



**Университет гражданской защиты  
МЧС Республики Беларусь**

**ОСНОВЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ И  
ТЕОРИИ СВАРОЧНЫХ РАБОТ**

**Практическое занятие № 1.**

**Общие сведения о металлах и сплавах,  
их свойства**

**Учебный слайд-фильм**

**Минск 2020 г.**

# **Тема занятия. Основы теории металлических сплавов**

## **Учебные вопросы:**

- 1. Внутреннее строение и кристаллизация сплавов.**
- 2. Понятие о диаграмме состояния.**
- 3. Особенности диаграммы состояния железоуглеродистых сплавов.**



***Сплавы*** - металлические, однородные макроскопические системы, состоящие из двух или более металлов (реже металлов и неметаллов), с характерными металлическими свойствами.

В широком смысле - **сплавами** называются любые однородные системы, полученные сплавлением металлов, неметаллов, оксидов, органических веществ и т.д. (Советский энциклопедический словарь М. 1983 г.).



**В сплавах элементы могут различно взаимодействовать между собой, образуя различные, по химическому составу, типу связи и строению кристаллические фазы.**

**Химические элементы, образующие сплав называют компонентами.**

**Фазой** называется однородная обособленная часть металла или сплава, имеющая одинаковый состав, строение и свойства.



**В сплавах в зависимости от физико-химического взаимодействия**

**компонентов могут образовываться**

***следующие фазы:***

**жидкие растворы;**

**твердые растворы;**

**химические соединения;**

**механическая смесь**



# СПЛАВ

КОМПОНЕНТ

ФАЗА

Жидкий  
раствор

Твердый  
раствор

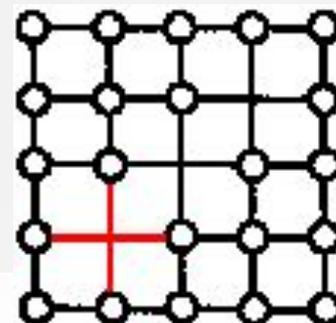
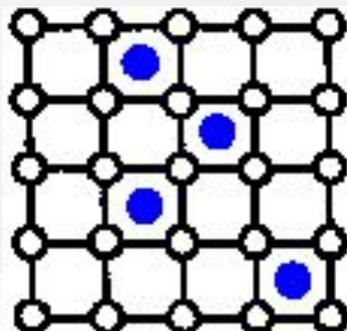
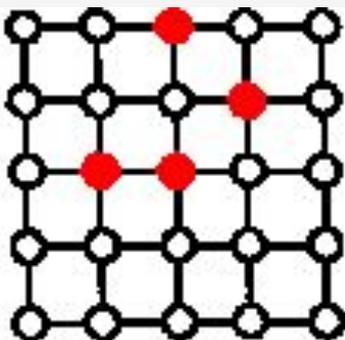
Хим.  
соединение

Мех.  
смесь

ЗАМЕЩЕНИЯ

ВНЕДРЕНИЯ

ВЫЧИТАНИЯ



**Сплавы типа “механической смеси” образуются из веществ, не растворяющихся и не вступающих в химическое взаимодействие между собой в твердом состоянии с образованием соединений.**

**Такие сплавы состоят из смеси кристаллитов веществ, сохраняющих свои кристаллические решетки. При этом кристаллы каждого компонента в сплаве полностью сохраняют свои индивидуальные свойства.**

**Свойства сплава будут определяться соотношением компонентов, входящих в его состав.**



Сплавы типа **“химического соединения”** образуются при взаимодействии компонентов, входящих в состав сплава, причем содержание компонентов должно быть *строго определенным*.

Химическое соединение характеризуется образованием новой кристаллической решетки с упорядоченным расположением в ней атомов компонентов. При этом новая решетка значительно отличается от решеток компонентов, поэтому обладает и другими свойствами (механическими, физическими, химическими и др.).

Химические соединения существуют при строгом соотношении компонентов, и выражается химической формулой. Например,

**$\text{Fe}_3\text{C}$ ,  $\text{Mg}_2\text{Pb}$ ,  $\text{WC}$ ,  $\text{TiC}$ ,  $\text{TiN}$**



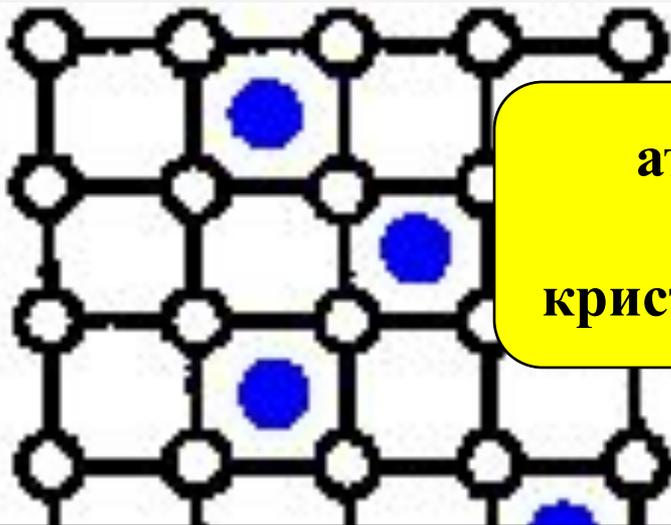
**“Твердыми растворами”** называют фазы, в которых один из компонентов сплава сохраняет свою кристаллическую решетку, а атомы других компонентов располагаются в его решетке, изменяя ее размеры (периоды).

