

# МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

---

## КУРС ЛЕКЦИЙ

«Металлы суть светлые тела,  
которые ковать можно.»

М.В. Ломоносов

Лектор к.х.н., доцент

Мицкая Мария Николаевна

# ЛЕКЦИЯ №1

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ И  
НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ.  
ТИПЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ  
КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ РЕШЕТОК.  
ДЕФЕКТЫ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ  
РЕШЕТКИ. ПРОЦЕСС  
КРИСТАЛЛИЗАЦИИ. ПОНЯТИЕ  
ФАЗЫ И ЕЕ ВИДЫ.

---

# МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

-наука, изучающая строение и свойства материалов и устанавливающая связь между их составом, строением и свойствами.

Все материалы делятся на **металлические** и **неметаллические**.

К металлическим относятся металлы и их сплавы, которые делятся на черные и цветные.

# ЧЕРНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Железные металлы: Fe; Co; Ni; Mn...

---

Тугоплавкие металлы: W; V; Cr...

Урановые металлы – актиниды.

Сплавы на основе железа: стали и чугуны.

Наибольшее применение в технике приобрели черные металлы.

# Черные металлы

Для них характерны:

темно-серый цвет;

---

большая плотность;

высокая температура плавления;

во многих случаях - полиморфизм.

Существование одного металла в нескольких кристаллических формах носит название **полиморфизма** или **аллотропии**.

Наиболее типичный представитель этой группы металлов – железо.

# Черные металлы

– железо и его сплавы (чугун, сталь)



# ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ

---

Легкие металлы: Be; Mg; Al.

Благородные металлы: Ag; Au; металлы платиновой группы; полублагородная медь.

Легкоплавкие металлы: Zn; Hg; Sn; Pb...

Наиболее типичный представитель этой группы – медь.

# ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Для них характерны:

---

определенная окраска;

высокая пластичность;

малая твердость;

относительно низкая температура плавления;

отсутствие полиморфизма.

Так же в промышленности применяют *неметаллические материалы* - **пластмассы, керамика, резина и др.**

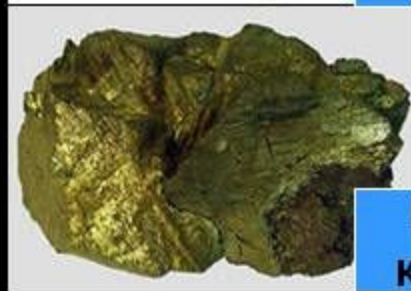


# Руды цветных металлов



боксит

Al  
алюминий



медный  
колчедан

Cu  
медь



свинцовый  
блеск

Pb  
свинец



цинковая  
обманка

Zn  
цинк



# АМОРФНОЕ СОСТОЯНИЕ

В природе вещества могут находиться в аморфном и кристаллическом состоянии. В аморфных веществах атомы расположены беспорядочно и хаотично.

Аморфное вещество *изотропно*, т.е. имеет одинаковые физические свойства во всех направлениях.

Металлы в твердом состоянии имеют кристаллическое строение, т.е. атомы располагаются в пространстве в строго определенном порядке.

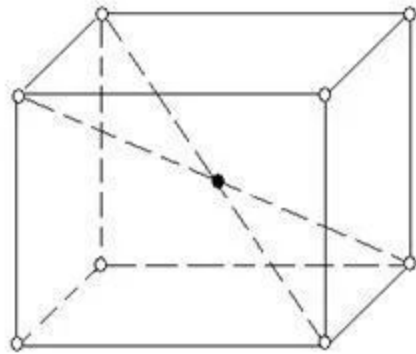
# Кристаллическое строение металлов

---

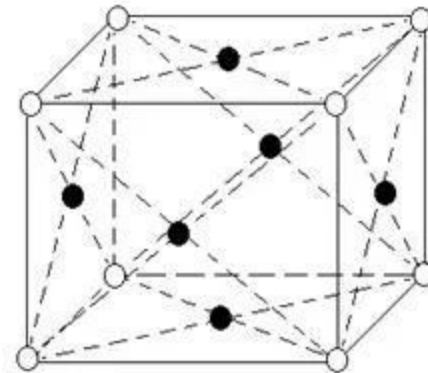
***Элементарная кристаллическая ячейка*** – наименьший комплекс атомов, который при многократном повторении позволяет воспроизвести пространственную кристаллическую решетку.

Принятое изображение кристаллических решеток – условно.

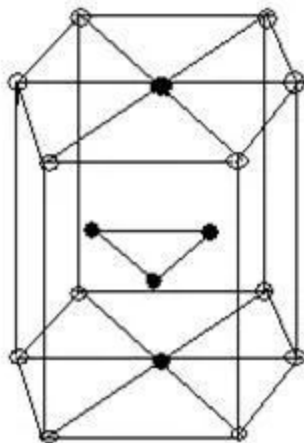
# Наиболее распространенные типы кристаллической решетки



Объемно-центрированная кубическая решетка – **ОЦК** (Fe, Cr, W, V, Mo)



Гранецентрированная кубическая решетка – **ГЦК** (Fe, Cu, Al, Ni)



Гексагональная плотноупакованная решетка – **ГПУ** (Zn, Mg, Cd)

# ХАРАКТЕРИСТИКИ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ЯЧЕЕК

Период решетки – расстояние между центрами соседних атомов (нм);

Координационное число (Кч) – это число равноудаленных соседних атомов, окружающих каждый атом в металле;

Коэффициент компактности (Кк) – отношение объема, занятого атомами ко всему объему решетки (%);

Угол между осями координат.

# Реальное строение металлических кристаллов

Металлы и их сплавы – имеют поликристаллическое строение, т.е. состоят из большого числа зерен, которые ориентированы произвольно, одно относительно другого. В процессе кристаллизации они принимают неправильную геометрическую форму и называются **кристаллитами**.

Реальные кристаллы имеют много **дефектов** строения, которые влияют на свойства металлов и сплавов.

ДЕФЕКТЫ ТОНКОЙ  
СТРУКТУРЫ  
(МИКРОДЕФЕКТЫ)

ТОЧЕЧНЫЕ  
(НУЛЬ-МЕРНЫЕ)

ЛИНЕЙНЫЕ

АТОМНЫЕ

(твердые растворы,  
дефекты по Шоттки  
и по Френкелю)

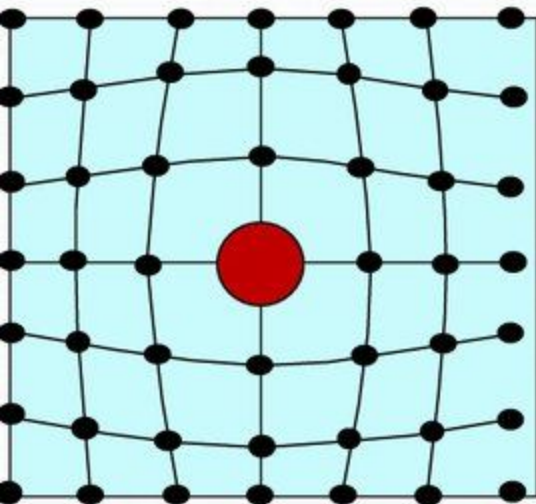
ЭЛЕКТРОННЫЕ

ДИСЛОКАЦИИ  
(КРАЕВЫЕ И  
ВИНТОВЫЕ)



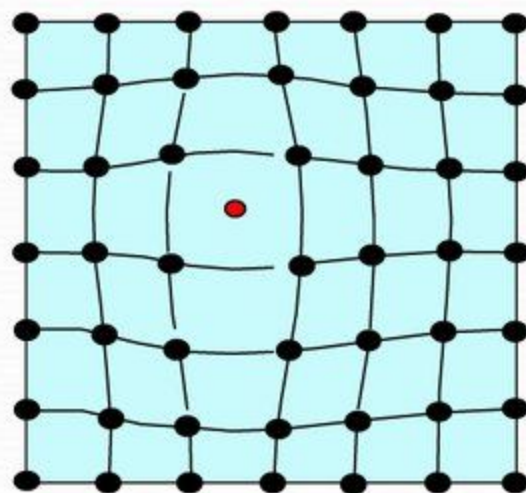
# Точечные дефекты

## кристаллического строения



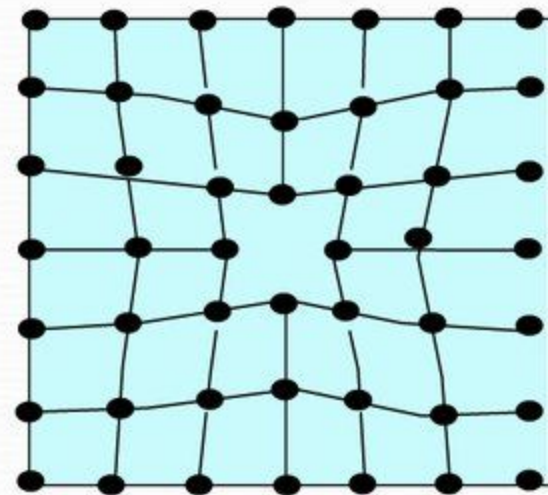
*a*

*a* – атом  
замещения;



*б*

*б* – атом  
внедрения;

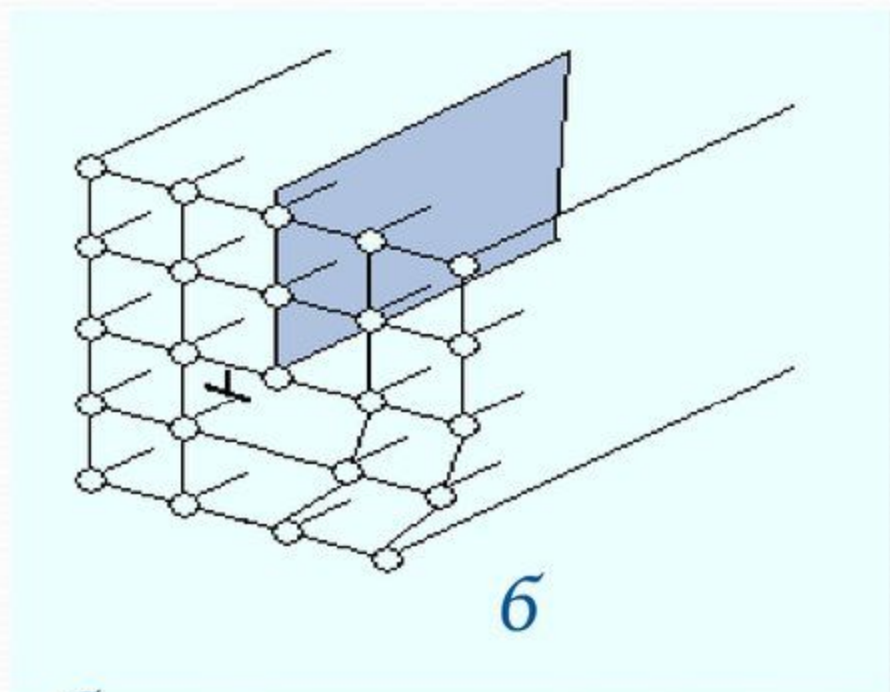
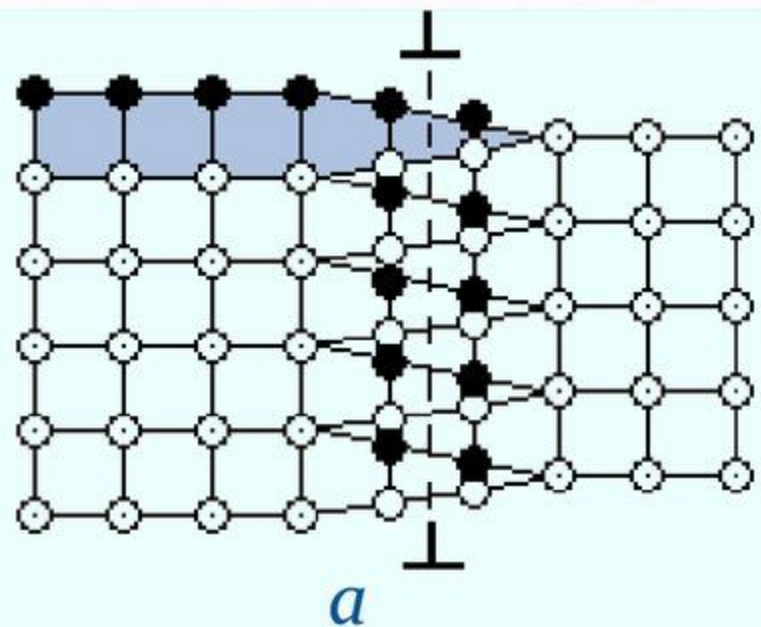


*в*

*в* – вакансия



# Линейные дефекты кристаллического строения



*a* – винтовая дислокация;      *б* – краевая дислокация

Линейные дефекты образуются вследствие появления дополнительной атомной плоскости (экстраплоскости).

# ПРОЦЕСС КРИСТАЛЛИЗАЦИИ МЕТАЛЛОВ

---

**Кристаллизация** – это процесс перехода металла из жидкого состояния в твердое при определенной температуре.

Состоит из двух этапов:

1. Зарождение центров кристаллизации;
2. Рост кристаллов из этих центров.

