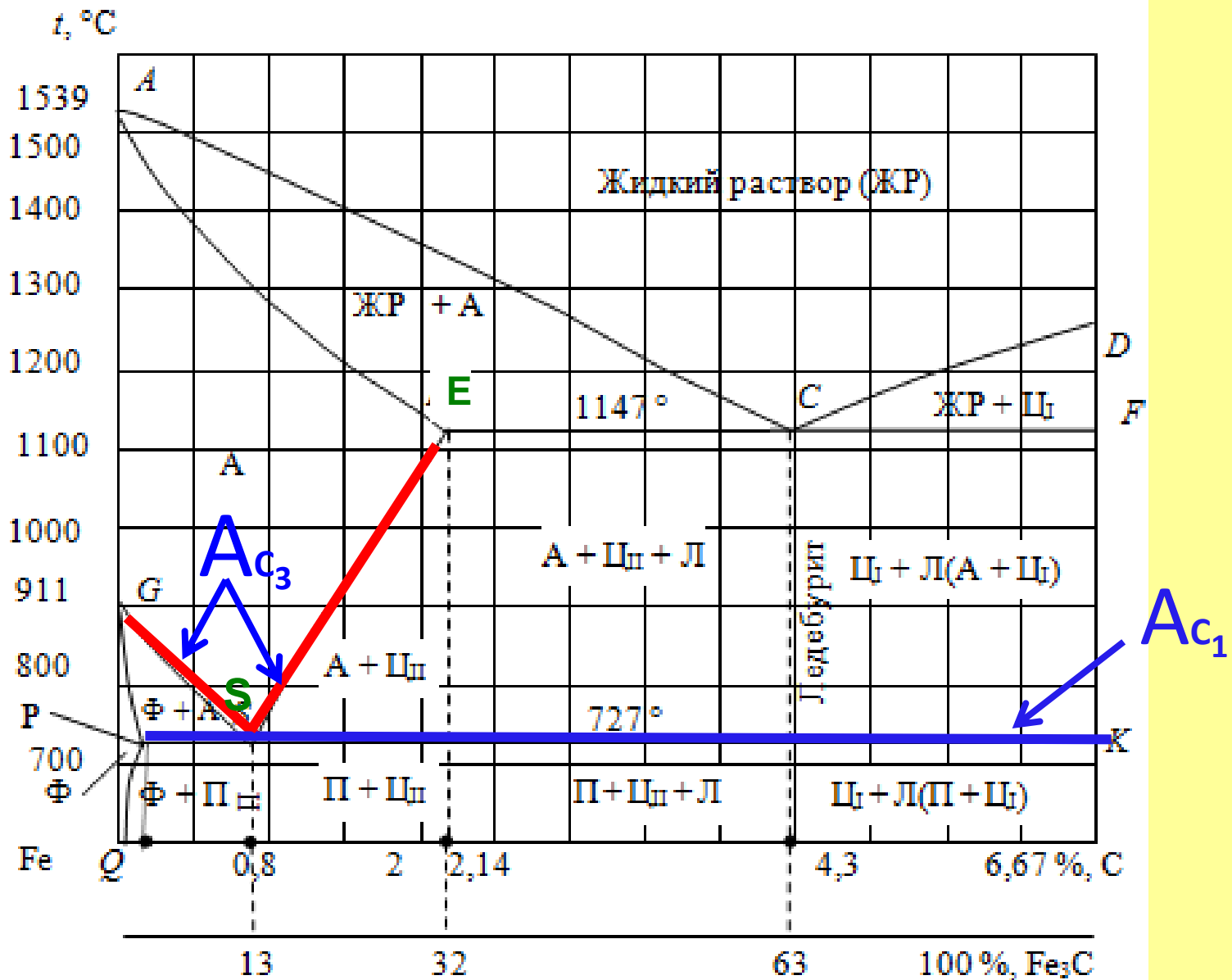
12.6. Влияние легирующих элементов на процессы, происходящие при отпуске .

12.7. Влияние легирующих элементов на порог хладноломкости.