Твердые растворы характеризуются образованием общей пространственной решетки с атомами основного металла - растворителя.

Твердый раствор, состоящий из двух или нескольких компонентов, имеет один тип решетки и представляет собой одну фазу.



# Твердые растворы по расположению атомов в кристаллической решетке подразделяются на твердые растворы *внедрения и замещения.*



атомы растворенного компонента располагаются в междоузлиях кристаллической решетки растворителя

в узлах кристаллической решетки атомы растворяемого компонента занимают места атомов основного металла

**внедрения**



**твердый раствор замещения**



# **“Кристаллизация”, - это переход сплава из жидкого в кристаллическое (твердое) состояние**

**Кристаллизация начинается при понижении температуры расплава ниже температуры плавления.**

**При переохлаждении сплава ниже  $T_{пл}$ , во многих участках жидкого расплава образуются устойчивые, способные к росту кристаллические *зародыши* - центры кристаллизации.**

**На их поверхности с понижением температуры начинают оседать атомы из жидкости, постепенно увеличивая как количество, так и величину этих зародышей.**



# Диаграммы состояния

Особенности процессов кристаллизации сплавов экспериментально отражаются в виде *кривых охлаждения сплава* и *диаграмм состояния сплавов*.

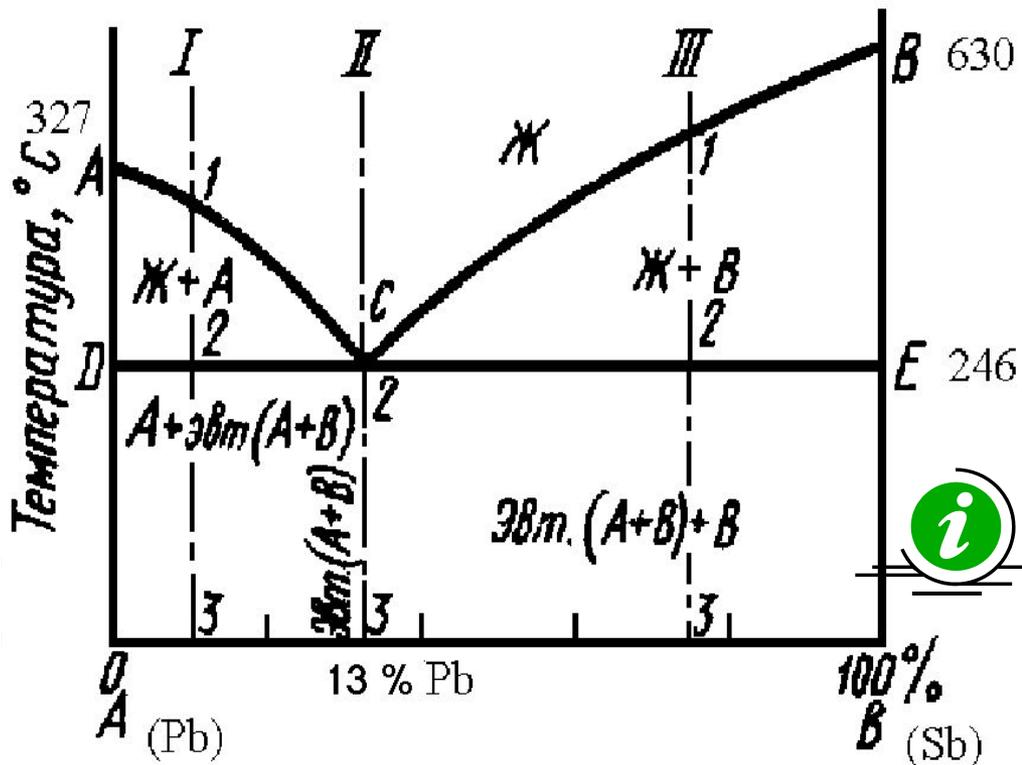
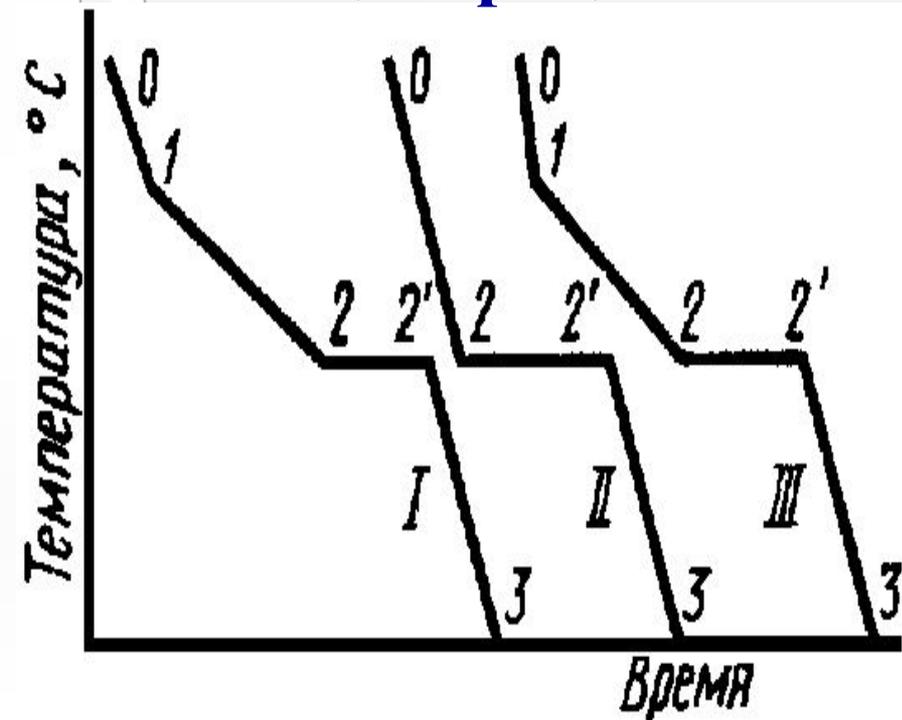
Диаграммы состояния обычно строят в координатах *температура - концентрация в процентах*, а кривые охлаждения - в координатах - *температура - время*.