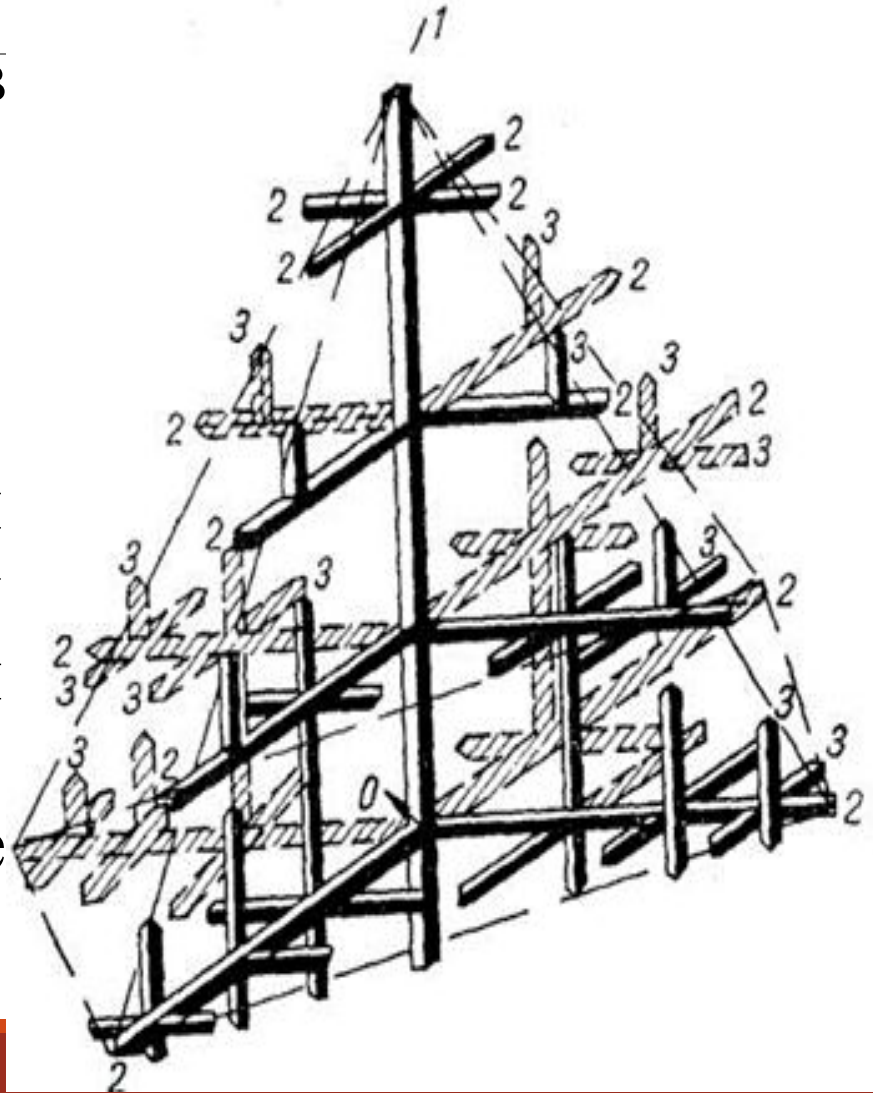
На размер центра влияет температура нагрева и его химический состав.

В реальных условиях зарождение кристаллов затруднено. Источниками образования центров кристаллизации служат различные частицы - зерна. Чем больше таких центров, тем меньше зерно металлов, соответственно лучше механические свойства.

В металлы специально вводят вещества, которые при кристаллизации способствуют размельчению зерна-**модификаторы.**

# Форма кристаллических образований

Рост зерна кристаллов происходит по дендритной или древовидной схеме. Сначала растут ветви 1 порядка, затем перпендикулярно ему растут ветви 2 порядка и т.д. Происходит до тех пор, пока кристаллы не столкнутся.







# Дендриты

Скелетные кристаллы, имеют ветвящееся, древовидное строение, возникают при проникновении растворов по тонким трещинкам породы.



Дендриты самородной меди



Дендриты оксидов марганца

# Структура металлургического слитка

**1.Зернистая зона.**

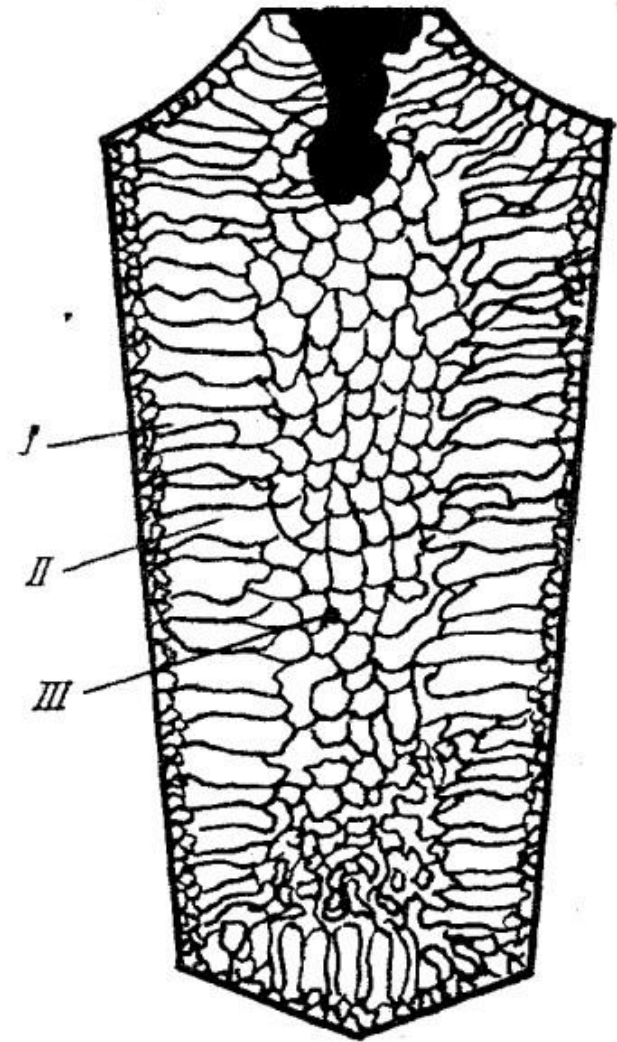
**2.Зона столбчатых кристаллов.**

Идет рост кристаллов ориентированных перпендикулярно к стенкам изложницы и образуется зона 2.

**3.Зона равноосных кристаллов.**

В середине слитка, где не ощущается направленного отвода теплоты и где металл остывает в последнюю очередь, образуется зона 3.

**4.Усадочная раковина.** Она обычно загрязнена примесями.



**Фаза** - однородная составляющая часть сплава, характеризующаяся одним и тем же составом, агрегатным состоянием, типом кристаллической решетки и отделенная от других частей сплава поверхностью раздела, при переходе через которую свойства меняются скачкообразно.

**Структура** - форма, размеры и характер взаимного расположения соответствующих фаз в металлах и сплавах.

**Компонент** - вещество, образующие систему.

# ЛЕКЦИЯ № 2

СТРОЕНИЕ СПЛАВОВ.  
ПРАВИЛО ФАЗ ГИББСА.  
ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ  
БИНАРНЫХ СПЛАВОВ. ИХ  
ВИДЫ И МЕТОДЫ  
ПОСТРОЕНИЯ.

---



# СТРОЕНИЕ СПЛАВОВ

В металлах и сплавах возможны образования следующих фаз:

---

**жидкие растворы;**

**твердые растворы;**

**химические соединения;**

**твердые чистые металлы.**

В жидком состоянии компоненты, образующие сплав неограниченно растворимы друг в друге образуют ***жидкие растворы.***

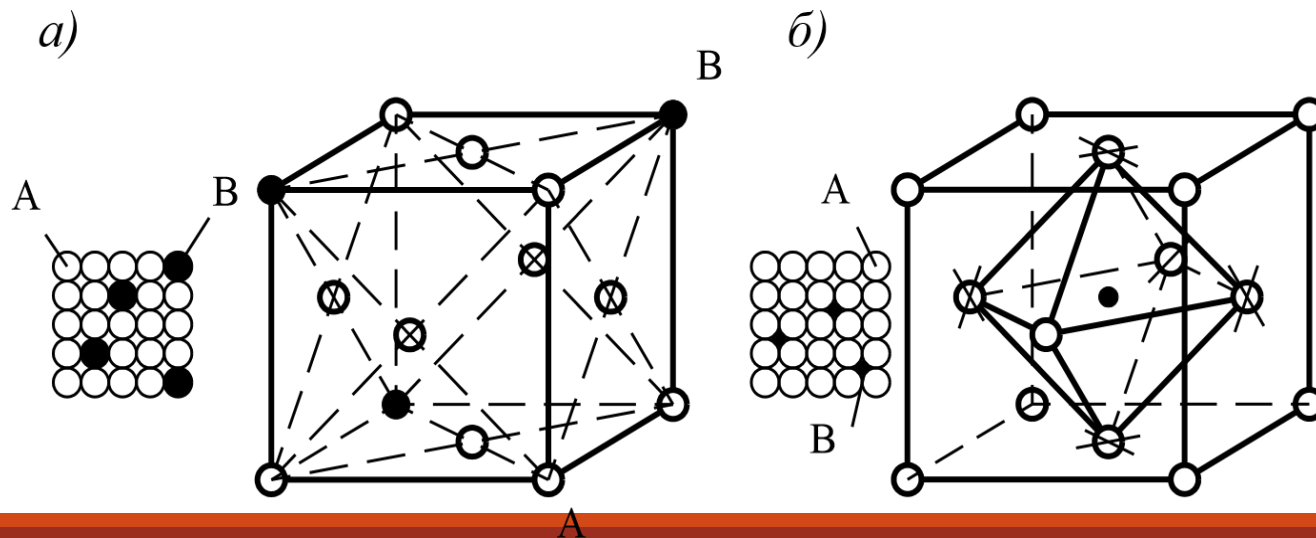
**Твердый раствор** - раствор, в котором один из компонентов сохраняет свою кристаллическую решетку, а атомы другого компонента располагаются в ней, слегка изменяя её размеры, но не форму. Встречаются ограниченные и неограниченные растворы.

Например, Al растворяется в Cu до 5,5 %, а Zn в Cu до 39 %.

В меди - ограниченная растворимость, в отличие от неограниченных, которые встречаются редко. Встречаются твердые растворы внедрения и замещения.

Атомы растворяющегося вещества или замещают в кристаллической решетке часть атомов растворителя, образуя **твердые растворы замещения** или располагаются в ней, т.е. образуя **твердые растворы внедрения**. Твердые растворы внедрения образуются в том случае, когда атомы растворяющегося вещества невелики.

Рис. Схема строения кристаллических решеток: а – твердый раствор замещения; б – твердый раствор внедрения.

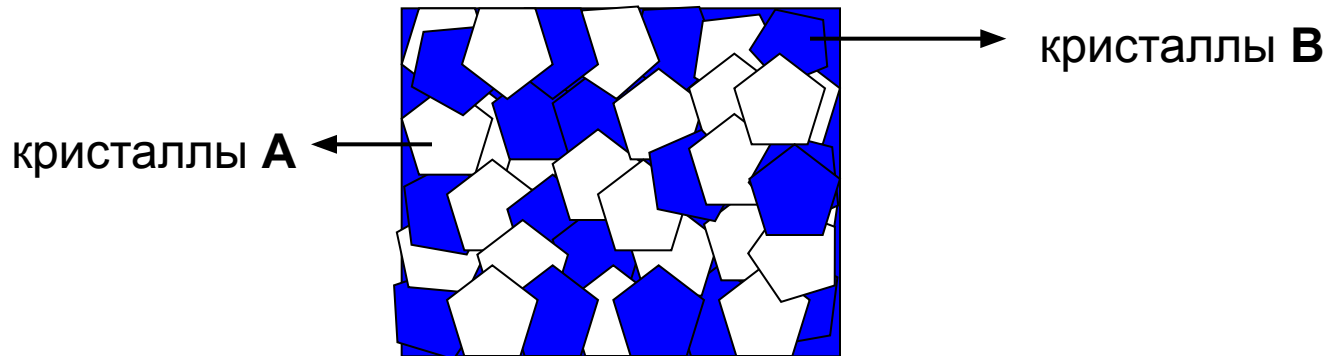


# ХИМИЧЕСКОЕ СОЕДИНЕНИЕ:

1. Соотношение чисел атомов элементов соответствует стехиометрической пропорции и может быть выражено общей формулой (в общем виде -  $A_nB_m$ ).
2. Образуется кристаллическая решетка с упорядоченным расположением в ней атомов компонентов, которая отличается от решеток компонентов.
3. Химическое соединение характеризуется определенной температурой плавления.

# ТВЕРДЫЕ ЧИСТЫЕ МЕТАЛЛЫ

Если компоненты А и В не образуют твердых растворов, не вступают в химическое взаимодействие, то при кристаллизации образуются **твердые чистые компоненты**, т. е. образуется механическая смесь из компонентов.



Кристаллы А и В имеют различные кристаллические решетки.

# Правило фаз Гиббса

$$C = k - f + m$$

---

**C** – число степеней свободы

**k** – число компонентов

**f** – количество фаз

**m** – число внешних параметров

Для металлических двухкомпонентных сплавов, т.к.  $P = const$

$$C = 2 - f + 1$$

- **Число степеней свободы** (вариантность) системы: число внешних и внутренних факторов, которое можно изменять без изменения числа фаз.
- Если  $C=0$ , такая система-**инвариантная**, если число  $C=1$ , такая система – **моновариантная**,  $C=2$  - **дивариантна**.

# Диаграмма состояния

**Диаграмма состояния** – графическое изображение состояния сплава, которое показывает изменение состояния в зависимости от температуры и концентрации (давление постоянно для всех рассматриваемых случаев).

Для построения диаграмм состояния пользуются результатами термического анализа: строят кривые охлаждения и по остановкам и перегибам на этих кривых, определяют температуры фазовых превращений.