Диаграмма состояния Fe–Fe₃C

Критические точки Ac₁ и Ac₃

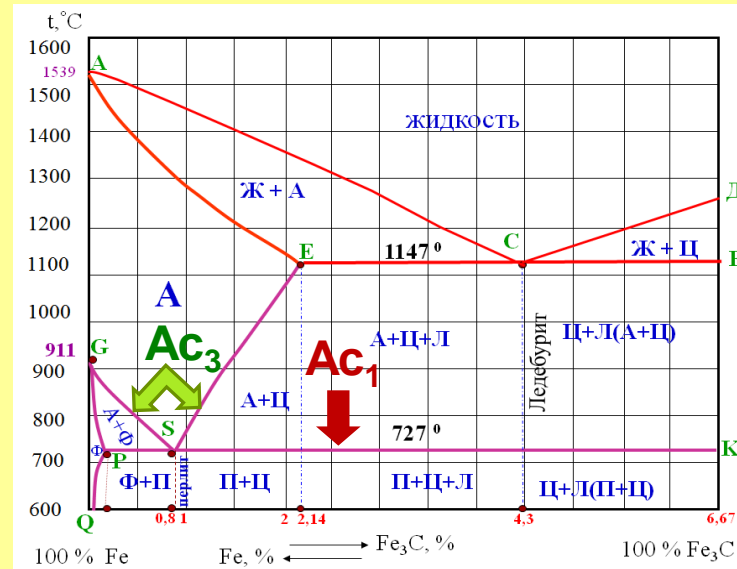


12.1. Влияние легирующих элементов на критические точки и вид диаграммы Fe-Fe₃C.

Si, W, Ti, V, Co-
повышают $A_{c1} \uparrow$
и $A_{c3} \uparrow$.

Mn и Ni обе
точки снижают-
 $A_{c1} \downarrow A_{c3} \downarrow$.

Cr и Mo повышают
 $A_{c1} \uparrow$ и снижают
 $A_{c3} \downarrow$, т.е. область
аустенита
сужается.



Легирующие Mn и Ni
приводит к тому, что
аустенит может стать
стабильной структурой
при комнатной
температуре.

Cr и Si за счет
повышения A_{c1} и
снижения A_{c3} позволят
стали иметь ферритную
структуру вплоть до
линии солидуса.

Большинство легирующих элементов (Cr, Ni, Mn, Si, W, Co) сдвигают критические точки S и E влево.

Легированные стали могут иметь чисто перлитную структуру при содержании углерода меньше 0,8%.

Если сталь содержит 5% W точка E будет отвечать концентрации углерода 0,8%.



12.2 Структурные классы легированных сталей

Стали подразделяют на 5 классов в зависимости от структуры, формирующейся при медленном охлаждении (на воздухе) от высоких температур:

Ферритный



Низкоуглеродистые (0,08-1,15%С) высокохромистые (> стали 12 %) : 08X13, 12X17, 15X25T.

Перлитный

Низко- и среднеуглеродистые стали, которые после охлаждения на воздухе имеют ферритно-перлитную структуру: 40X, 38XC, 20X, 60C2 и др.

Мартенситный



Высоколегированные хромистые стали с содержанием углерода >0,3% : 30X13, 40X13, 60X13 и сильхромы 40X9C2, 40X10C2M.

Аустенитный



Высокоуглеродистые стали, содержащие значительное количество марганца - 10Г13; хромоникелевые низкоуглеродистые - 12X18Н9, 12X18Н10Т и среднеуглеродистые стали - 40X14Н14В2.

Ледебуритный
(карбидный)

Стали с большим содержанием углерода (~0,9%), в которых при кристаллизации выделяется из жидкой фазы ледебурит : P18, P9, P6M5, P6M5K5.



Вопросы для самоконтроля.

1. Как легирующие элементы влияют на положение критических точек A_{c1} и A_{c3} ?
2. Как изменяется положение критических точек S и E при легировании стали?
3. Как влияют легирующие элементы на структуру стали при охлаждении на воздухе?
4. На какие структурные классы подразделяются легированные стали? Приведите примеры сталей.

