



Материаловедение и обработка материалов

Лекция 6

**Основы теории сплавов.
Диаграммы состояния.
Классификация сталей.**

Lec__1MA_MiOM_LNA_12_04_2016

Доцент Лалазарова Н.А.

ТЕОРИЯ СПЛАВОВ

Сплав – это вещество, полученное сплавлением двух или более компонентов. В теории сплавов приняты такие понятия: компонент, фаза, структурная составляющая, система сплавов.

Компоненты – это вещества, из которых состоит сплав. Компонентом может быть химический элемент или химическое соединение.

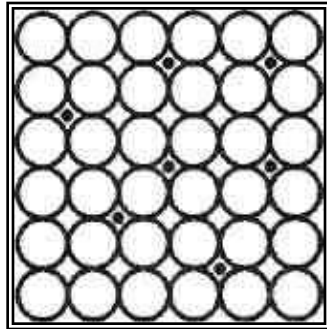
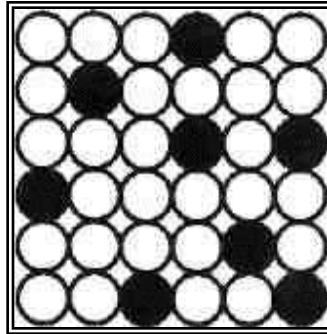
Фаза – это однородная часть сплава, отделённая от других частей поверхностью раздела, при переходе через которую свойства меняются скачкообразно.

Структурная составляющая – часть сплава, которая выявляется при микроскопическом исследовании по форме, травимости или цвету. В некоторых случаях фаза и структурная составляющая совпадают, но часто структурная составляющая содержит несколько фаз.

ТЕОРИЯ СПЛАВОВ

В зависимости от физико-химического взаимодействия компонентов в твёрдом состоянии могут образовываться следующие **фазы**: твёрдые растворы, химические соединения, чистые компоненты.

Твёрдый раствор – это фаза, при образовании которой все компоненты взаимно растворяются друг в друге в твёрдом состоянии.

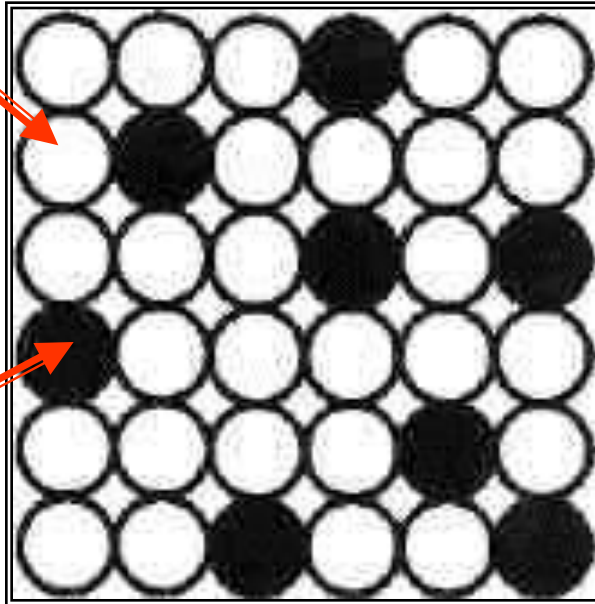


Компонент, являющийся основой твёрдого раствора и сохраняющий свою кристаллическую решётку, называется **растворителем**.

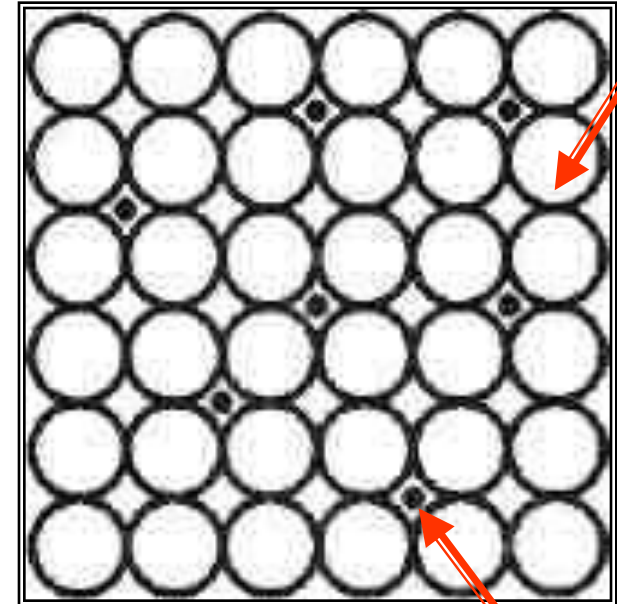
В зависимости от способа расположения атомов растворённого вещества в решётке растворителя различают два основных вида твёрдых растворов – **замещения** и **внедрения**.

СХЕМАТИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ТВЁРДЫХ РАСТВОРОВ

Компонент А и его решётка



Компо-
нент В



А

а

б

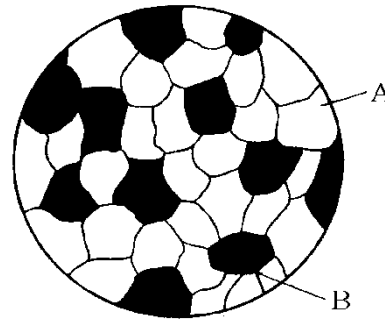
В

Атомно-кристаллическая структура твердого раствора (схема): а - твердый раствор замещения; б - твердый раствор внедрения

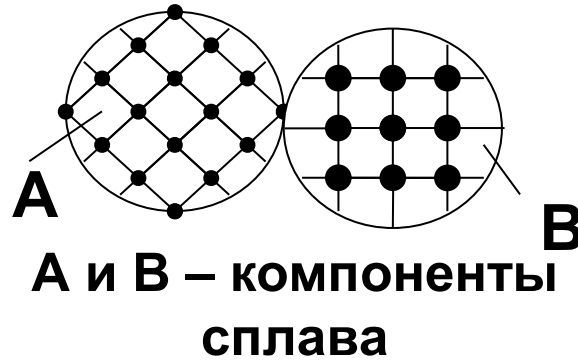
ТЕОРИЯ СПЛАВОВ

Химическое соединение – это фаза, которая образуется при химическом взаимодействии атомов, образуя новый тип кристаллической решётки.