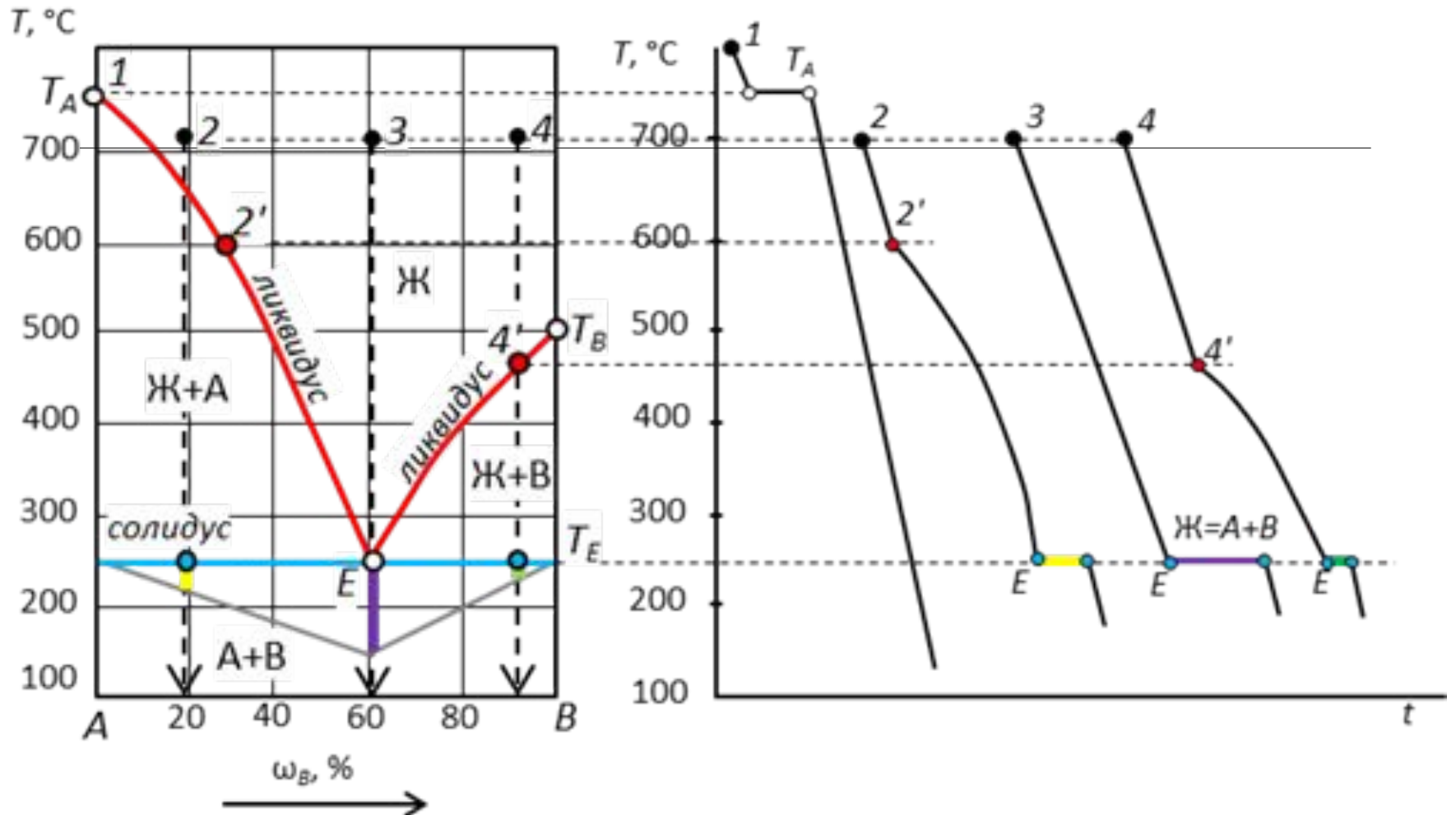
# ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ДИАГРАММ СОСТОЯНИЯ

**Координатные оси.** Двухкомпонентные диаграммы состояния строятся в координатах  $T - W$ . Цифры на оси абсцисс указывают содержание какого-либо одного компонента в % (содержание другого компонента находится по разности:  $\%A = 100 - \%B$ ).

**Кривые ликвидуса** — представляют собой совокупность точек, показывающих состав жидкой фазы (расплава).

**Кривые солидуса** — представляют собой совокупность точек, показывающих состав твердой фазы.

# Диаграмма состояния сплавов с ЭВТЕКТИКОЙ



**Эвтектика** – механическая смесь двух (или более) видов кристаллов, одновременно кристаллизовавшихся из жидкости.



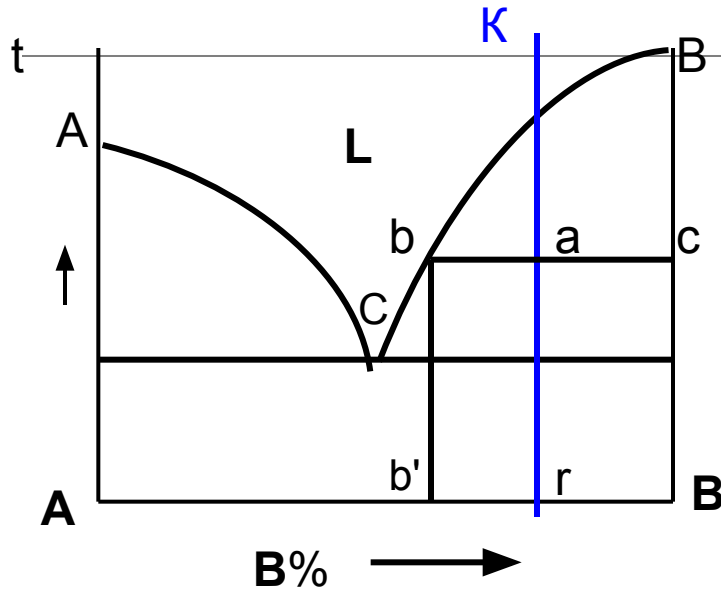
# ПРИМЕНЕНИЕ ПРАВИЛА ФАЗ ГИББСА

НА КРИВЫХ ЛИКВИДУСА В РАВНОВЕСИИ НАХОДЯТСЯ ДВЕ ФАЗЫ — ЖИДКАЯ И ОДНА ТВЕРДАЯ, ВСЕ ТОЧКИ ЭТИХ КРИВЫХ ВЫРАЖАЮТ МОНОВАРИАНТНОЕ СОСТОЯНИЕ  $C = 2 - 2 + 1 = 1$ .

ОБЛАСТЬ ЖИДКОЙ ФАЗЫ НАД КРИВЫМИ ЛИКВИДУСА ДИВАРИАНТНА.  $C = 2 - 1 + 1 = 2$ .

В Т. ЭВТЕКТИКИ В РАВНОВЕСИИ НАХОДЯТСЯ ТРИ ФАЗЫ: ОДНА ЖИДКАЯ И ДВЕ ТВЕРДЫЕ. ПОЭТОМУ В Т. ЭВТЕКТИКИ ИНВАРИАНТНОЕ СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ  $C = 2 - 3 + 1 = 0$ .

# Правила отрезков



**Правило 1.** Для определения концентрации компонентов данного состава в двухкомпонентных диаграммах состояния необходимо из фигуративной точки, выражающей этот состав, опустить на ось концентраций вертикаль состава и отсчитать по этой оси содержание компонентов. В сплаве **K**:  $r\%$  В и  $(100 - r)\%$  А. АВ – все количество сплава;  $rA$  количество В;  $rB$  – количество А в сплаве **K**.

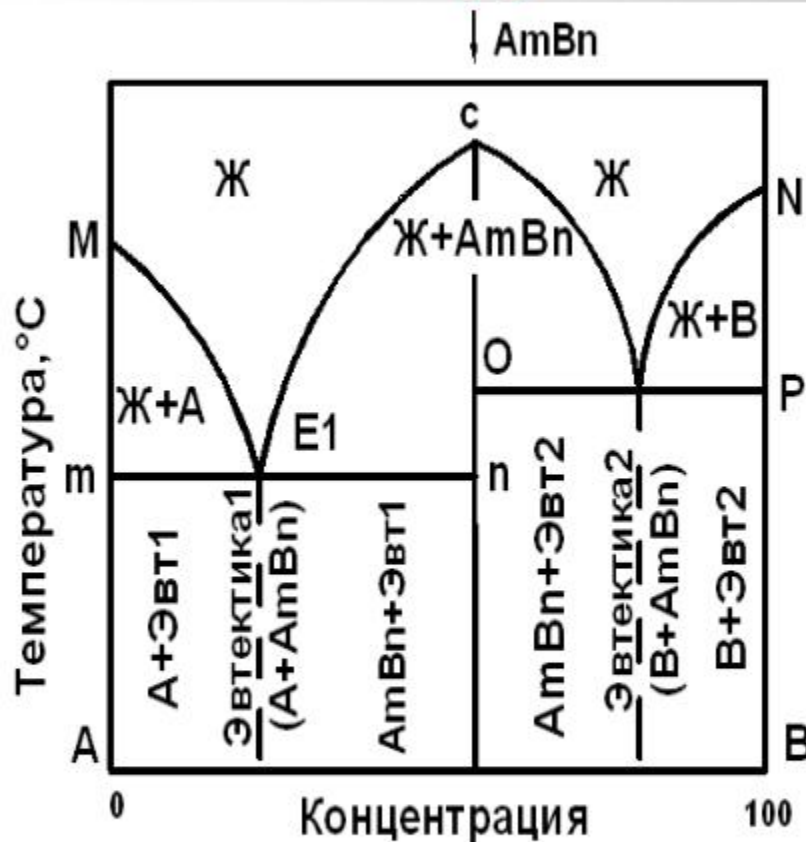
**Правило 2.** Конечными продуктами кристаллизации являются те кристаллические фазы (соединения), между точками составов которых (на оси концентраций) попадает вертикаль состава исходного расплава.

# ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ СПЛАВОВ, ОБРАЗУЮЩИХ ХИМИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

ЛИНИИ  $ME_1SE_2N$  – ЛИНИЯ ЛИКВИДУС, ЛИНИЯ  $MNOP$  – ЛИНИЯ СОЛИДУС.

ТОЧКИ  $M$  И  $N$  – ТЕМПЕРАТУРЫ ПЛАВЛЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ  $A$  И  $B$ . ТОЧКА  $C$  – ТЕМПЕРАТУРА ПЛАВЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОЕДИНЕНИЯ  $AMBN$ . ТОЧКИ  $E_1$  И  $E_2$  – ЭВТЕКТИЧЕСКИЕ ТОЧКИ.

СОСТАВ ЭВТЕКТИКИ  $E_1$  БУДЕТ  $A+AMBN$ , ЭВТЕКТИКИ  $E_2$  –  $B+AMBN$ . ПРИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ЭВТЕКТИЧЕСКИХ СПЛАВОВ СИСТЕМА БУДЕТ НОНВАРИАНТНОЙ В ОБОИХ СЛУЧАЯХ ( $C = 2 - 3 + 1 = 0$ ). ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ С УСТОЙЧИВЫМ ХИМИЧЕСКИМ СОЕДИНЕНИЕМ МОЖЕТ БЫТЬ ПРЕДСТАВЛЕНА И В ДРУГИХ ВИДАХ, ГДЕ НАРЯДУ С ЧИСТЫМИ КОМПОНЕНТАМИ И ОДНИМ ХИМИЧЕСКИМ СОЕДИНЕНИЕМ МОГУТ БЫТЬ И ТВЕРДЫЕ РАСТВОРЫ (ОГРАНИЧЕННЫЕ И НЕОГРАНИЧЕННЫЕ) И ДРУГИЕ ХИМИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ.



Точка температурного максимума  $C$  на кривой ликвидуса называется **дистектикой**.



# ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ СПЛАВОВ, ОБРАЗУЮЩИХ НЕОГРАНИЧЕННЫЕ ТВЁРДЫЕ РАСТВОРЫ

ЛИНИЯ M1N – ЛИНИЯ ЛИКВИДУС, ЛИНИЯ M2N  
– ЛИНИЯ СОЛИДУС.

ТОЧКИ M И N – ТЕМПЕРАТУРЫ ПЛАВЛЕНИЯ  
КОМПОНЕНТОВ A И B.

ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ ЖИДКОГО СПЛАВА В  
ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР МЕЖДУ ЛИНИЯМИ  
ЛИКВИДУС И СОЛИДУС (ОТ ТОЧКИ 1 ДО  
ТОЧКИ 2) ПРОИСХОДИТ ВЫПАДЕНИЕ  
КРИСТАЛЛОВ ТВЕРДОГО РАСТВОРА  $\alpha$   
РАЗНОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА,  
ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ ОТ ТОЧКИ C ДО ТОЧКИ 2.

ПРИ МЕДЛЕННОМ ОХЛАЖДЕНИИ  
КОНЦЕНТРАЦИЯ ВСЕХ ЗЕРЕН ТВЕРДОГО  
РАСТВОРА ВЫРАВНИВАЕТСЯ ЗА СЧЕТ  
ДИФФУЗИИ МЕЖДУ КРИСТАЛЛАМИ.

ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ СПЛАВА В ИНТЕРВАЛЕ  
КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ОТ  $T_1$  ДО  $T_2$  СИСТЕМА  
БУДЕТ МОНОВАРИАНТНОЙ ( $C = 2 - 2 + 1 = 1$ ).



Рисунок 15 - Диаграмма состояния 2 рода

сплавов с неограниченной  
растворимостью компонентов в  
твердом состоянии

# ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ СПЛАВОВ, ОБРАЗУЮЩИХ ОГРАНИЧЕННЫЕ ТВЕРДЫЕ РАСТВОРЫ

ЛИНИЯ МЕН – ЛИНИЯ ЛИКВИДУС, ЛИНИЯ МДЕСН – ЛИНИЯ СОЛИДУС.

ТОЧКИ М И N – ТЕМПЕРАТУРЫ ПЛАВЛЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ А И В.

ТОЧКА Д – МАКСИМАЛЬНАЯ РАСТВОРИМОСТЬ КОМПОНЕНТОВ В В КОМПОНЕНТЕ А.

ТОЧКА С – МАКСИМАЛЬНАЯ РАСТВОРИМОСТЬ КОМПОНЕНТА А В КОМПОНЕНТЕ В.