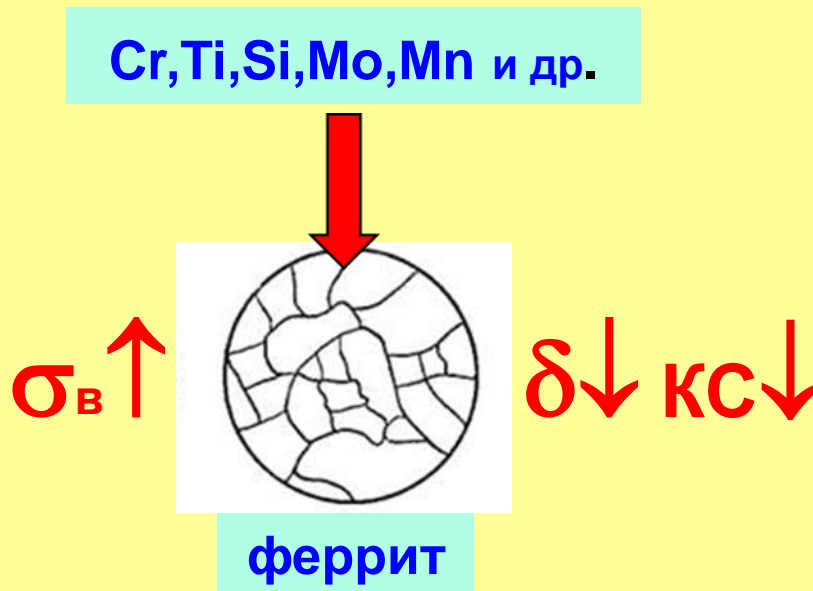


12.3. Влияние легирующих элементов на свойства феррита.

Легирующие элементы, растворяющиеся в феррите, вызывают изменение его свойств: прочность повышается, а пластичность и ударная вязкость уменьшаются.

Наиболее сильно упрочняют феррит **Si** и **Mn**.

Для **Si**
коэффициент упрочнения
 $K=86$, для **Mn**
 $K=33$.



При упрочнении снижаются ударная вязкость и пластичность. Единственный элемент, который **положительно** влияет на пластичность и ударную вязкость – это **Ni**.

Количество легирующих элементов в конструкционных сталях ограничивается – не более **2-4%**.

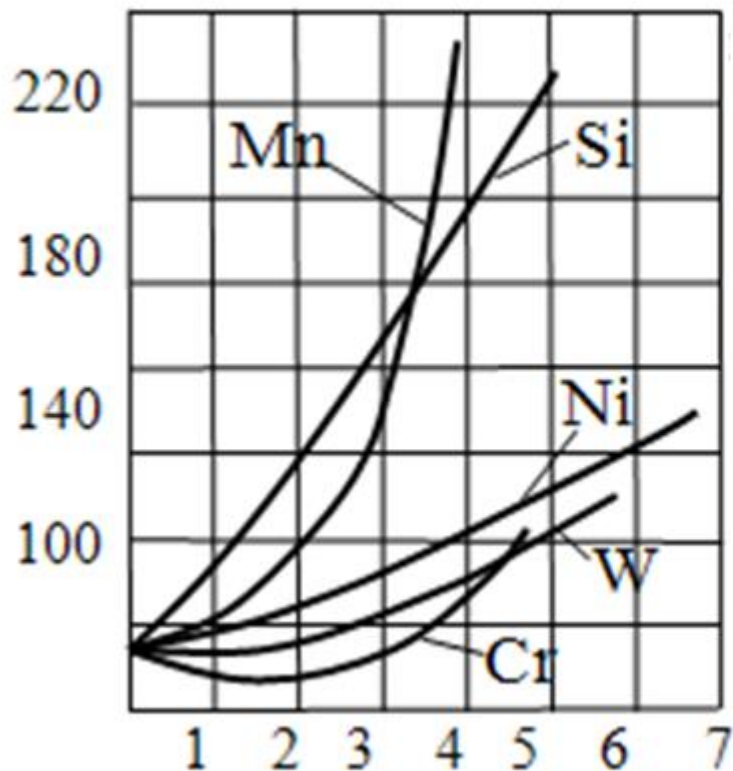
За счет только легирования невозможно достичь высокой конструкционной прочности - необходима термическая обработка.