Каждому химическому соединению соответствует определённая химическая формула. Химическое соединение отличается **высокой и** твёрдостью и хрупкостью.



Механическая смесь



A и B – компоненты сплава

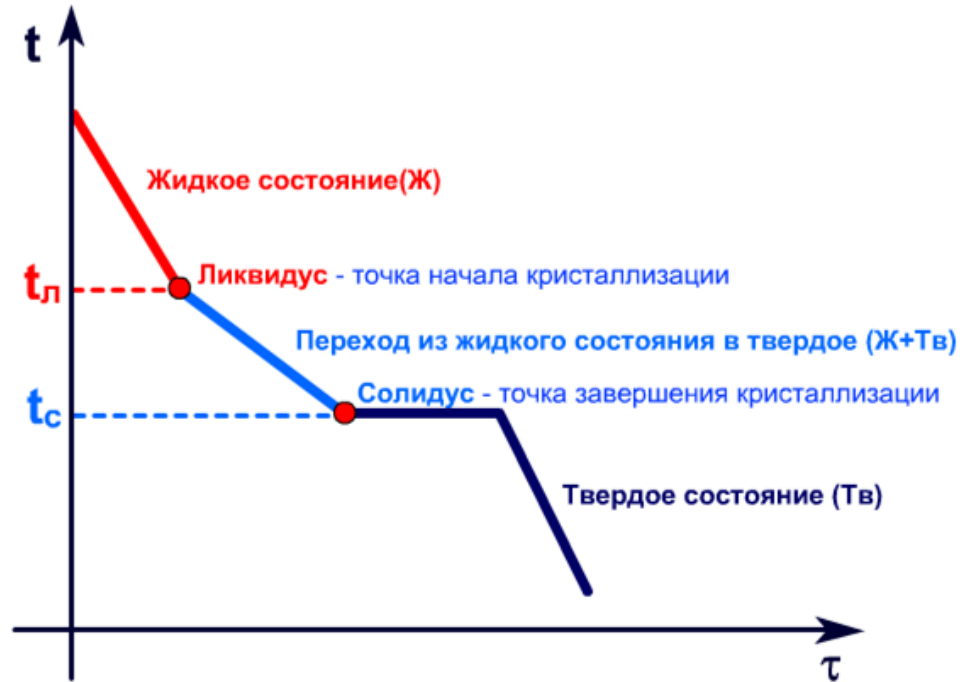
Если компоненты сплава в твёрдом состоянии не растворяются один в другом и не взаимодействуют, то образуется сплав со структурой **механической смеси**.

Каждый компонент сохраняет свою кристаллическую решётку.

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ

Диаграмма состояния – это графическое изображение состояния системы сплавов в равновесном состоянии в зависимости от температуры и концентрации компонентов.

Для построения диаграммы используют **метод термического анализа**. Для этого строятся кривые охлаждения, по которым определяют критические точки.

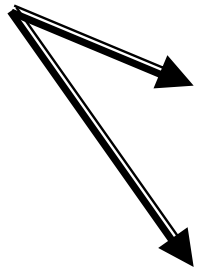


Критические точки – это температуры перехода сплава из одного фазового состояния в другое.

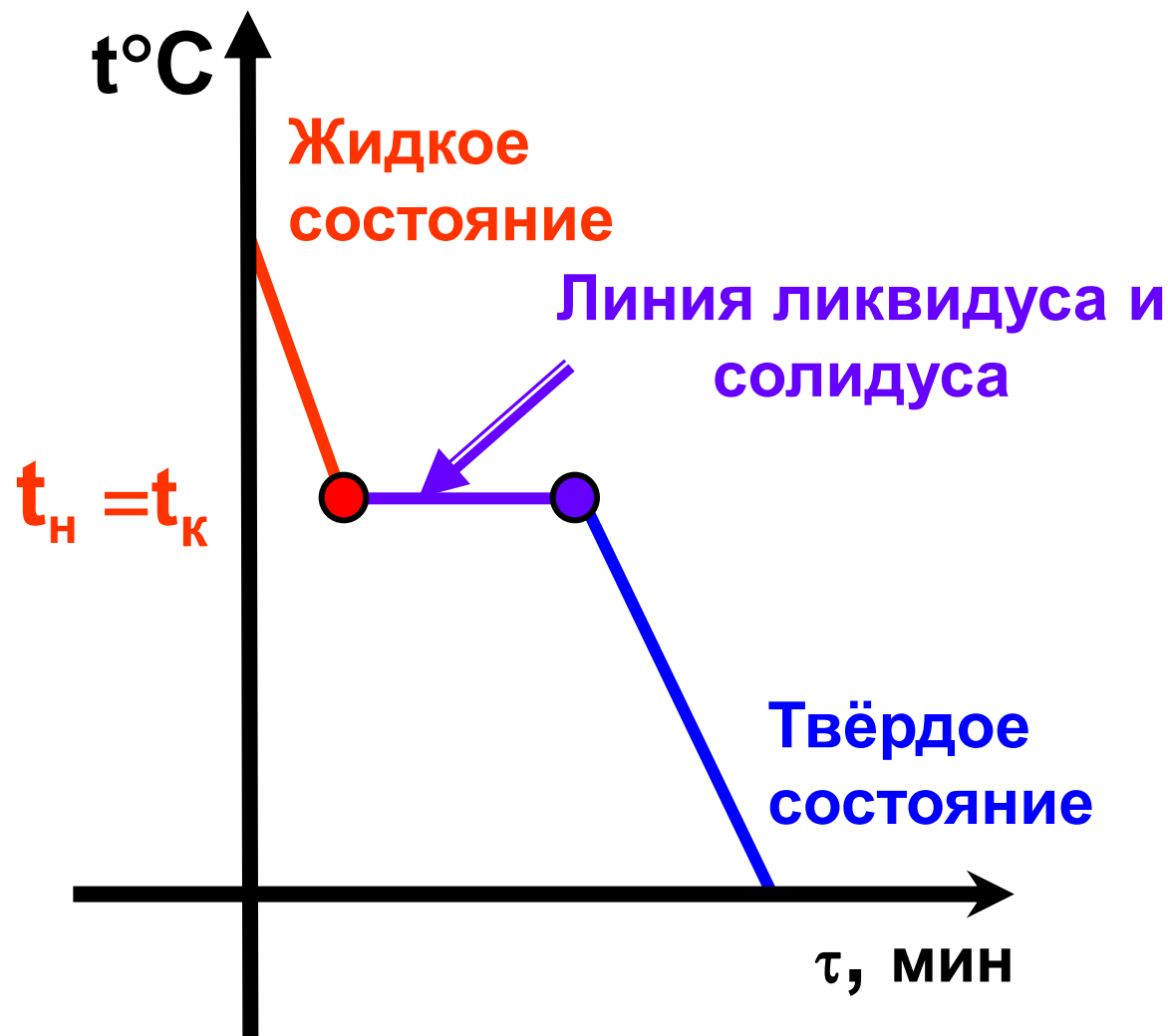
Определяют критические точки по перегибам или температурным остановкам на кривых охлаждения.

КРИВАЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ДЛЯ СПЛАВА, КОМПОНЕНТЫ КОТОРОГО ОБРАЗУЮТ МЕХАНИЧЕСКУЮ СМЕСЬ

Крити-
ческие
точки

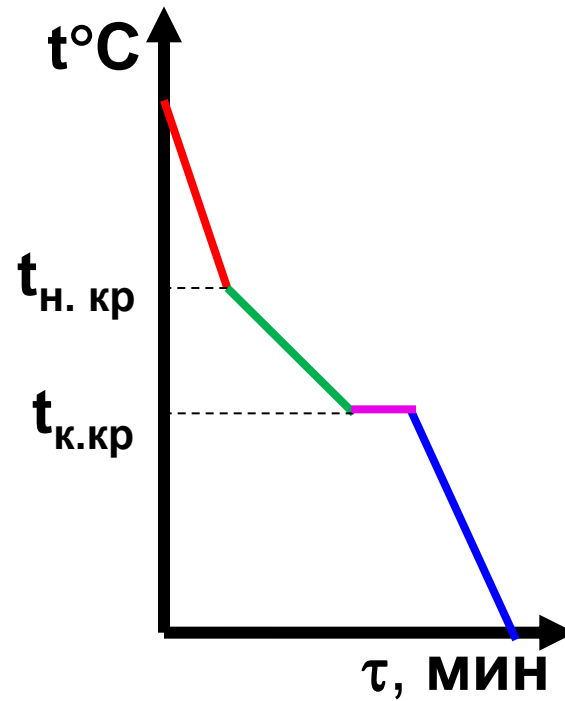
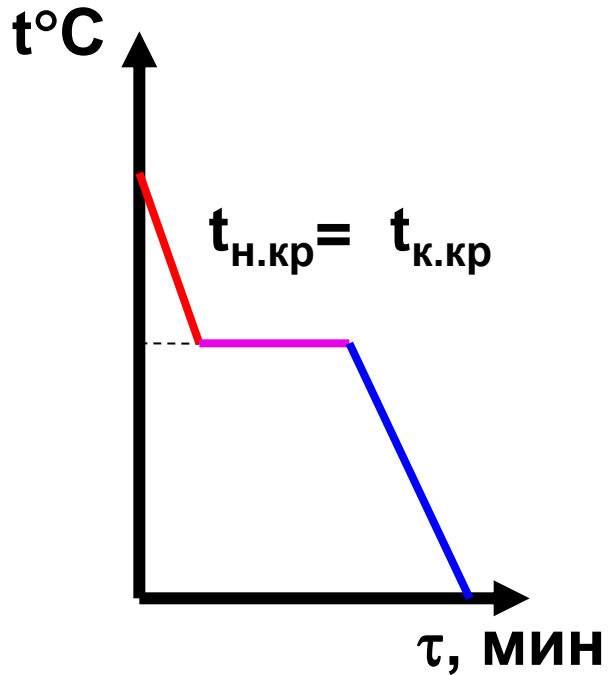


КРИВАЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ДЛЯ ЧИСТОГО МЕТАЛЛА



t_{H} – температура начала кристаллизации,
 t_{K} – температура конца кристаллизации.

КРИВЫЕ ОХЛАЖДЕНИЯ



Кривые охлаждения: а – для чистого металла; б – для сплава

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ДЛЯ СПЛАВОВ, КОМПОНЕНТЫ КОТОРЫХ ОБРАЗУЮТ МЕХАНИЧЕСКИЕ СМЕСИ

Компоненты А и В неограниченно растворимы в жидком состоянии, а при кристаллизации образуют механическую смесь кристаллов обоих компонентов, которая называется **эвтектикой**. В соответствии с этой диаграммой кристаллизуются сплавы: свинец-сурьма.