ТОЧКА Е – ЭВТЕКТИЧЕСКАЯ ТОЧКА. ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ ЖИДКОГО СПЛАВА ЭТОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ДО ТЕМПЕРАТУРЫ  $T_1$  ПРОИСХОДИТ ОДНОВРЕМЕННАЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ  $\alpha$  И  $\beta$  С ОБРАЗОВАНИЕМ ЭВТЕКТИКИ, СОСТОЯЩЕЙ ИЗ КРИСТАЛЛОВ  $\alpha$  И  $\beta$ .

СОГЛАСНО ПРАВИЛУ ФАЗ ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ  $T_1$  ДО ПОЛНОГО ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ЭВТЕКТИЧЕСКОГО СПЛАВА СИСТЕМА БУДЕТ НОНВАРИАНТНОЙ

$$(C = 2 - 3 + 1 = 0).$$

ПРИ МЕДЛЕННОМ ОХЛАЖДЕНИИ ТВЕРДОГО РАСТВОРА  $\alpha$  ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ  $T_1$  ДО КОМНАТНОЙ В СВЯЗИ С УМЕНЬШЕНИЕМ РАСТВОРИМОСТИ ИЗ НЕГО БУДУТ ВЫДЕЛЯТЬСЯ СУБМИКРОСКОПИЧЕСКИЕ КРИСТАЛЛЫ ТВЕРДОГО РАСТВОРА  $\beta$  (ВТОРИЧНЫЕ).

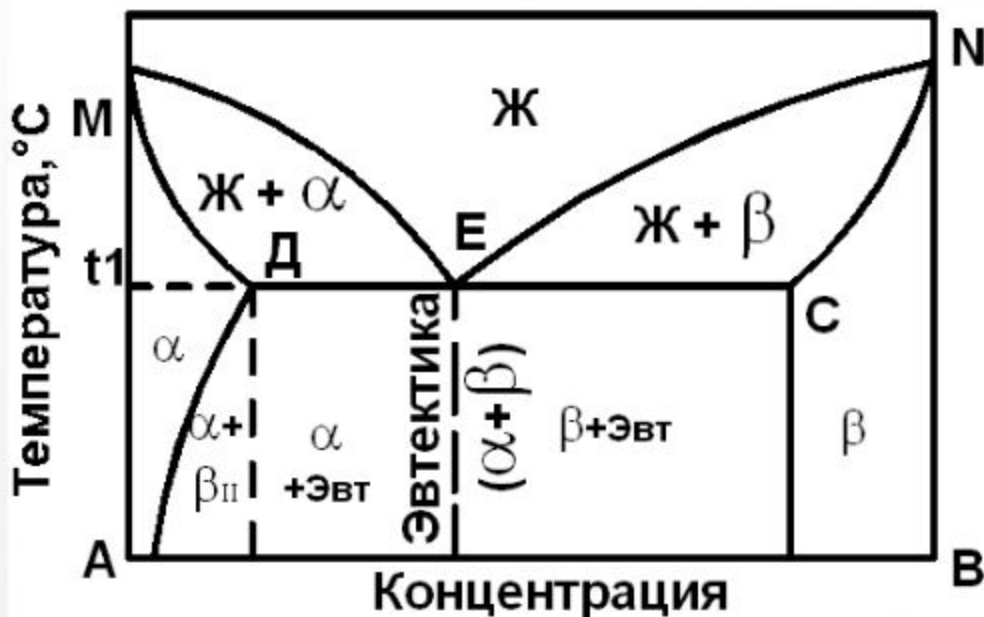


Рисунок 16 - Диаграмма состояния 3 рода сплавов - с ограниченной растворимостью в твердом состоянии

# ЛЕКЦИЯ №3

## ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗУГЛЕРОДИСТЫХ СПЛАВОВ.

---



# железоуглеродистые сплавы

Диаграмма состояния железо – углерод дает основное представление о строении – сталей и чугунов.

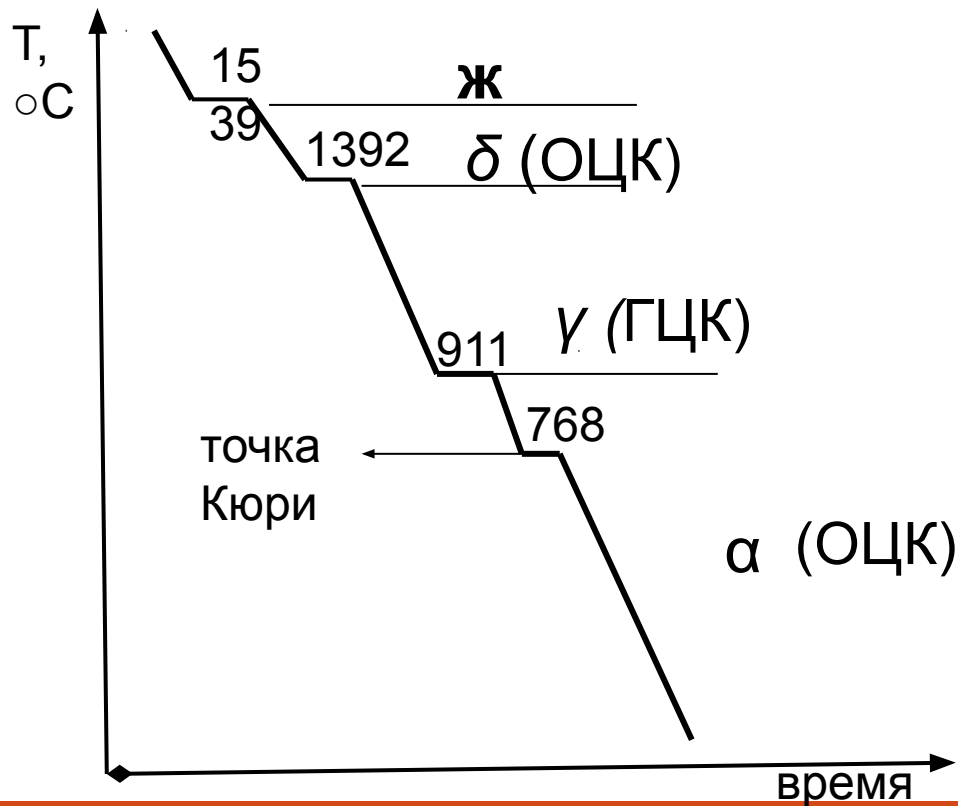
---

Стали содержат  $C < 2,14\%$ , а чугун  $2,14-6,67\%$  углерода.

Железо образует с углеродом химическое соединение – **цементит**  $Fe_3C$ . Устойчивое химическое соединение, которое рассматривают как компонент на диаграмме состояния. Это оправдано еще и тем, что на практике применяют металлические сплавы с содержанием углерода не более  $5\%$ .

# Свойства и строение железа

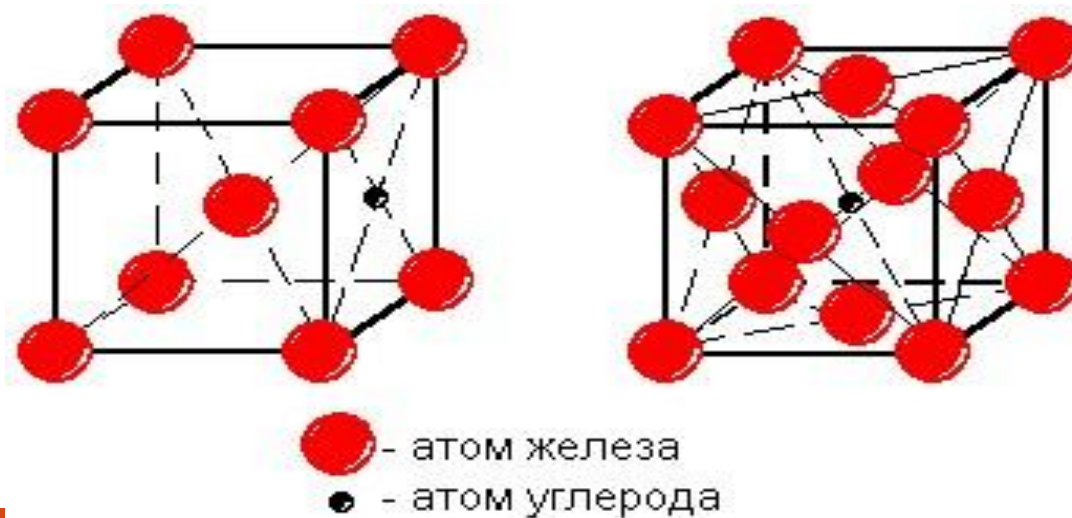
**Железо** – Fe:  $T_{пл} = 1539^\circ \text{C}$ ; металл обладает невысокой твердостью и прочностью, но хорошей пластичностью. В твердом состоянии может находиться в двух полиморфных модификациях:  $\alpha$  ( $\delta$ -высокотемпературная модификация) - решетка ОЦК и  $\gamma$  - решетка ГЦК;



**Точка Кюри** – это критическая точка, в которой происходит магнитное превращение, т.е. железо переходит из ферромагнитного состояния в парамагнитное. Высокотемпературные модификации Fe парамагнитны, что позволяет легко обнаружить тот и другой вид решетки магнитным методом.

С углеродом железо образует растворы внедрения; твердый раствор углерода в  $\alpha$ -Fe называют **ферритом**, а в  $\gamma$ -Fe – **аустенитом**. Различают низкотемпературный - феррит с растворимостью углерода до 0,02 % и высокотемпературный - феррит с предельной растворимостью углерода 0,1 %. Твердость и механические свойства феррита близки к таковым технически чистого железа.

Аустенит парамагнитен и атом углерода в решетке - Fe располагается в центре элементарной ячейки.



**Цементит** – химическое соединение углерода с железом (**карбид железа**)  $\text{Fe}_3\text{C}$ :  $T_{\text{пл}} = 1250^\circ\text{C}$ ;

кристаллическая решетка крайне сложна (в элементарной ячейке расположено 12 атомов Fe и 4 углерода);

аллотропических превращений не испытывает  
магнитные свойства теряет при  $217^\circ\text{C}$ ;

имеет практически нулевую пластичность;

при определенных условиях распадается с образованием свободного углерода (графита);

проявляет металлические признаки: блеск, высокую электропроводность;

значительная жаропрочность.

# КОМПОНЕНТЫ И ФАЗЫ

Феррит – Предельная концентрация при нормальных условиях = 0.02%. Феррит - пластичный, мягкий.

Аустенит – Предельная растворимость углерода 2,14%. Более прочный и менее пластичный, чем феррит.

Цементит – химическое соединение  $Fe_3C$ . Структура твердая.

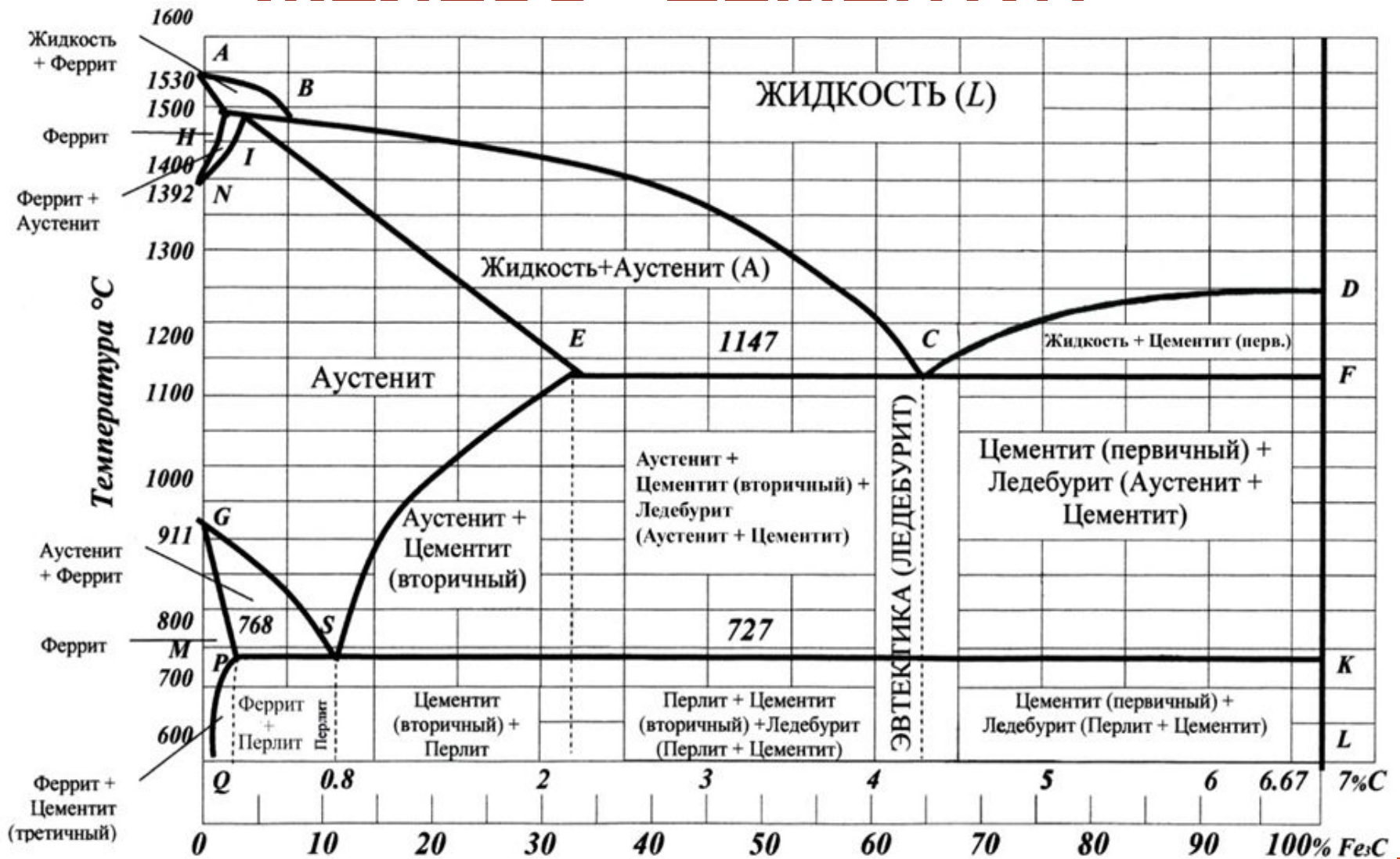
При концентрации углерода 0,8% образуется перлит, смесь пластин феррита и цементита.