Легированные стали рационально использовать только в термообработанном состоянии



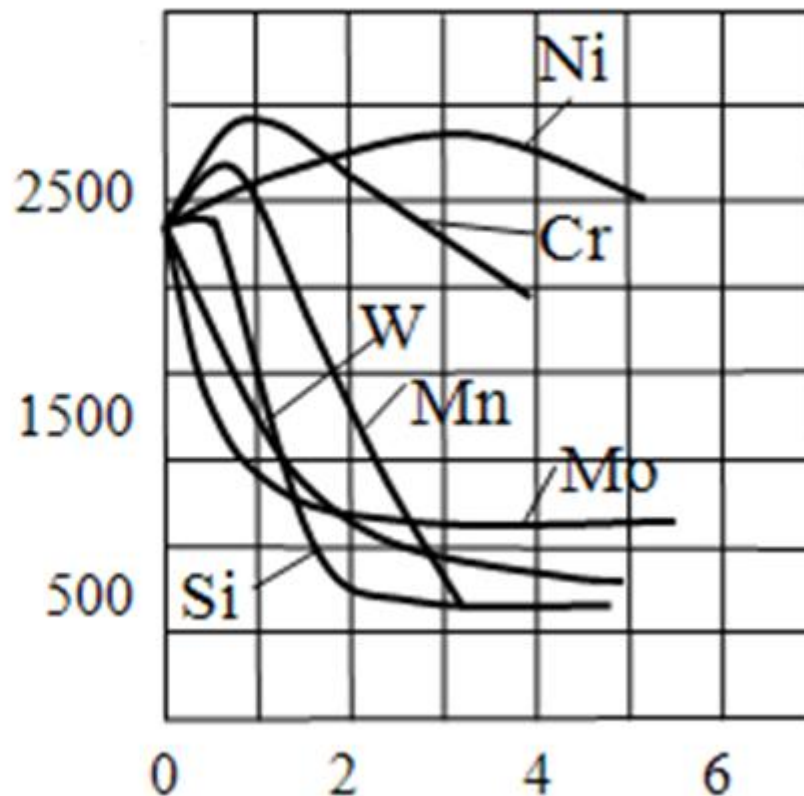
Изменение свойств феррита при легировании

НВ



Твердость.

КС, кДЖ/м²



Ударная вязкость.



Влияние легирующих элементов на свойства карбидов

Все л.э. можно разделить на две группы:

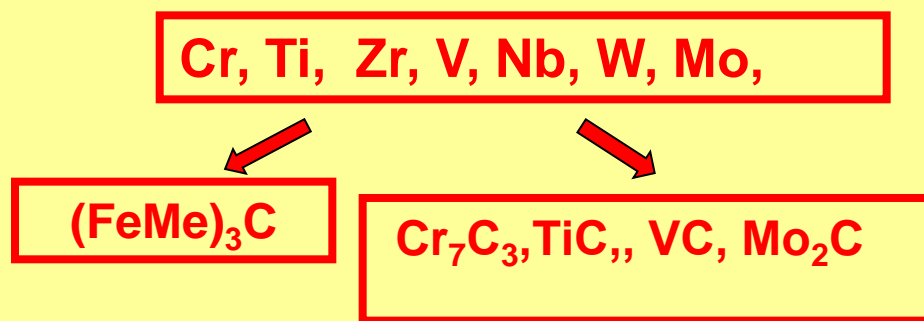
1 - карбидообразующие ; 2- некарбидообразующие.

Большинство легирующих элементов являются карбидообразователями: Cr, Mo, W, Ti, V, Nb, Co, Zr, Ta.

Некарбидообразующие элементы – Si, Cu, Ni, Co, Al, влияющие только на свойства феррита.

Карбидообразующие элементы образуют легированный цементит и специальные карбиды.

По своим свойствам легированный цементит практически не отличается от нелегированного и имеет твердость ~850 HV.



Специальные карбиды очень дисперсные и имеют очень высокую твердость ($Cr_{23}C_6 \sim 2700HV$) и высокую температуру плавления.

При небольшом содержании карбидообразующие элементы растворяются в феррите или цементите, образуя легированный цементит – $(FeMn)_3C$, $(FeCr)_3C$.

При повышенном содержании карбидообразующих элементов могут образовываться не только простые специальные карбиды, но и сложные (двойные) карбиды – Fe_2W_2C , Fe_2Mo_2C .