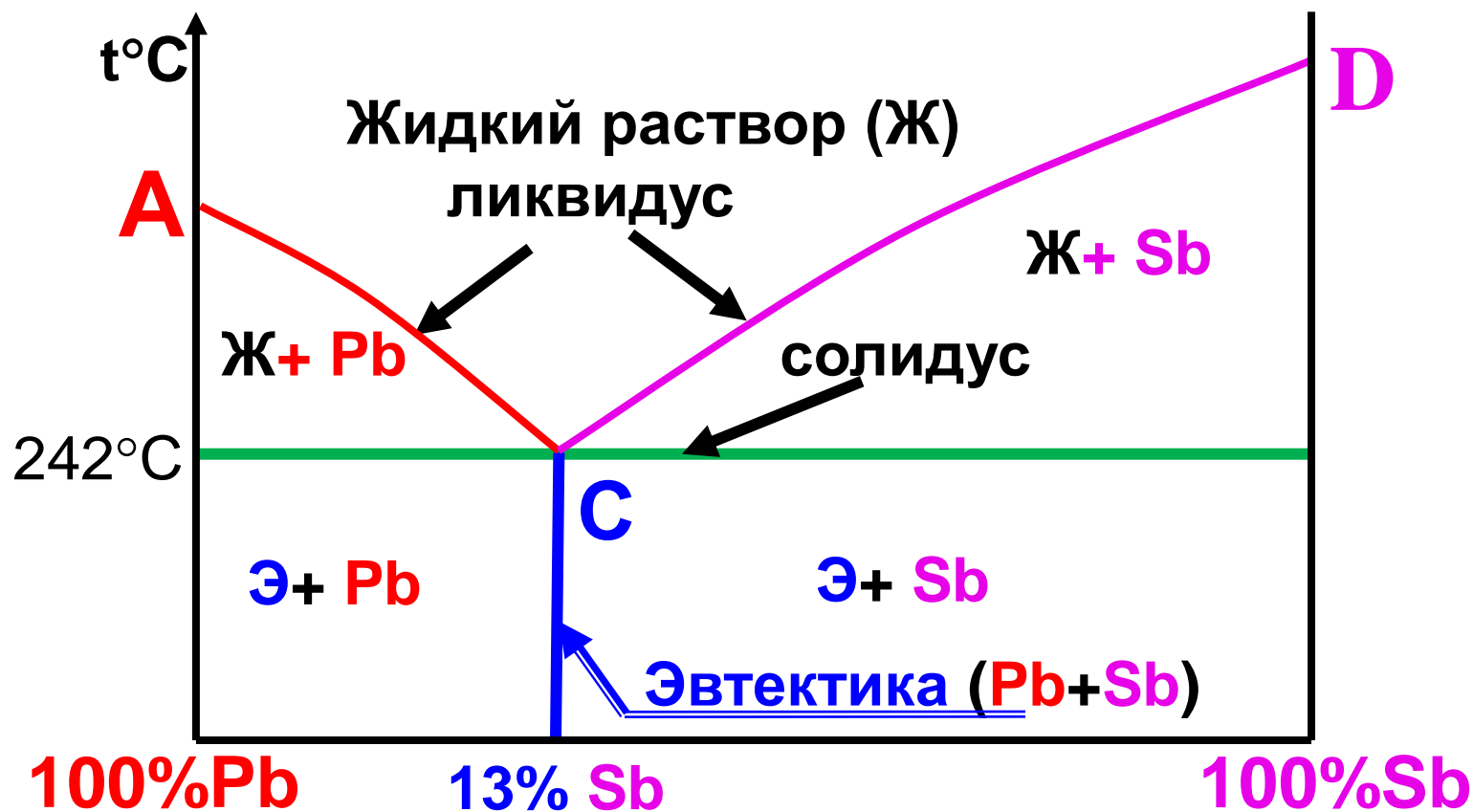


ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ДЛЯ СПЛАВОВ, КОМПОНЕНТЫ КОТОРЫХ ОБРАЗУЮТ ТВЁРДЫЕ РАСТВОРЫ

Компоненты А и В неограниченно растворимы друг в друге в жидком и