При концентрации 4,3% образуется ледебурит, смесь аустенита и цементита.

т. S - эвтектоидная. Стали с содержанием углерода до 0,8 %- доэвтектоидные, с концентрацией 0,8% - эвтектоидные, больше 0,8%-заэвтектоидные.

т. С – эвтектическая.

# ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО - ЦЕМЕНТИТ



# ЛЕКЦИЯ №4

**КЛАССИФИКАЦИЯ И  
МАРКИРОВКА СТАЛЕЙ.  
ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСЕЙ НА  
СВОЙСТВА СТАЛЕЙ.  
ПРИМЕНЕНИЕ СТАЛЕЙ.**

---

# Классификация сталей

*По химическому составу:* углеродистые и легированные;

*По структуре:* доэвтектоидные, эвтектоидные и заэвтектоидные;

---

*По методу получения:* мартеновские, конверторные и электростали;

*По содержанию углерода:* низкоуглеродистые ( $C < 0,3\%$ ), среднеуглеродистые и высокоуглеродистые (более  $0,7\%$ );

*По назначению:* инструментальные, конструкционные и специальные;

*По качеству:* обыкновенные, качественные и высококачественные;

*По раскислению:* спокойные, полуспокойные и кипящие.



**Раскислением** называют последний этап выплавки стали, когда в расплав добавляют более активные, чем железо, металлы с целью восстановить его из оксида FeO.

**Спокойная сталь** – это хорошо раскисленная сталь. При выплавке в конце процесса осуществляется последовательно раскисление ее Mn, Si и Al.

**Полуспокойная сталь** раскисляется только Mn и Al. Поэтому из нее в меньшей степени удален кислород.

**Кипящая сталь** – это плохо раскисленная сталь. Раскисление в этом случае осуществляется только Mn. В стали к моменту разливки остается кислород, образующий с углеродом газообразный CO. Пузырьки CO поднимаются в жидкой стали к поверхности, создавая видимость «кипения» расплава. Они сохраняются в слитке стали при кристаллизации, ухудшая механические свойства.

Легированные стали бывают только спокойными, а углеродистые всех трех типов.

# Углеродистые стали

Основной металлический материал промышленности – углеродистая сталь.

Помимо углерода в углеродистые стали при выплавке попадают посторонние примеси:

***Технологические примеси:*** марганец, кремний и алюминий.

***Постоянные примеси:*** сера, фосфор, кислород, азот, водород.

***Случайные примеси:*** хром, никель, медь и др..

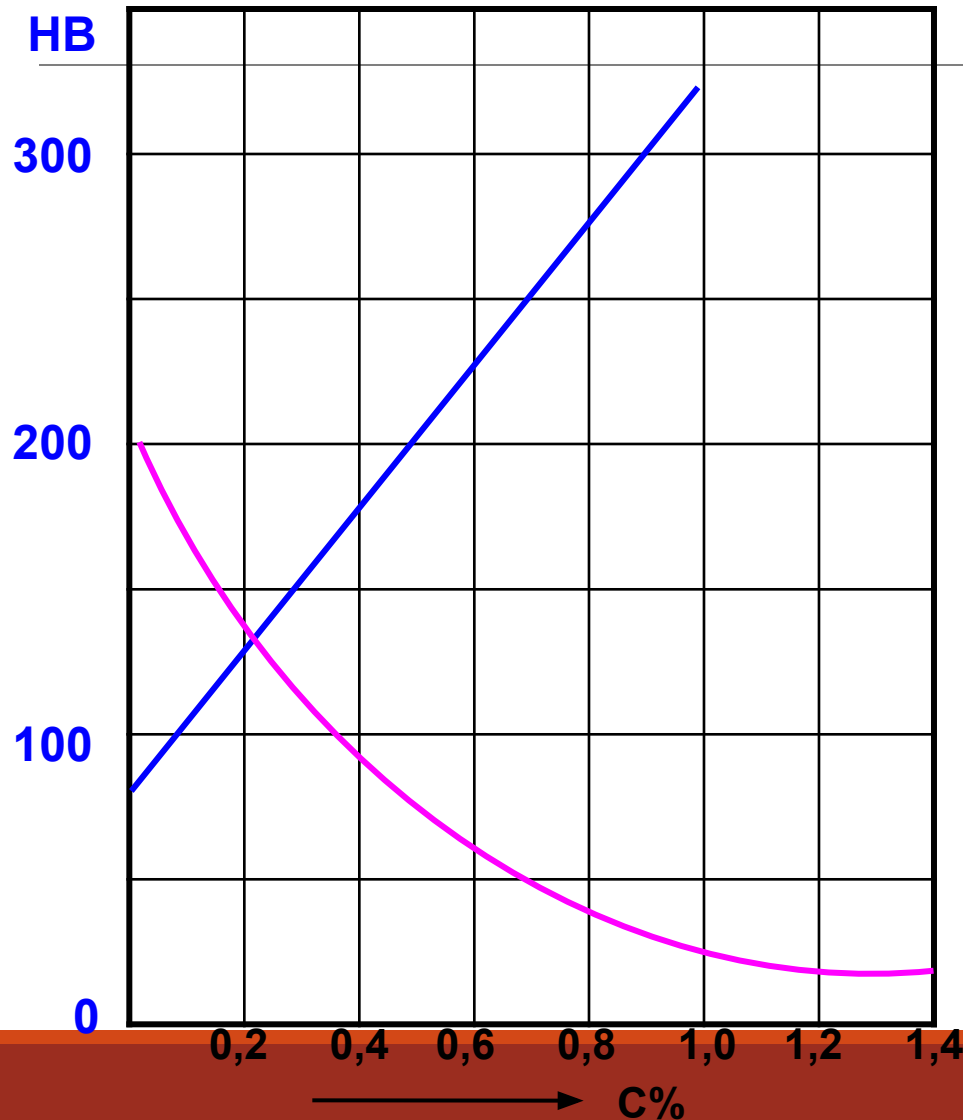
# Влияние постоянных примесей на свойства стали

**Фосфор** – вредная примесь, попадает в сталь из руды и топлива; вызывает **хладноломкость стали** (склонность к хрупкому разрушению при понижении температуры); облегчает обрабатываемость стали резанием (в сталях содержание P до 0,15%). Его удаляют в процессе выплавки стали путем изменения состава шлама.

**Сера** – попадает в сталь из руды и печных газов; вызывает явление **красноломкости стали** (охрупчивание стали при температуре красного каления  $\approx 800^\circ\text{C}$ ); облегчает обрабатываемость стали резанием (в сталях содержание серы до 0,3%). Введение в сталь Mn устраняет красноломкость:  $\text{FeS} + \text{Mn} = \text{MnS} + \text{Fe}$

**Газы** – при большом количестве  $\text{H}_2$  могут образоваться опасные **флокены** (внутренние надрывы); **кислород** и **азот** образуют неметаллические включения, которые охрупчивают сталь.

# Влияние углерода на свойства сталей



**δ% HV** – твердость по Бринеллю – одна из характеристик прочности стали или сопротивления деформации.

**δ%** – относительное удлинение после разрыва – одна из характеристик пластичности стали.

**Увеличение содержания С приводит к повышению прочности и снижению пластичности стали.**

## маркировка раскисленных групп углеродистых сталей обыкновенного качества

**Группа А** – с гарантируемыми механическими свойствами (сталь не подвергается горячей обработке у потребителя): маркируется буквами Ст и цифрами от 1-7, являющимися порядковым номером. Например, **Ст 3**.

**Группа Б** – с гарантируемым химическим составом (подвергается горячей обработке у потребителя): маркируется аналогично группе А, но с дополнительными буквами М, К, Б, что характеризует способ производства – мартеновский, конверторный, бессемеровский. Например, **МСт3, БСт4, КСт5**.

**Группа В** – с гарантируемыми механическими свойствами и химическим составом (подвергается сварке у потребителя) маркируется с буквой В. Например, **ВСт5**.

# Конструкционная углеродистые стали обыкновенного качества

Химический состав:

---

Марка стали	C%	S≤	P≤
Ст1	0,06-0,12	0,045	0,055
Ст2	0,09-0,15	0,045	0,055
Ст3	0,14-0,22	0,045	0,055
Ст4	0,18-0,27	0,045	0,055
Ст5	0,28-0,37	0,045	0,055
Ст6	0,38-0,49	0,045	0,055
Ст7	0,50-0,62	0,045	0,055

# конструкционные углеродистые качественные стали

- Цифры в обозначении марки качественной стали показывают содержание углерода в сотых долях процента.

## Химический состав, %

Марка стали	C	Mn	Si	P ≤	S ≤	Cr ≤	Ni ≤	Cu ≤	As ≤
ВСт5сп	0,28-0,37	0,50-0,80	0,15-0,35	0,04	0,05	0,3	0,3	0,3	0,08
Сталь 30	0,27-0,35	0,50-0,80	0,17-0,37	0,035	0,04	0,25	0,25	0,25	0,08



# Углеродистые инструментальные стали

- Цифра в марке – показывает содержание **С** в десятых долях %
- Для обозначения высокого качества стали в конце марки ставят букву **А**.

Марка стали	C%	Mn%	Si%	S% ≤	P% ≤	Cr% ≤	Ni% ≤	Cu% ≤
<b>У7А</b>	0,66-0,73	0,17-0,28	0,17-0,33	<b>0,018</b>	<b>0,025</b>	0,20	0,20	0,20
<b>У7</b>	0,66-0,73	0,17-0,38	0,17-0,33	<b>0,028</b>	<b>0,030</b>	0,20	0,25	0,25

**Применение:** инструмент, который работает в условиях не вызывающих разогрев рабочей кромки – зубила, молотки, ножницы по металлу... (**У7**); фрезы, пилы продольные и дисковые, отвертки, стамески...(**У8**).

# Конструкционные легированные стали

## Система маркировки по ГОСТу

1. Первые цифры в обозначении показывают среднее содержание углерода **в сотых долях процента**.
2. Каждый легирующий элемент обозначается буквой.

Элемент	Условное обозначение		Элемент	Условное обозначение	
	в таблице Менделеева	в марке стали		в таблице Менделеева	в марке стали
Марганец	Mn	Г	Титан	Ti	Т
Кремний	Si	С	Ниобий	Nb	Б
Хром	Cr	Х	Ванадий	V	Ф
Никель	Ni	Н	Кобальт	Co	К
Молибден	Mo	М	Медь	Cu	Д
Вольфрам	W	В	Бор	B	Р
Селен	Se	Е	Азот	N	А
Алюминий	Al	Ю	Цирконий	Zr	Ц

1. Цифры, идущие после буквы, указывают на примерное содержание данного легирующего элемента **в процентах** (при содержании элемента менее 1% цифра отсутствует).
2. Буква **А** в конце марки стали показывает, что в ней ограничено содержание **серы** и **фосфора**, а в середине марки – азот;
3. Буква **Л** в конце марки стали – литейная сталь (точнее - улучшенные литейные свойства).



4. Примеры: 30ХМА; 10ГН2МФА; 20Х2Н4; 30ГСЛ и т. д.

# Лекция №5

**ЧУГУНЫ.**

**ВИДЫ, СВОЙСТВА И  
СТРУКТУРА.**

---

**ПРАВИЛА  
МАРКИРОВКИ.**



# Свойства чугуна

- Чугун **менее прочен и более хрупок**, чем сталь, но дешевле стали и хорошо отливается в формы. Поэтому чугун широко используют для изготовления литых деталей.
- Углерод в чугуне может содержаться в виде **цементита ( $Fe_3C$ )** или **графита**.
- Цементит имеет светлый цвет, обладает большой твердостью и трудно поддается механической обработке. Графит, наоборот, темного цвета и достаточно мягок.
- В зависимости от того, какая форма углерода преобладает в структуре, различают два основных вида чугуна: **белый и серый**.

# Белые чугуны

**Белый чугун** – название получил по матово-белому цвету излома;

---

весь углерод находится в форме цементита;

высокая твердость и износостойкость, хрупкость, практически не поддается обработке режущим инструментом;

марки: ИЧХ3, ИЧХ5, ИЧХ15... (износостойкий хромистый чугун с содержанием хрома 3%, 5%, 15% соответственно...);

применение: детали, работающие в условиях интенсивного износа без ударных нагрузок (например, линейки направляющих, детали шаровых мельниц).

# Серые чугуны

Обладает хорошими литейными свойствами. В структуре присутствует графит, количество, форма и размеры которого изменяются в широких пределах.