Диаграмма состояния показывает изменение фазового состояния сплава от температуры и концентрации при постоянном давлении.



Для построения диаграмм экспериментально получают **кривые охлаждения для сплавов различной концентрации**

По перегибам на этих кривых, связанных с тепловыми эффектами превращений, определяют температуры этих превращений для разных концентраций сплава.





Структуру, состоящую из определенного сочетания двух или более твердых фаз, одновременно кристаллизовавшихся из жидкого сплава, называют **эвтектикой**.

**Эвтектика** соответствует равновесию между жидким расплавом и двумя или более кристаллическими фазами.

**Эвтектическая** (*греч. легкоплавкая*) точка диаграммы имеет всегда **наиболее низкую** температуру плавления, по сравнению с другими концентрациями сплава.



Температура *начала затвердевания* (кристаллизации) сплава называется температурой **ликвидуса** (греч. – жидкий).

Кривая соответствующая температуре *конца затвердевания* называется температурой **солидуса** (греч. – твердый).



**Диаграмма состояния** сплавов Fe - C представляет собой *графическое изображение* равновесного состояния сплавов в зависимости от *температуры и концентрации*.

Структура и свойства железоуглеродистых сплавов, к которым относятся стали и чугуны, зависят от двух элементов - **железа и углерода**.

Сплавы с содержанием:

**0,2-2,14 % C** - стали;

**2,14-6,67 % C** - чугуны.



# Структурные составляющие железоуглеродистых сплавов.

Железо - углерод

КОМПОНЕНТ

ФАЗА

Железо

Углерод

Цементит

Феррит

Аустенит

Перлит

Ледебурит



# Структурные составляющие железоуглеродистых сплавов.

**Железо-серебристый металл, плотность 7,86 г/куб.см и  $T_{п} = 1539^{\circ}\text{C}$ .**

**Углерод -Неметаллический элемент с плотностью 2,25 г/см<sup>3</sup> и температурой плавления 3500<sup>0</sup>С.**

**Цементит-Химическое соединение углерода с железом (*карбид железа  $Fe_3C$* ). Содержание углерода — 6,67 %.**

# Структурные составляющие железоуглеродистых сплавов.

**Феррит** - Твердый раствор углерода в альфа-железе ( **$\alpha$ -Fe**). *Пределы растворимости углерода — 0,02 % при 727 °C и 0,006 % при комнатной температуре.*