в твёрдом состоянии. По этой диаграмме кристаллизуются такие сплавы: висмут – сурьма, медь - никель, железо - никель, железо - хром и др.

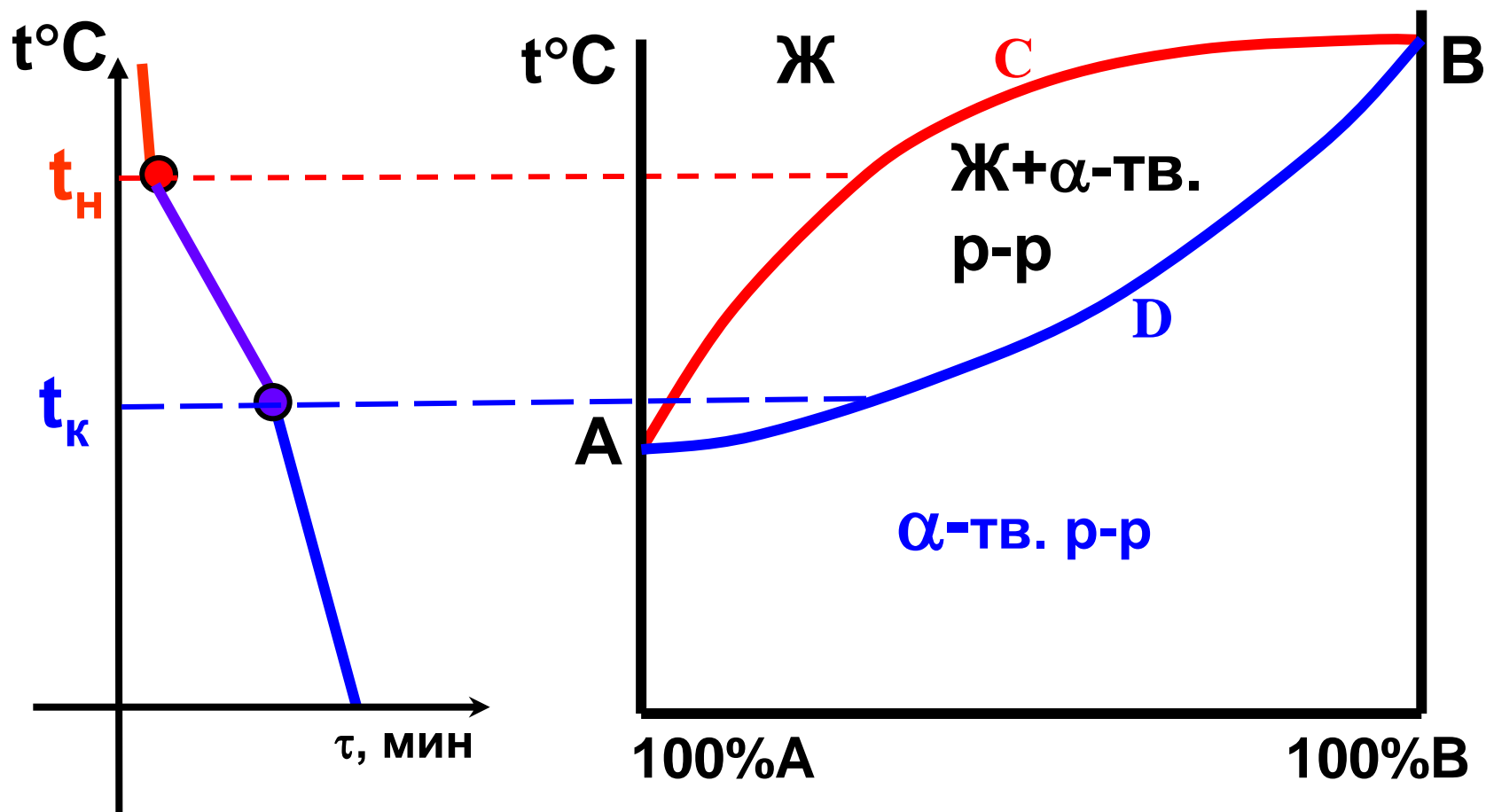
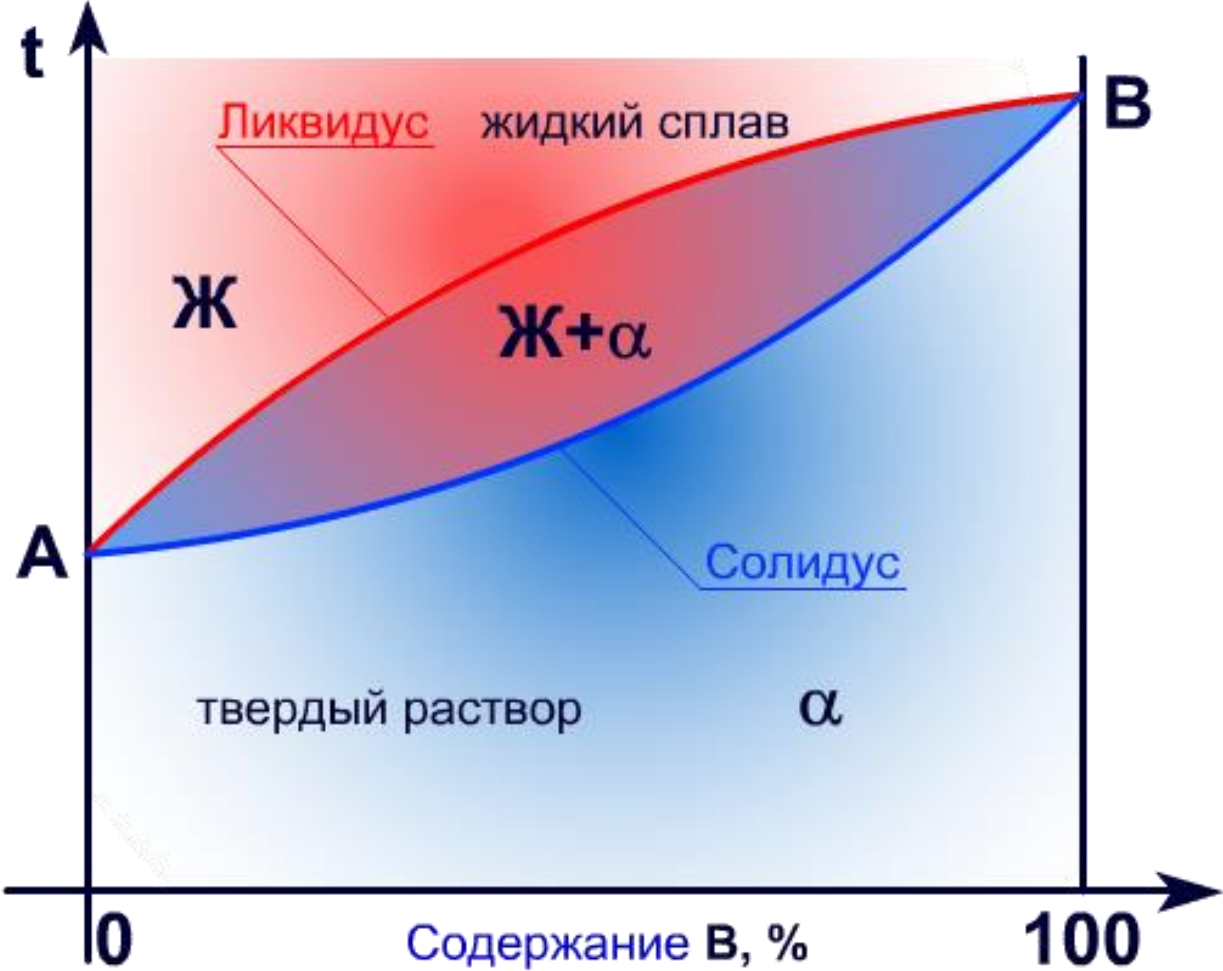