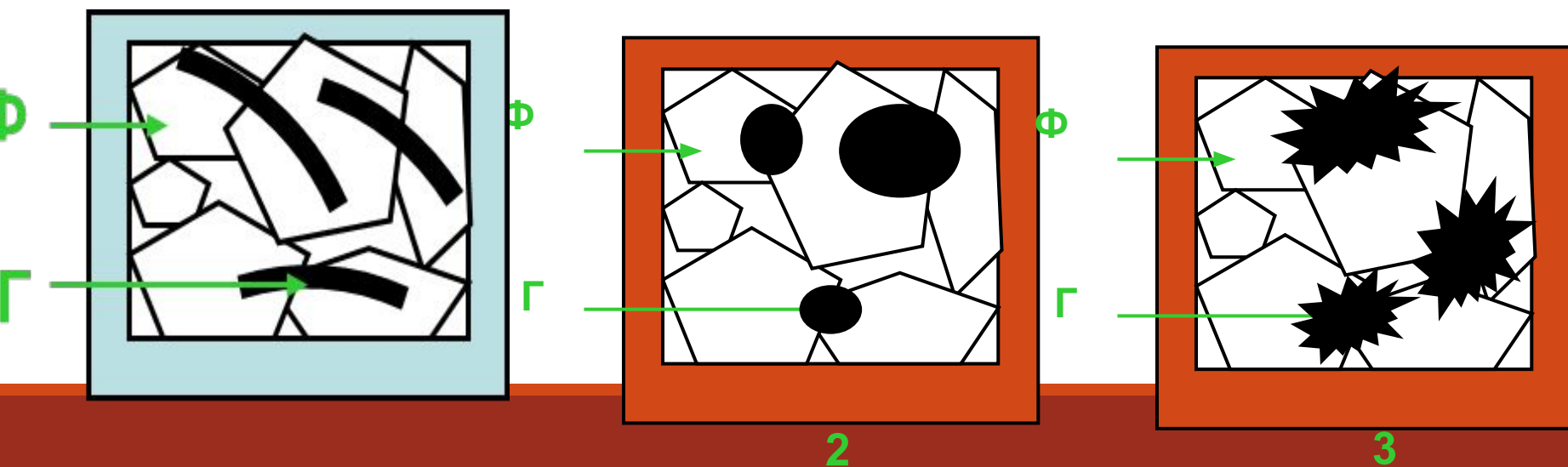
По строению металлической основы серые чугуны разделяют на: **перлитный** (0,8% С в виде цементита), **ферритно-перлитный** (менее 0,8 % в виде цементита) и **ферритный** (весь С в виде графита).



В **обычном сером чугуна** графит имеет пластинчатую форму (1).

В **высокопрочном сером чугуна** графит находится в форме шаровидного графита, который принимает такую форму благодаря присадке-модификатору магния в количестве 0,02-0,08% (2).

В **ковком сером чугуна** углерод находится в форме хлопьевидного графита (3), который образуется в процессе отжига белого чугуна.



# Марки серых чугунов

Вид чугуна	Примеры маркировки	Свойства
Обычный серый	СЧ12-28 СЧ18-36	$\sigma_B = 12 \text{ кгс/мм}^2 = 120 \text{ МПа}$ $\sigma_{\text{и}} = 28 \text{ кгс/мм}^2 = 280 \text{ МПа}$ $\sigma_B = 18 \text{ кгс/мм}^2;$ $\sigma_{\text{и}} = 36 \text{ кгс/мм}^2$
Высокопрочный чугун	ВЧ50-1,5 ВЧ45-5	$\sigma_B = 50 \text{ кгс/мм}^2 = 500 \text{ МПа}$ $\delta\% = 1,5\%$ $\sigma_B = 45 \text{ кгс/мм}^2; \delta\% = 5\%$
Ковкий чугун	КЧ35-10	$\sigma_B = 35 \text{ кгс/мм}^2 = 350 \text{ МПа}$ $\delta\% = 10\%$

$\sigma_B$  - предел прочности при растяжении;  $\delta\%$  - относительное удлинение после разрыва;  $\sigma_{\text{и}}$  - предел прочности при изгибе.

# Примеси

- ◆ Марганец - повышает твердость чугуна.
- ◆ Кремний – повышает прочность и вязкость чугуна, улучшает литейные свойства.
- ◆ Сера – понижает прочность, ухудшает литейные свойства чугуна.
- ◆ Фосфор – повышает хрупкость.



# Марки стали и чугуна

---

№№	
1	МСтЗсп
2	30ХГСА
3	15Х17АТ4
4	СЧ15
5	КЧ30-6

# Расшифровка

1	МСтЗсп	Углеродистая сталь обыкновенного качества спокойная полученная мартеновским способом 3 состава
2	30ХГСА	Сталь легированная конструкционная с содержанием С=0,3%, Cr, Mn, Si менее 1% высококачественная
3	15Х17АТ4	Сталь легированная конструкционная с содержанием С=0,15%, Cr=17%, N менее 1%, Ti=4%
4	СЧ15	Серый чугун с сопротивлением при растяжении 150 кгс/см <sup>2</sup>
5	КЧ30-6	Ковкий серый чугун с пределом прочности 30 кгс/см <sup>2</sup> и относительным удлинением после разрыва 6%

# Лекция №6

**ОБЩИЕ  
ХАРАКТЕРИСТИКИ  
СВОЙСТВ МЕТАЛЛОВ.**

**МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЯ  
МЕТАЛЛОВ И  
СПЛАВОВ.**

# Свойства металлических материалов

Аспекты выбора материалов для изготовления деталей машин и механизмов:

- 1. Механические (конструкционные) свойства материалов** – прочность, упругость, пластичность, ударную вязкость, твердость и выносливость.
- 2. Технологические свойства материалов.** Это часть общих физико-химических свойств, по которым на основании практического опыта проектируют и реализуют процесс получения деталей машин с наилучшими служебными свойствами. К числу важнейших относятся: свариваемость, паяемость, упрочняемость, обрабатываемость резанием, литейные свойства и технологическая деформируемость.
- 3. Экономические параметры,** связанные с затратами при изготовлении деталей.

# Механические свойства материалов

Детали должны выдерживать различные нагрузки: статические, динамические, циклические и др.

---

Способность материала в конструкции сопротивляться внешним воздействиям, т.е. свойства материала, **принято оценивать механическими характеристиками**. Один и тот же материал при различных внешних условиях (температура, скорость нагружения и т.д.) может иметь различные механические свойства.

Количественная оценка механических свойств материалов производится путем испытаний образцов в специальных испытательных машинах при определенных условиях.

Нагрузка вызывает в твердом теле **напряжение** и **деформацию**.



к единице площади поперечного сечения  
испытуемого образца (А).

**Деформация** – изменение формы и размеров твердого тела под влиянием приложенных внешних сил. Деформация может быть **упругой**, исчезающей после снятия нагрузки, и **пластической**, остающейся после снятия нагрузки.

**Пластичность** – свойство твердых тел, не разрушаясь, необратимо изменять свои внешние формы (пластически течь) под действием внешних сил или внутренних напряжений.

- Чем больше в металле плоскостей и направлений скольжения, тем выше его способность к пластической деформации. Металлы, имеющие кристаллическую решетку ОЦК и ГЦК пластичны.

---

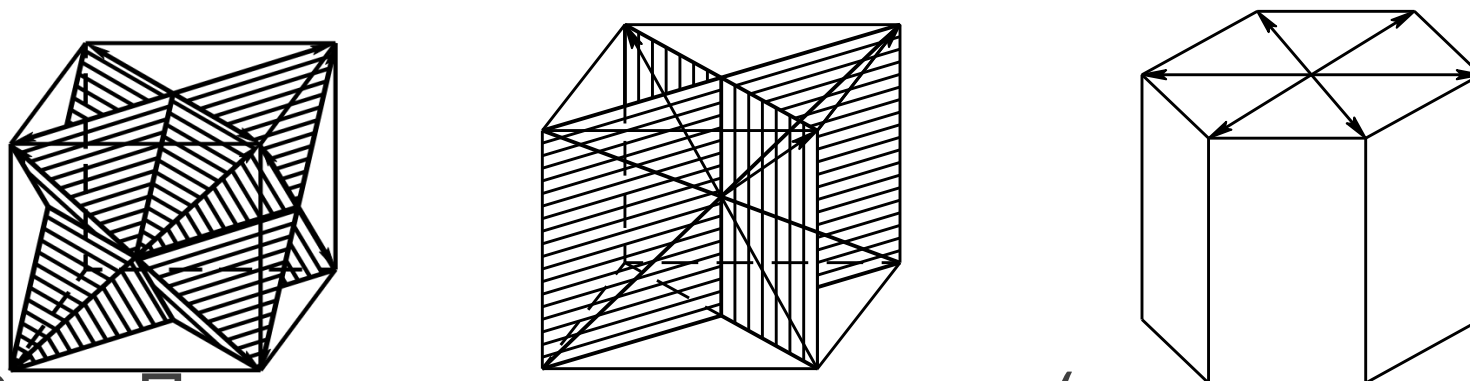


Рис. Плоскости и направления (заштрихованные) скольжения в решетке: а – ГЦК; б – ОЦК; в – ГПУ.  
**Скольжение** – последовательное перемещение одной части кристалла по отношению к другой в результате перемещения уже имеющих в кристалле дислокаций или только возникающих.

# Виды деформации

РАЗЛИЧАЮТ ДВА ВИДА ДЕФОРМАЦИИ:  
**ВНУТРИКРИСТАЛЛИТНУЮ** (ПО ЗЕРНУ) И  
**МЕЖКРИСТАЛЛИТНУЮ** (ПО ГРАНИЦАМ ЗЕРЕН).

- ВНУТРИКРИСТАЛЛИТНАЯ ДЕФОРМАЦИЯ  
ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ ПУТЕМ СДВИГА, СКОЛЬЖЕНИЯ, КАК В  
МОНОКРИСТАЛЛЕ.

- МЕЖКРИСТАЛЛИТНАЯ ДЕФОРМАЦИЯ ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ  
ПУТЕМ ПОВОРОТА, ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ОДНИХ ЗЕРЕН  
ОТНОСИТЕЛЬНО ДРУГИХ.

ОБА ВИДА ДЕФОРМАЦИИ ПРОТЕКАЮТ ОДНОВРЕМЕННО.

ПРИ БОЛЬШОЙ ДЕФОРМАЦИИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРОЦЕССОВ  
СКОЛЬЖЕНИЯ ЗЕРНА МЕНЯЮТ СВОЮ ФОРМУ,  
ВЫТЯГИВАЮТСЯ В НАПРАВЛЕНИИ ГЛАВНОЙ ДЕФОРМАЦИИ  
И ОБРАЗУЮТ ВОЛОКНИСТУЮ ИЛИ СЛОИСТУЮ СТРУКТУРУ,  
КОТОРУЮ НАЗЫВАЮТ **ТЕКСТУРОЙ**, ПРИВОДЯЩЕЙ К  
АНИЗОТРОПИИ СВОИСТВ МЕТАЛЛА.

МЕТАЛЛЫ С ГЦК - РЕШЕТКОЙ УПРОЧНЯЮТСЯ СИЛЬНЕЕ,  
ЧЕМ С ОЦК- РЕШЕТКОЙ.

# Методы испытания металлов и сплавов

ОБРАЗЦЫ ИЗ ИССЛЕДУЕМОГО МАТЕРИАЛА ПОДВЕРГАЮТ **СТАТИЧЕСКИМ** И **ДИНАМИЧЕСКИМ** ИСПЫТАНИЯМ.

СТАТИЧЕСКИМИ НАЗЫВАЮТСЯ ИСПЫТАНИЯ, ПРИ КОТОРЫХ ПРИЛАГАЕМАЯ К ОБРАЗЦУ НАГРУЗКА ВОЗРАСТАЕТ МЕДЛЕННО И ПЛАВНО.

---

К СТАТИЧЕСКИМ ИСПЫТАНИЯМ ОТНОСЯТ ИСПЫТАНИЕ НА РАСТЯЖЕНИЕ, СЖАТИЕ, КРУЧЕНИЕ, ИЗГИБ, А ТАКЖЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ.

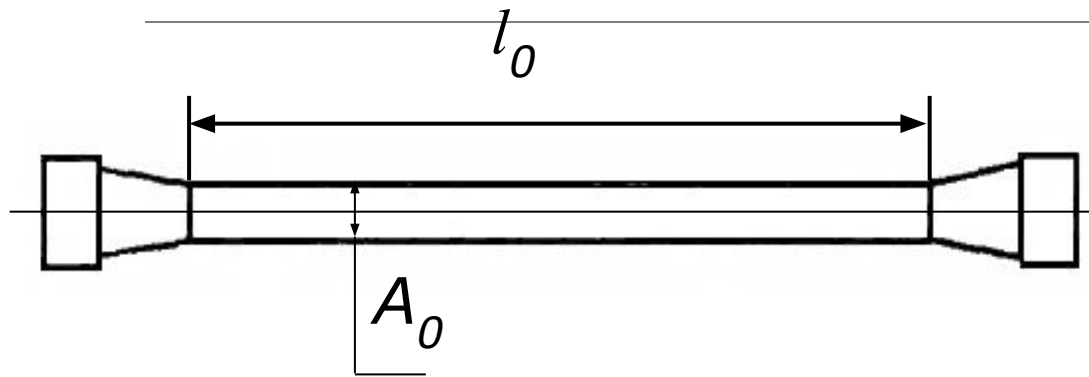
# Испытание на растяжение.

Испытание проводится на специальных разрывных машинах.