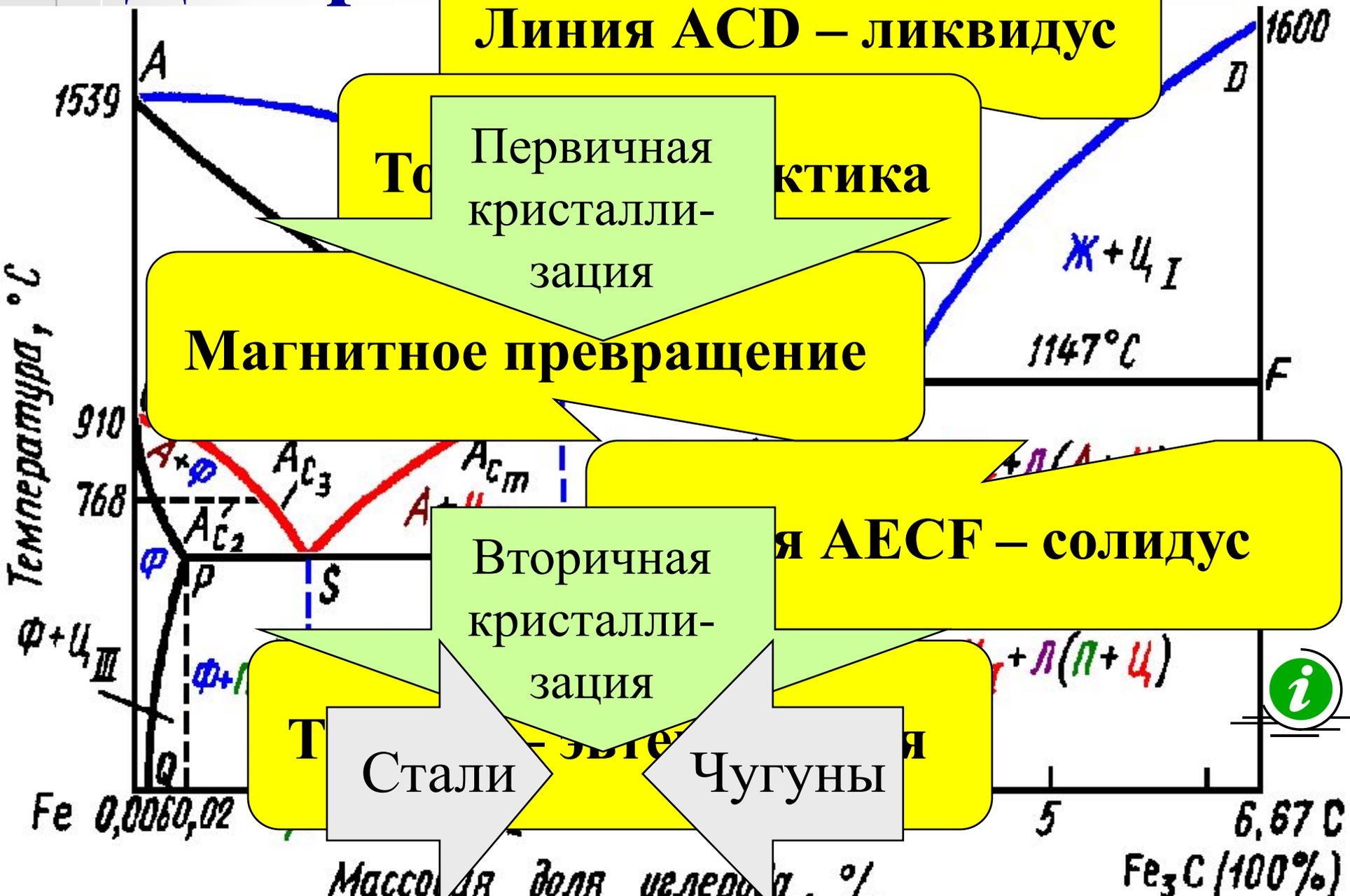
**Аустенит**-Твердый раствор углерода в гамма-железе ( **$\gamma$ -Fe**); *предел растворимости углерода — 2,14 % при 1147 °C. При  $t$  ниже 727 °C распадается с образованием перлита.*

# Структурные составляющие железоуглеродистых сплавов.

**Перлит** - Механическая смесь феррита и цементита (*эвтектоид*), содержащая **0,83 %** углерода; *образуется при температуре ниже 727 °С при распаде аустенита.*

**Ледебурит** -Эвтектическая смесь аустенита и цементита; *образуется при 1147°С и содержании углерода 4,3 %.*

# Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C



# Схема взаимодействия Fe и C

ХИМ.СОЕД.  
 $C+3Fe$  ( $t < 1600^{\circ}C$ )  
цементит

ТВ. Р-Р  
 $C+\alpha Fe$  ( $t < 910^{\circ}C$ )  
феррит

ТВ. Р-Р  
 $C+\gamma Fe$  ( $t > 727^{\circ}C$ )  
аустенит

перлит ( $t < 727^{\circ}C$ )  
ЭВТЕКТОИД

ледебурит ( $t < 1135^{\circ}C$ )  
ЭВТЕКТИКА

ледебурит