Вопросы для самоконтроля

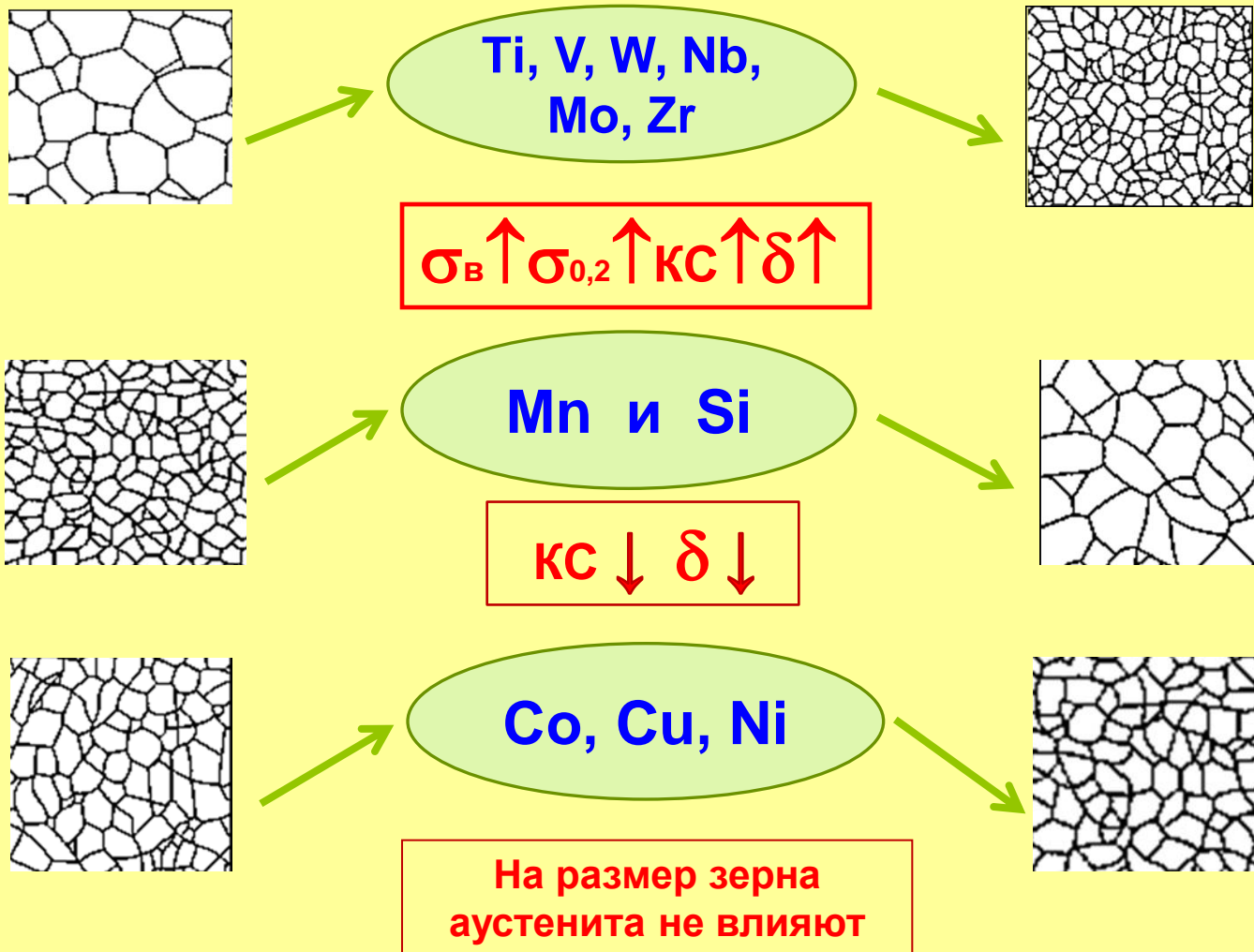
1. Как влияют легирующие элементы на свойства феррита?
2. Какой легирующий элемент не охрупчивает феррит?
3. Какое влияние оказывают легирующие элементы на карбидную фазу?



12.4. Влияние легирующих элементов на размер зерна

Размер зерна стали сильно влияет на её свойства и особенно на сопротивление хрупкому разрушению. Чем мельче зерно, тем выше комплекс механических характеристик и выше конструкционная прочность.

Большинство легирующих элементов способствуют измельчению зерна.