# Испытание на растяжение

Образец для испытаний



Относительное

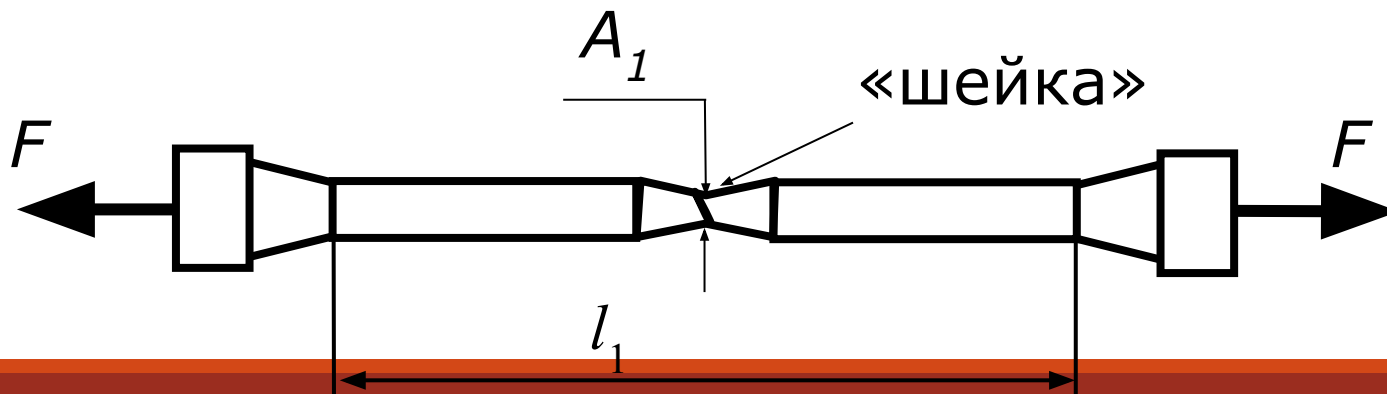
- удлинение

$$\delta = \frac{\Delta_1 - \Delta_0}{\Delta_0} \cdot 100\%$$

- сужение

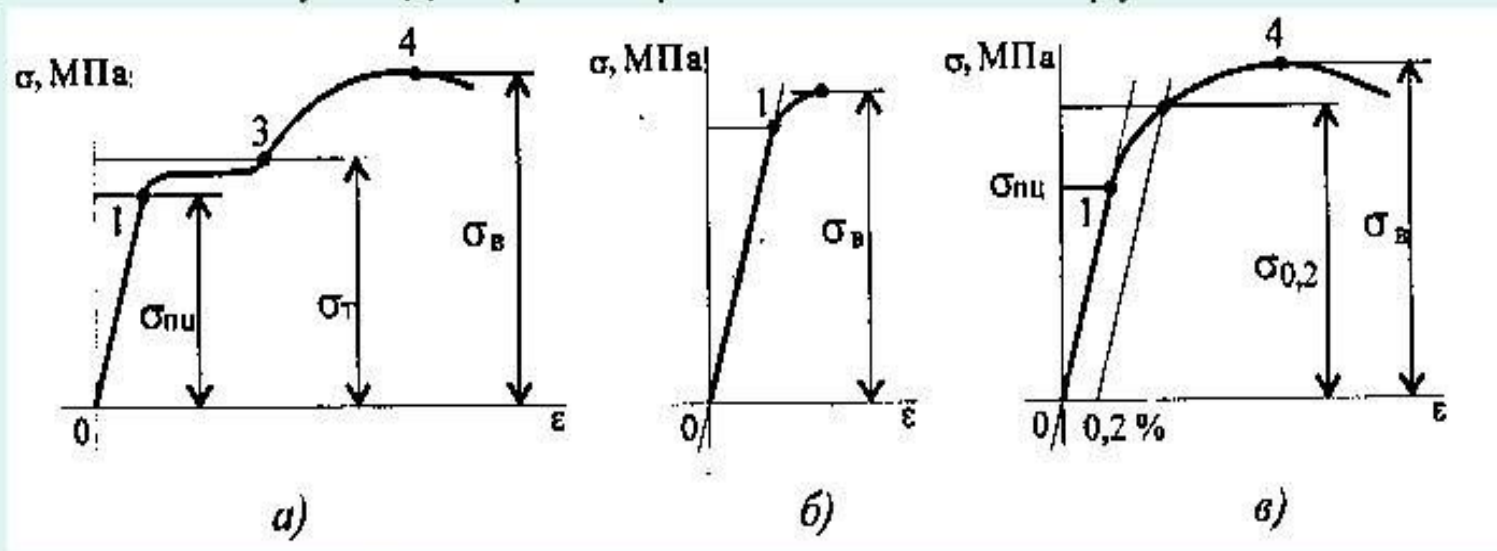
$$\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \cdot 100\%$$

Разрушение образца из  
пластичного материала



## Виды диаграмм растяжения

Различные материалы по-разному ведут себя под нагрузкой, характер деформаций и разрушения зависит от типа материалов. Принято делить материалы по типу их диаграмм растяжения на 3 группы :

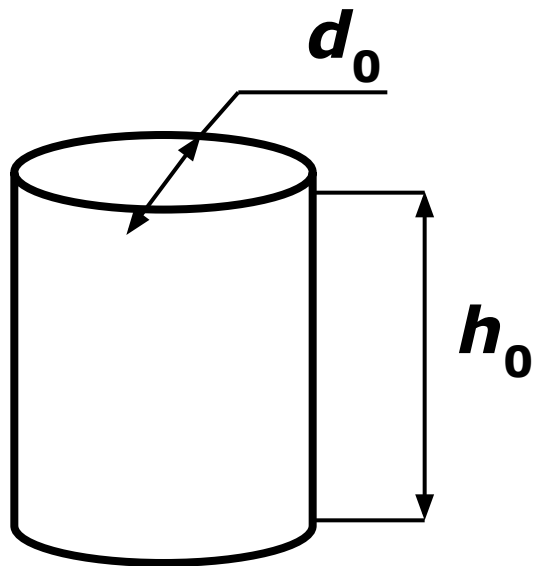


- **пластичные материалы**, эти материалы *имеют* на диаграмме растяжения *площадку текучести*
- **хрупкие материалы**, эти материалы мало деформируются, разрушаются по «хрупкому типу». На диаграмме *нет площадки текучести*
- **пластично-хрупкие материалы**, материалы, *не имеющие площадки текучести*, но значительно деформирующиеся под нагрузкой. Это недопустимо при работе конструкции, поэтому их деформацию ограничивают и считают максимально возможной относительную деформацию 0,2%

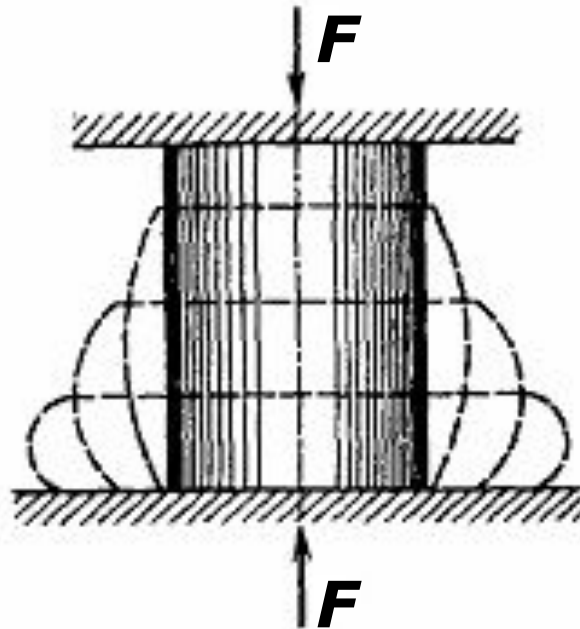


# Испытание на сжатие

Образец для  
испытаний

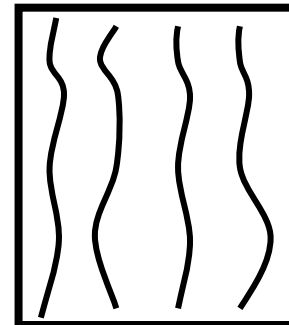


$$\frac{h_0}{d_0} = 1 \div 3$$



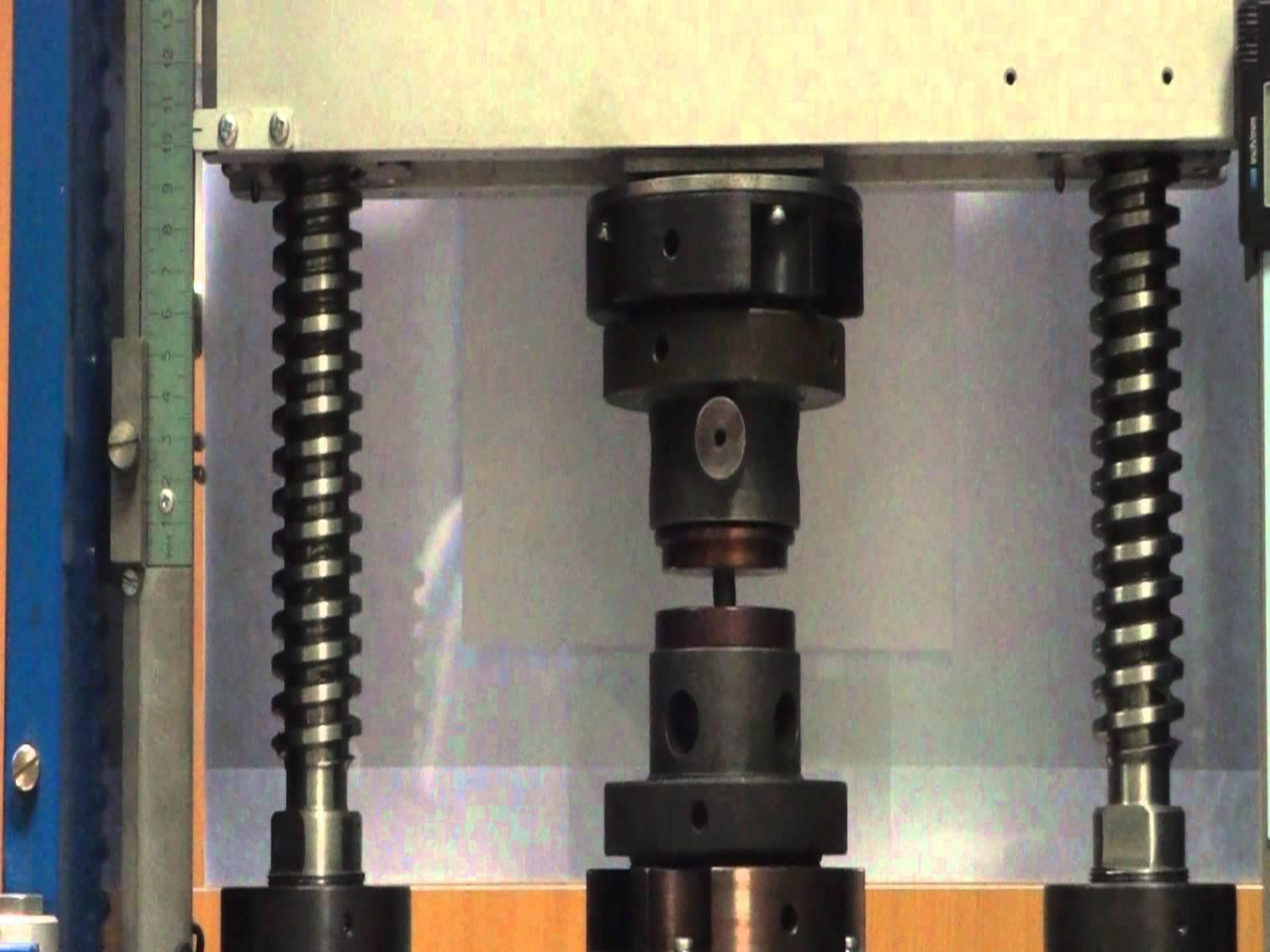
Деформация  
образца

из пластичного  
материала

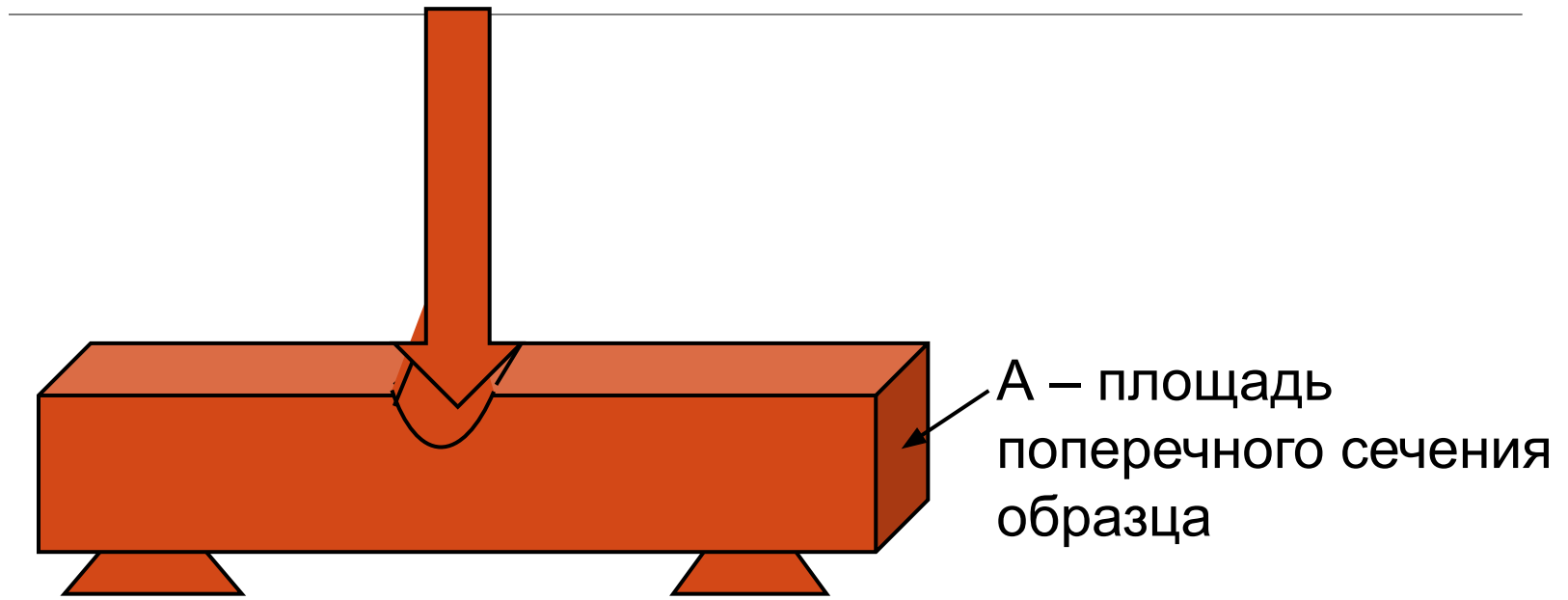


из хрупкого  
материала





# Испытания на изгиб



$\sigma_{и}$  – предел прочности при изгибе

$$\sigma_{и} = F_{кр} / A$$



# Методы определения твердости

**Твердость** – способность металла сопротивляться деформации при внедрении в него более твердого тела, которое называется **индентором**.