Диаграмма состояния сплавов с неограниченной растворимостью компонентов



ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫЕ СПЛАВЫ

Железоуглеродистые сплавы являются наиболее распространёнными в современной промышленности. Железо с углеродом образуют следующие фазы.

Цементит - химическое соединение Fe_3C , твёрдый, хрупкий


Феррит (Ф) – это твёрдый раствор «С» ($\text{C} \leq 0,02\%$) в Fe_α ($< 911^\circ$). мягкий, пластичный.

В твёрдом состоянии «Fe» и «С» образуют фазы

Аустенит (А) – это твёрдый раствор «С» ($\text{C} \leq 2,14\%$) в Fe_γ ($> 911^\circ$), мягкий, пластичный.

ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫЕ СПЛАВЫ

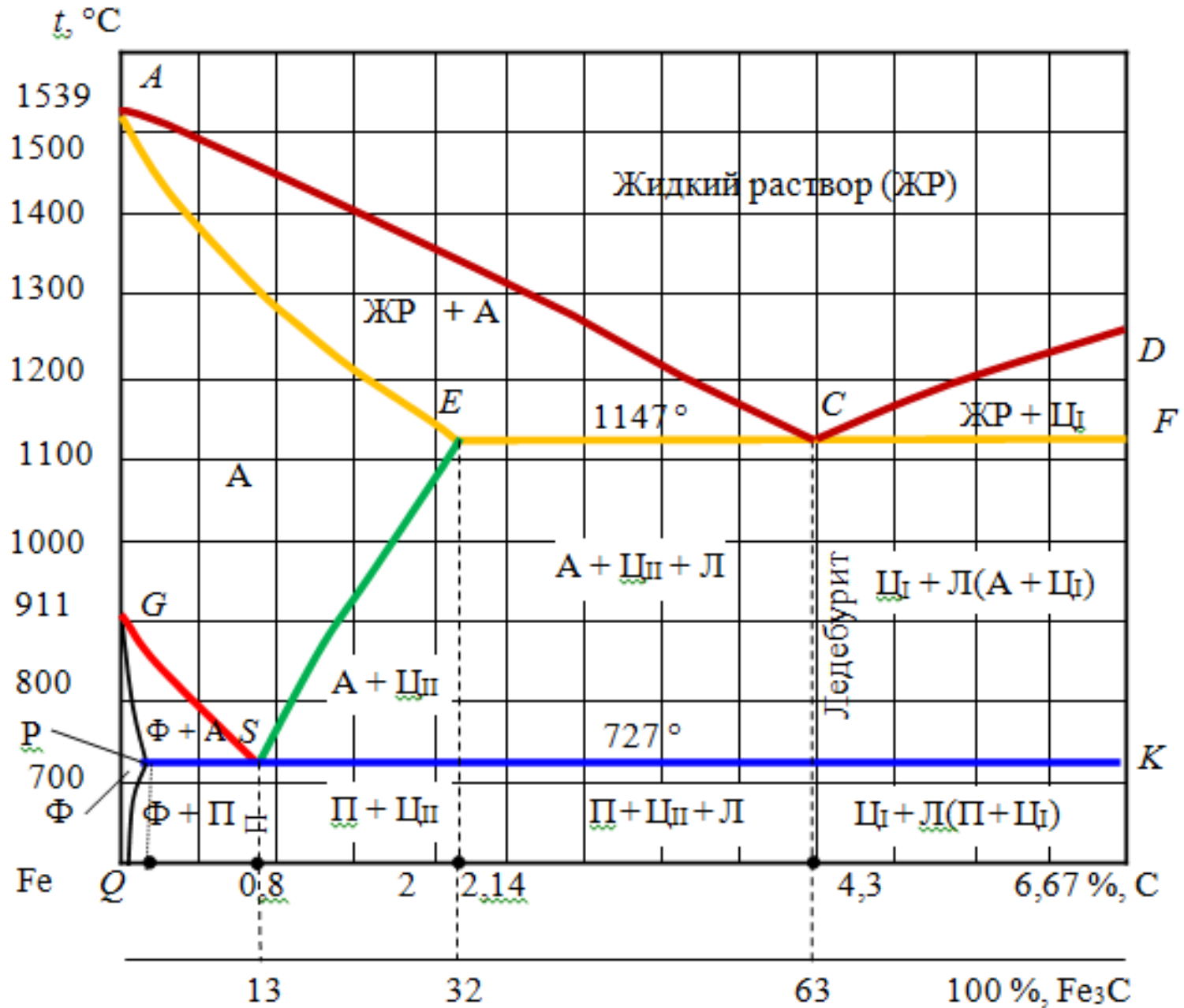
Механическую смесь феррита
и цементита – **перлит (П)** → (Ф+Ц) (С=0,8%)



В твёрдом состоянии «Fe» и
«C» образуют структурные
составляющие

Механическую смесь перлита
и цементита – **ледебурит (Л)** (П+Ц)
(С=4,3%).

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ Fe-C (Fe – Fe₃C)



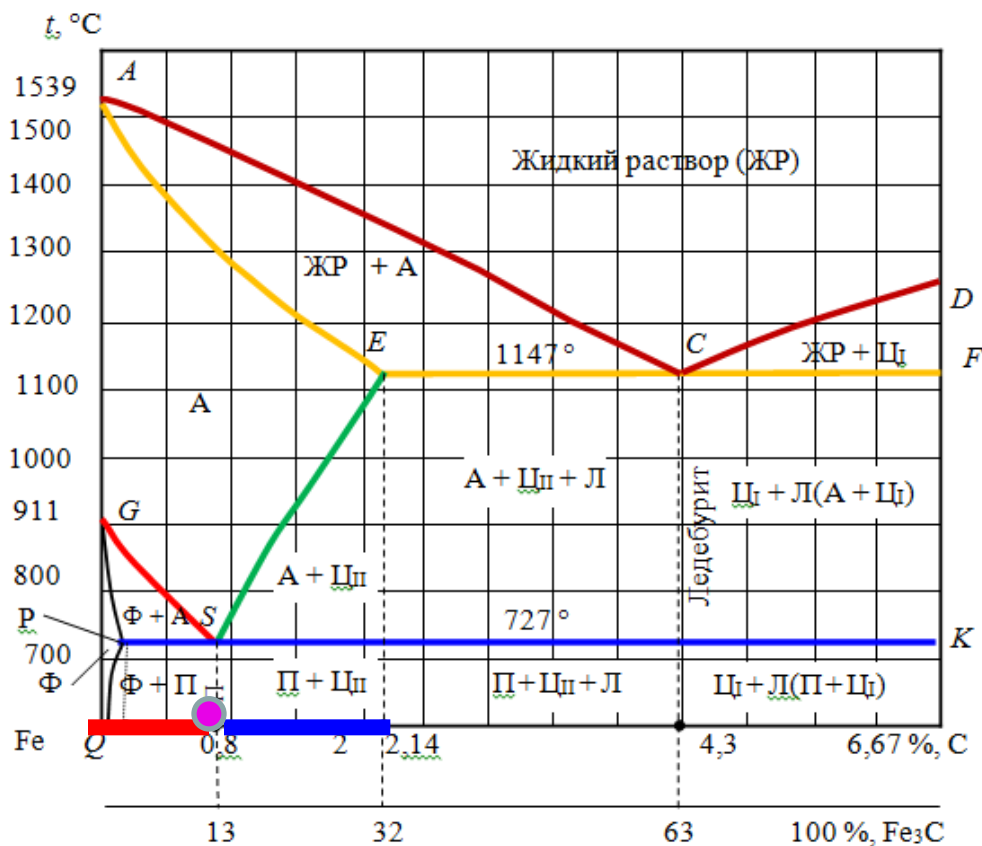
КЛАССИФИКАЦИЯ СТАЛЕЙ И ЧУГУНОВ ПО СОДЕРЖАНИЮ УГЛЕРОДА

Сталь – это сплав железа с углеродом в количестве $C \leq 2,14\%$,
чугун - $C > 2,14\%$.

Доэвтектоид-
ные стали

содержат
углерода

$C < 0,8\%$.