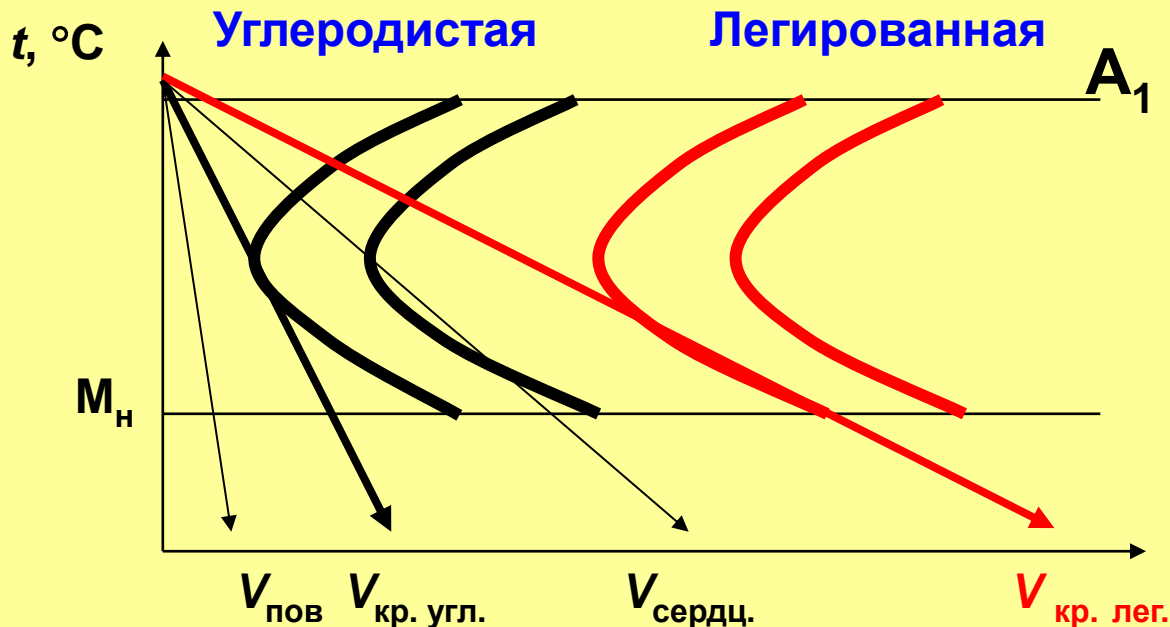
Вопросы для самоконтроля.

1. Какие легирующие элементы способствуют измельчению зерна?
2. Укажите элементы, которые не влияют на размер зерна.
3. Какие легирующие элементы повышают склонность аустенитного зерна к росту?



12.5. Влияние легирующих элементов на прокаливаемость

Известно, что **легирующие элементы (кроме Co)** сдвигают $C -$ образную диаграмму вправо, уменьшают критическую скорость охлаждения и **способствуют повышению прокаливаемости.**



Наиболее активными элементами, влияющими на прокаливаемость , являются **Cr, Si, Mn, Ni, Mo.**

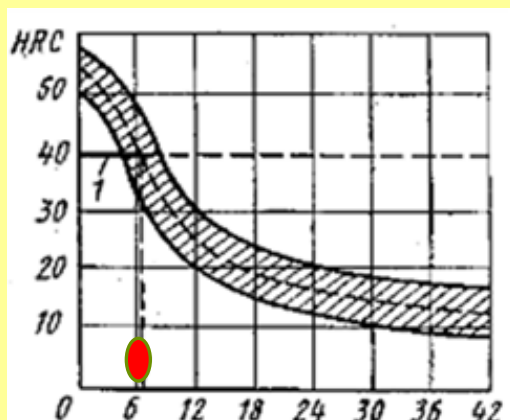
Очень **сильно повышает прокаливаемость бор**, даже в тысячных долях процента..



Влияние легирующих элементов на критический диаметр $D_{кр}$

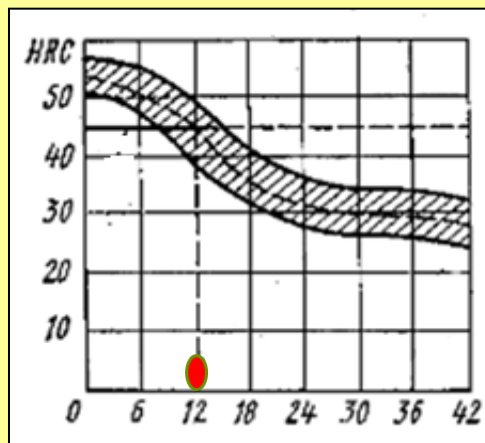
Наибольшее влияние на $D_{кр}$ оказывает комплексное легирование.