Заэвтектоид-
ные стали

содержат
углерода

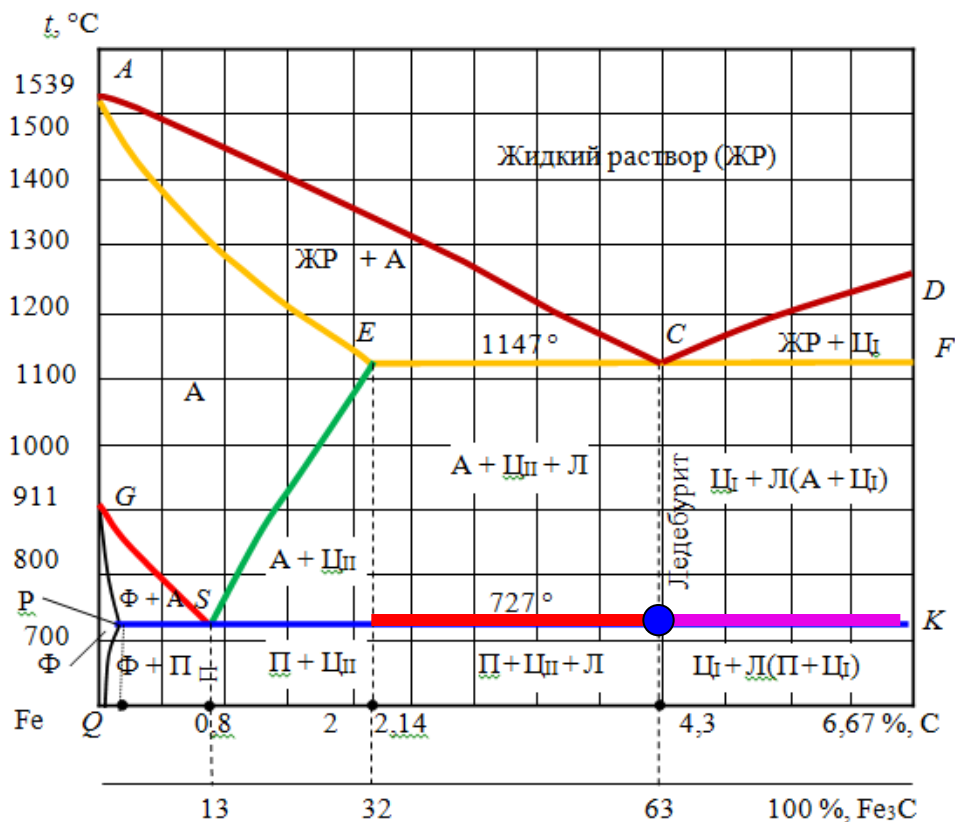
$C > 0,8\%$.

Эвтектоидная сталь содержит 0,8% углерода.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЧУГУНОВ

Различают белые и графитизированные чугуны.

В белых чугунах весь углерод находится в связанном состоянии в виде цементита.



В графитизированных чугунах часть углерода находится в свободном состоянии в виде графита.

На диаграмме Fe–Fe₃C представлены белые чугуны.

C < 4,3 % - доэвтектические чугуны,

C = 4,3% - эвтектический чугун,

C > 4,3% - заэвтектические чугуны.

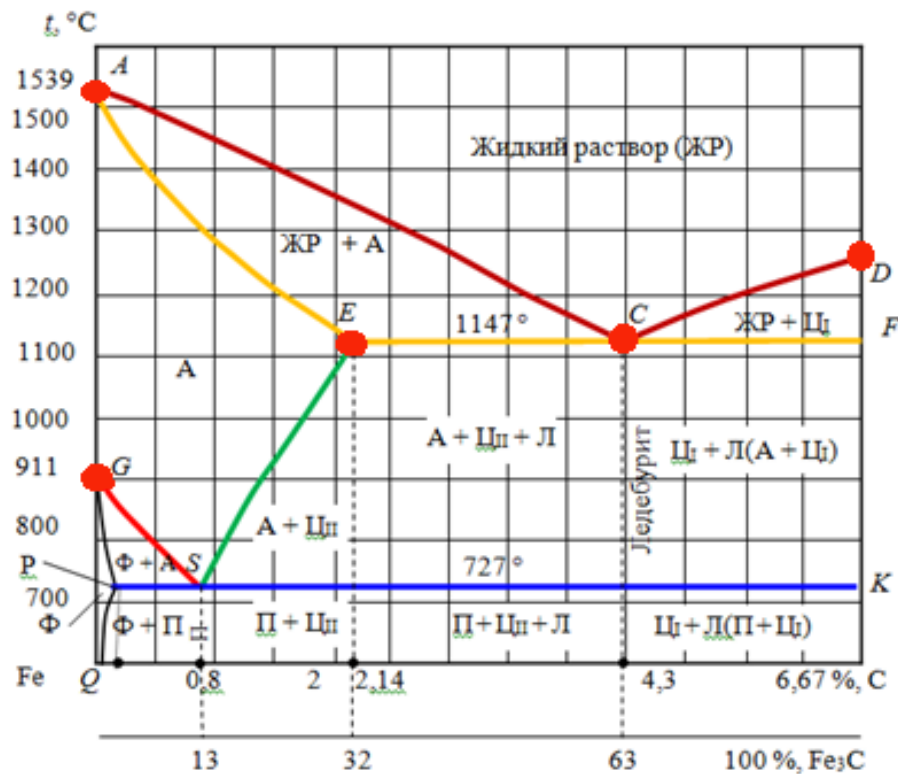
ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ Fe-C ($\text{Fe} - \text{Fe}_3\text{C}$)

т. **A** – т-ра плавления чистого Fe;

т. **D** – т-ра плавления цементита;

т. **C** – эвтектическая точка, здесь кристаллизуется эвтектика;

т. **G** – 911°C –
т-ра
полимрфного
превращения;



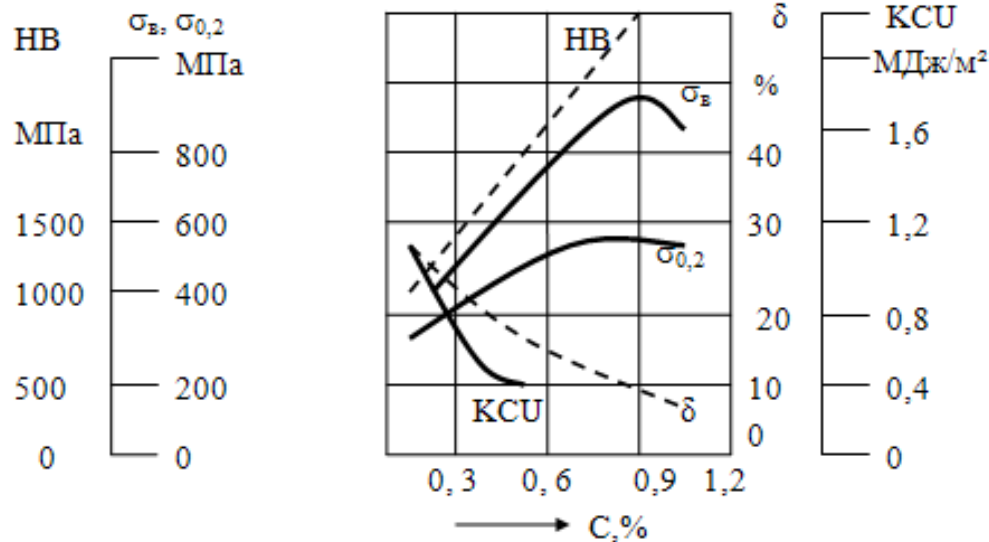
т. **ACD** –
линия
ликвидус
(начало
кристалли
зации);

т. **AESF** – линия солидус (конец кристаллизации);

ВЛИЯНИЕ ПОСТОЯННЫХ ПРИМЕСЕЙ НА СВОЙСТВА СТАЛЕЙ

В стали присутствуют кроме углерода ещё постоянные примеси: марганец, кремний, сера, фосфор, газы.