0,4%С



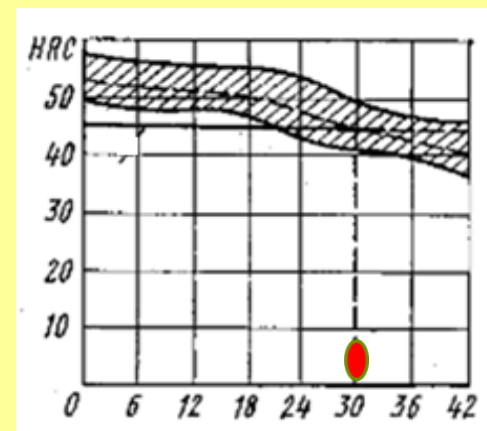
$D_{кр} = 6 \text{ мм}$

0,4%С и 1%Cr



$D_{кр} = 12 \text{ мм}$

0,4%С;1,5%Cr;0,2% Mo



$D_{кр} = 30 \text{ мм}$

Комплексное легирование позволяет получить сквозную прокаливаемость (когда $D_{изд} \sim D_{кр}$ по всему сечению изделия будет мартенситная структура).

Это необходимо для тяжело нагруженных деталей ответственного назначения, так как после отпуска при распаде мартенсита формируются зернистые структуры с высоким комплексом механических характеристик по всему сечению.



Свойства стали 40 с пластинчатой и зернистой структурой

Тип структуры	Свойства					
	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	ψ , %	КСУ, Дж/см ²	$T_{хр}$, °С
Пластинчатая (после нормализации)	570	320	17	40	50	- 40
Зернистая (после улучшения)	700	550	20	60	120	- 90

Основная цель легирования конструкционных сталей – повышение прокаливаемости.



Вопросы для самоконтроля

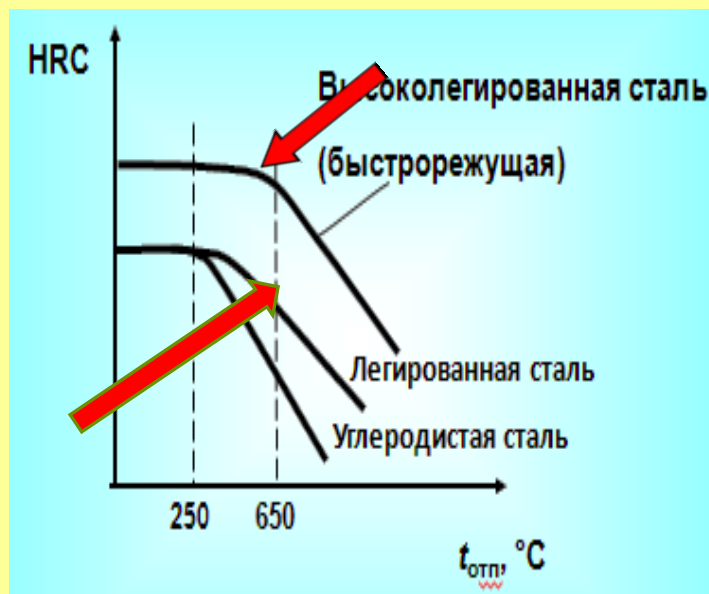
1. Как влияют легирующие элементы на прокаливаемость?
2. Структуры после нормализации или после улучшения имеют более высокий уровень механических свойств? И почему?
3. Какая основная цель легирования конструкционных сталей?



12.6. Влияние легирующих элементов на процессы, происходящие при отпуске.

Легирующие элементы (особенно Cr и Mo) задерживают распад мартенсита на ферритно-карбидную смесь и укрупнение карбидных частиц.

После одинакового отпуска твердость легированных сталей (при одинаковом содержании углерода), как правило, выше, чем углеродистых.



Легирующие сильными карбидообразующими элементами позволяет сохранить мартенситную структуру до температуры $\sim 600^{\circ}\text{C}$.

Свойство стали сохранять свою твердость при нагреве до определенной температуры называется теплостойкостью (если нагрев ниже 600°C) или красностойкостью (нагрев выше 600°C).

Это свойство очень важно для инструмента, который нагревается при эксплуатации и твердость снижается.

Основная цель легирования инструментальных сталей – это повышение теплостойкости (красностойкости).



Влияние легирующих элементов на отпускную хрупкость.