С увеличением количества углерода прочность возрастает, а пластичность снижается.



Si и **Mn** — полезные примеси, хорошо растворяются в феррите, повышают σ_B и $\sigma_{0,2}$.

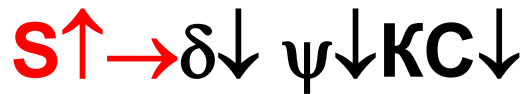
При этом Mn не снижает пластичность, а Si — с увеличением количества охрупчивает сталь.

ВЛИЯНИЕ ПОСТОЯННЫХ ПРИМЕСЕЙ НА СВОЙСТВА СТАЛЕЙ

Сера и фосфор – вредные примеси. Они охрупчивают сталь, снижают ударную вязкость и повышают $T_{хр}$.

Сера

охрупчивает сталь при высоких температурах и вызывает **красноломкость**.



$$S \leq 0,06\%$$



$$P \leq 0,06\%$$

В зависимости от качества стали количество серы не должно превышать **0,06%**.

Вредное влияние **фосфора** проявляется в резком увеличении хрупкости стали при обычной и пониженной температуре. Это явление называется **хладноломкостью стали**. Поэтому содержание фосфора не должно превышать 0,06 %.

КЛАССИФИКАЦИЯ СТАЛЕЙ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

По **назначению** стали (углеродистые) делятся на:

- конструкционные,
- инструментальные.

Конструкционные стали подразделяются по **качеству** на: стали



-обыкновенно-го качества
ДСТУ 2651-94;
-качественные стали
ГОСТ 1050-88;

- стали конструкционные повышенной и высокой обрабатываемости резанием (автоматные) ГОСТ 1414-75.

СТАЛИ ОБЫКНОВЕННОГО КАЧЕСТВА

Стали обыкновенного качества - содержат большое количество вредных примесей

серы и
фосфора -
до 0,06%.

S и $P \leq 0,06\%$

Ст0, Ст1.....Ст6

Буквы «Ст»
обозначают
сталь, а
цифры –
порядковый
номер стали.



$\%C, \sigma_B$

Ст2кп – сталь кипящая (раскислена Mn), *Ст4пс* – сталь полуспокойная (раскислена Mn и Si), индекс “сп” – не указывается.

КАЧЕСТВЕННЫЕ СТАЛИ

Качественные стали содержат меньшее количество вредных примесей (**S и P**) $\leq 0,03-0,035\%$,

меньшее количество неметаллических включений. Стали маркируют словом «**сталь**» и цифрами **08кп, 10, 15, 20...85.**



Цифры в марке указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента.

Например, **сталь 45** (0,45%С), **сталь 60** (0,6%С).

Качественные стали применяют для изготовления ответственных деталей машин. Они обладают более высоким уровнем механических свойств, чем стали обыкновенного качества.

СТАЛИ ПОВЫШЕННОЙ И ВЫСОКОЙ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ РЕЗАНИЕМ

Стали конструкционные повышенной и высокой обрабатываемости резанием (автоматные) – имеют хорошую обрабатываемость резанием.

Дешевые стали с высоким содержанием серы и фосфора (до 0,3% S, до 0,15% P):

A12 (0,12% C),

A20 (0,2% C),



A40Г (0,4% C и 1,2-1,55% Mn);
сталь **AC20** – 0,2% C, $\leq 0,3$ свинца;

A40E – 0,4% C, $\leq 0,15\%$ селена. Автоматные стали применяют для изготовления не ответственных деталей (например, крепежа), которые обрабатывают на станках автоматах с образованием легко ломающейся стружки.

УГЛЕРОДИСТЫЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СТАЛИ

Углеродистые инструментальные стали делятся на две группы:

- качественные стали: **У7, У8...У13** (S и P 0,035%) (количество углерода 0,7...1,3% соответственно).



- высококачественные стали (S и P $\leq 0,02\%$) – **У7А...У13А** (количество углерода 0,7...1,3% соответственно).



Из сталей У7, У8 изготавливают ударный инструмент – молотки, зубила.

Из сталей У10-У13 изготавливают мелкоразмерные свёрла, ножовочные полотна, плашки, метчики.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое сплав?

2. Что такое фаза?

3. Что такое компонент?

4. Какие типы взаимодействия компонентов Вы знаете?

5. Что такое механическая смесь? твёрдый раствор ?

6. Что такое диаграмма состояния?

7. Что такое температура ликвидуса, солидуса?

8. Что такое сталь и на какие группы делятся стали по содержанию углерода?

9. Какие фазы и структурные составляющие образуют железо и углерод в стали?

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

10. Что такое сплав?

11. Что такое чугун и на какие группы делятся чугуны по содержанию углерода?

12. Какие примеси в стали полезные, а какие - вредные?

13. Как классифицируются и маркируются стали по качеству?

14. Как классифицируются стали по назначению?

15. Как маркируются инструментальные стали?

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Изучить диаграмму состояния железо – углерод (железо – цементит).

2. Изучить устройство и принцип работы анизометра.

3. Изучить свойства, структуру и области применения белых чугунов.

4. Изучить свойства, структуру и области применения графитизированных чугунов.



**При подготовке презентации были использованы
иллюстрации из курса лекций МАДИ.**

Кафедра технологий металлов и материаловедения

**г. Харьков, ул. Петровского, 25, ХНАДУ, КАФЕДРА ТМ и М
Tel.(8-057)707-37-92**