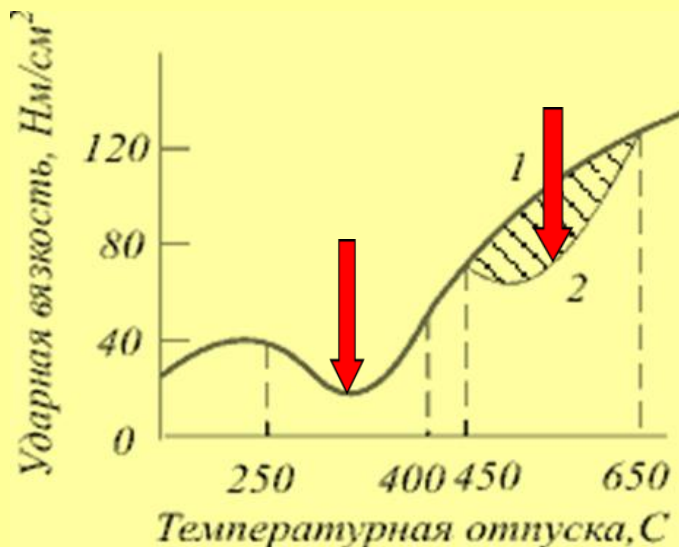
В легированных сталях при отпуске в определенном интервале температур происходит снижение ударной вязкости (охрупчивание).

Это явление называется **отпускной хрупкостью**.

Различают два вида отпускной хрупкости.

Отпускная хрупкость

I рода - при температурах **250–350 °С**.



Отпускная хрупкость

II рода имеет место в интервале температур **500- 550 °С** при медленном охлаждении (обычно на воздухе).

Она **повышает порог хладноломкости**.

Отпускная хрупкость I рода присуща как легированным, так и углеродистым сталям.

Отпускная хрупкость II рода наблюдается только у легированных сталей.

Отпускную хрупкость **I рода** можно **устранить** повышением температуры отпуска.

Отпускной хрупкостью **II рода** можно **избежать** при быстром охлаждении (в воде или в масле- кривая1).



Вопросы для самоконтроля.

- 1. Как влияют легирующие элементы на процессы, происходящие при отпуске?**
- 2. Что такое теплостойкость и красностойкость?**
- 3.Какая основная цель легирования инструментальных сталей?**

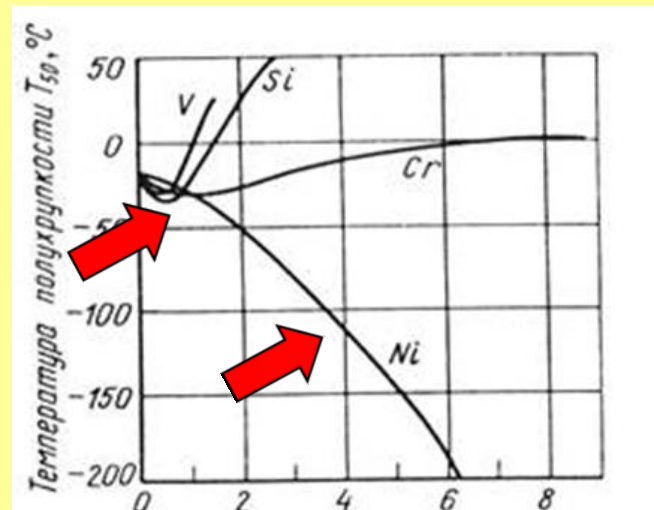


12.7. Влияние легирующих элементов на порог хладноломкости.

Почти все легирующие элементы повышают порог хладноломкости.

Смещают $T_{хр}$ в область более **высоких температур**.

Исключение составляют **Cr** в количестве до 1-2 % и **Ni**, который при любом содержании **снижает $t_{хр}$** .



Однако большинство легирующих элементов измельчает зерно и это **снижает $t_{хр}$** .

Наилучшее сочетание свойств (прочности, пластичности, вязкости, температуры вязко-хрупкого перехода, прокаливаемости) обеспечивает комплексное **легирование карбидообразующими и некарбидообразующими элементами**.

Например: 35ХНМ, 30ХГС, 40ХГН, 10ХСНД, 20Х2Н4ВА.



Вопросы для самоконтроля.

- 1. Как влияет большинство легирующих элементов на порог хладноломкости?**
- 2. Каким элементом следует легировать сталь, которая эксплуатируется при температуре -70°C ?**



Вопросы для самостоятельной работы

1. Области использования легированных сталей разных структурных классов.
2. Почему легированные стали целесообразно использовать только после термической обработки, какова её роль?



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.247–256).
- ✘ 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.359-364).





Кафедра технології металлов и
матеріалознавства

Доц. Дощечкина Ирина Васильевна

E-mail: div_khadi@ukr.net

Харьков, ул. Петровского, 25, ХНАДУ