**Метод Бринелля:** в испытуемый материал под действием силы  $P$  внедряется шарик (индентор) диаметром  $D$ ; число твердости по Бринеллю – **HB** =  $P / S$ , где  $S$  – сферическая поверхность отпечатка с диаметром  $d$ .

**Метод Роквелла:** индентор – алмазный конус (при вершине  $120^\circ$ ); числом твердости считают величину обратную глубине вдавливания  $h$ ; прибор имеет две шкалы: **HRA** и **HRC** при вдавливании алмазного конуса с различной нагрузкой.

**Метод Виккерса:** индентор – алмазная пирамида (с углом между гранями  $136^\circ$ ); критерий числа твердости **HV** – диагональ отпечатка  $d$ .

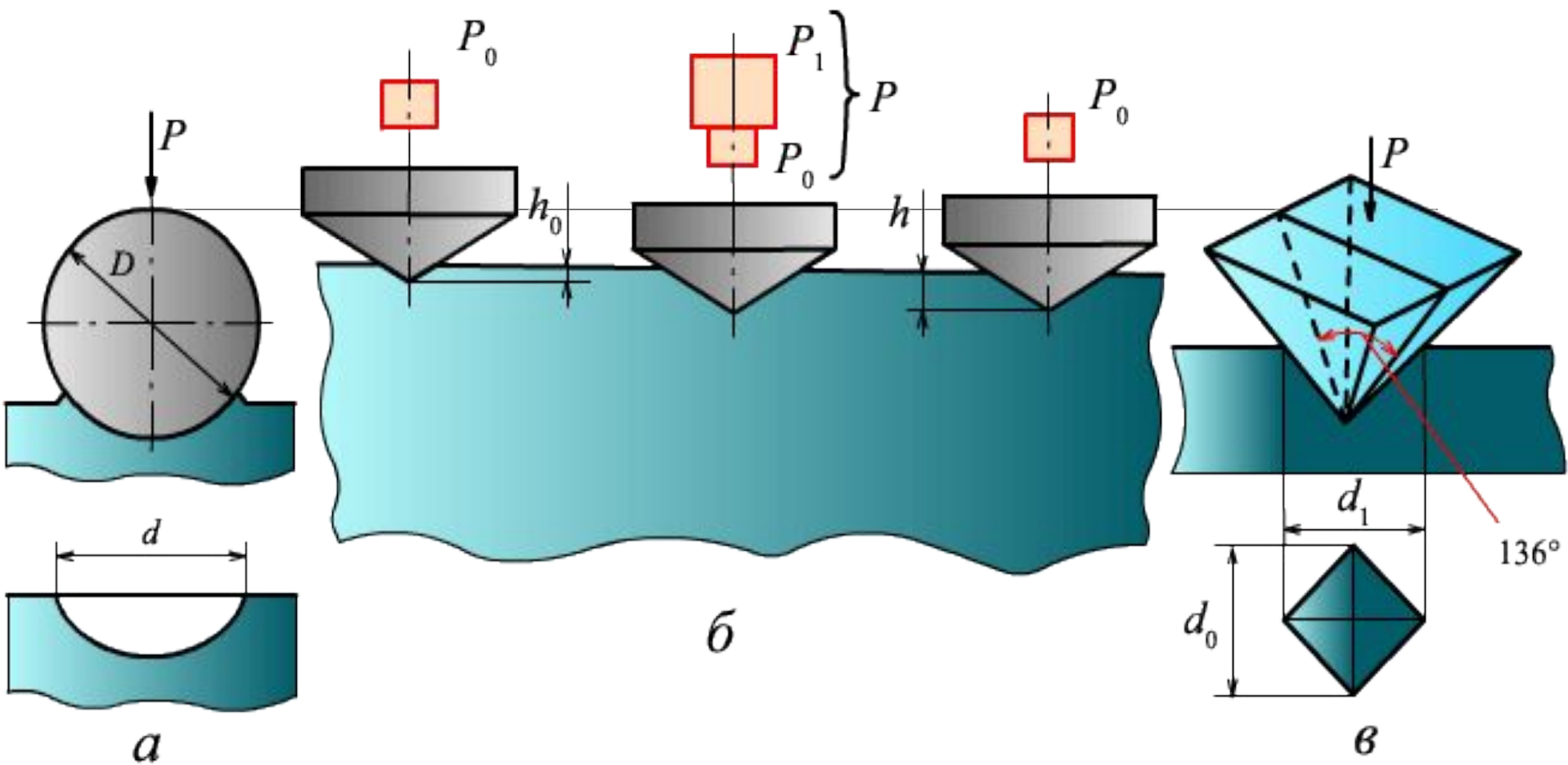


Рис. Схемы испытания на твердость:  
 а – по Бринеллю; б – по Роквеллу;  
 в – по Виккерсу

# Связь между методами

Метод **НВ** применяют для мягких материалов; **НРС** - для твердых материалов (например, закаленных сталей); методы **НВ** и **НРА** - для тонких слоев (листов).

---

Между различными методами существует примерная корреляция. По соответствующим таблицам можно перевести значение твердости, полученное одним из методов в значения твердости соответствующие другим методам.

Метод определения *микротвердости* **H** применим для определения твердости отдельных структурных составляющих на металлографическом микроскопе. Индентор – алмазная пирамида при очень небольшой нагрузке (до 100г).

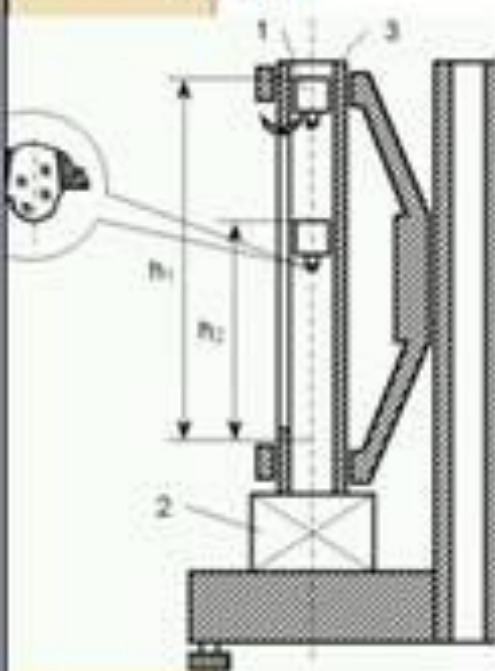
**Метод Шора** - экспресс-метод определения твердости (**HSD**) крупных изделий в условиях производства по отскоку стального шарика.



## Метод измерения твердости по Шору (метод отскока)

Метод определения твердости очень твердых материалов, преимущественно металлов, по высоте, на которую после удара отскакивает специальный боёк (осн. часть склероскопа Шора), свободно и вертикально падающий с определённой высоты. Твердость по этому методу оценивается в условных единицах, пропорциональных высоте отскокивания бойка.

Схема  
склероскопа  
Шорра



Обозначается  $HS_x$ , где  $H$  — Hardness,  $S$  — Shore и  $x$  — латинская буква, обозначающая тип шкалы, использованной при измерении. Например: 85HSD.

**Метод не дает точных показаний**, так как высота отскокивания бойка зависит не только от твердости испытуемого металла, но и от множества других причин: от толщины металла, от степени шероховатости его поверхности, внутренней структуры и т. д. Однако этот метод, вследствие его простоты и оперативности, часто применяется в заводской практике — преимущественно для быстрого контроля результатов термической обработки стальных изделий (заковки и отпуска). Он так же позволяет производить измерения прямо на готовых изделиях, крупногабаритных деталях и криволинейных поверхностях.

# Определение надежности:

Для оценки надежности материала проводят динамические испытания (испытания при высокой скорости приложения нагрузки)

## Испытание на удар:

- определяют **ударную вязкость**;
- оценивают склонность металла к хрупкому разрушению;
- **не** применяют для многих литых сплавов и цветных деформируемых сплавов
- Её определяют как удельную работу разрушения призматического образца с концентратором (надрезом) посередине одним ударом маятникового копра.

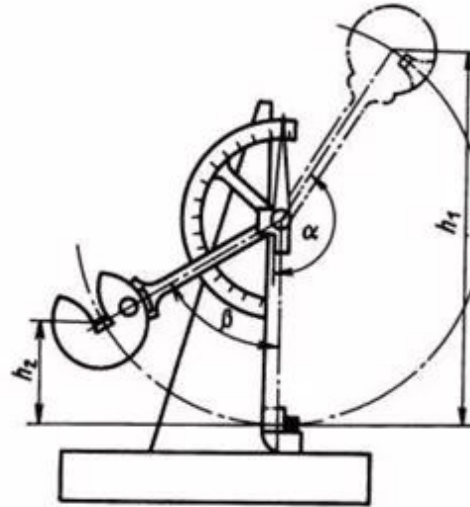


Рис. 60. Схема копра для испытания на удар

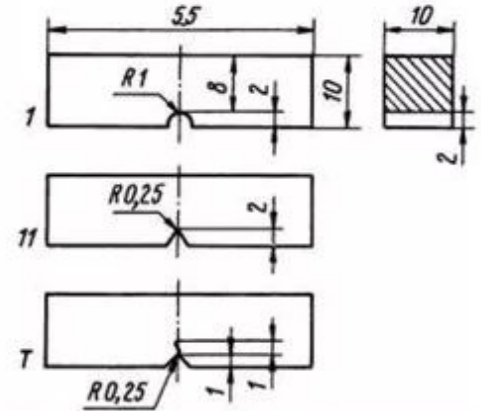


Рис. 61. Образцы для испытания на удар

Испытанием на удар при понижающейся температуре определяют **порог хладноломкости**



# Лекция №7

**ВИДЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ  
ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ.  
ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ  
И  
ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКАЯ  
ОБРАБОТКА.**

---

# Термическая обработка

Технология металлов включает в себя:

1. Металлургию – получение металла заданного состава;
2. Механическую технологию – получение из металла изделий заданной формы;
3. **Термическую обработку** – совокупность операций нагрева металла до определенной температуры, выдержки при этой температуре и охлаждения с определенной скоростью. Ее целью является придание металлу необходимых механических и физических свойств в результате изменения внутреннего строения (структуры) металла.

Параметры термической обработки:

1. Максимальная температура нагрева –  $t_{\max}$ .
2. Время выдержки сплава при температуре нагрева -  $T_{\text{в}}$ .
3. Скорость нагрева -  $V_{\text{нагр}}$ .
4. Скорость охлаждения –  $V_{\text{охл}}$ .

Обработка металла и сплава подразделяется:

- **на термическую**, которая заключается только в термическом воздействии на металл или сплав;

- **на химико-термическую** – сочетание термического и химического воздействия;

- **на термо - механическую** (или деформационно-термическую) — в сочетании термического воздействия и пластической деформации.

Термическая обработка включает следующие виды:

-отжиг **1-го и 2-го** рода;

-закалка

-отпуск

-старение.

1. **Отжиг** – термическая обработка, заключающаяся в нагреве металла до определенной температуры, выдержки и охлаждении с отключенной печью (т.е. с минимально возможной скоростью, порядка 50-100 град/час).

---

- **Отжиг I рода** – применяется для любых металлов и сплавов. Его проведение не обусловлено фазовыми превращениями в твердом состоянии. Нагрев, повышая подвижность атомов, частично или полностью устраняет химическую неоднородность, уменьшает внутренние напряжения. Основное значение имеет температура нагрева и время выдержки.

- **Отжиг II рода** – отжиг металлов и сплавов, испытывающих фазовые превращения в твердом состоянии. Отжиг второго рода проводят с целью получения равновесной структуры и подготовки ее к дальнейшей обработке.

нагревом до температур выше критических и высокими скоростями охлаждения.

- **Закалка без полиморфного превращения** применима к любым сплавам, в которых при нагревании избыточная фаза полностью или частично растворяется в основной фазе. Скорость охлаждения должна быть настолько большой, чтобы избыточная фаза не успела выделиться, это условие выполняется, если дуралюмин и медные сплавы закалывают в воде. Алюминиевые сплавы с магнием закалывают для повышения прочности; у бериллиевой бронзы же после закалки прочность оказывается ниже, а пластичность выше, чем после отжига, и закалку этой бронзы можно использовать для повышения пластичности перед холодной деформацией. Основное назначение закалки без полиморфного превращения — подготовка сплава к старению.

- **Закалка с полиморфным превращением** применима к любым металлам и сплавам, в которых при охлаждении перестраивается кристаллическая решётка.

**3. Отпуск** – термообработка, которой подвергают сплавы, главным образом стали. Основные параметры процесса — температура нагрева и время выдержки, а в некоторых случаях и скорость охлаждения (для предотвращения отпускной хрупкости).

**4. Старение** - термообработка, которая применяется к сплавам, которые были подвергнуты закалке без полиморфного превращения. Перенасыщенный твёрдый раствор в таких сплавах термодинамически неустойчив и склонен к самопроизвольному распаду.

# Сложные виды термической обработки

**Химико-термическая обработка** – нагрев сплава в соответствующих химических реагентах для изменения состава и структуры поверхностных слоев. В данном случае используется способность металлов растворять различные, окружающие их поверхность элементы, атомы которых, при повышенных температурах, могут диффундировать в металлы.

**Термомеханическая (термопластическая)** обработка – деформация и последующая термическая обработка, сохраняющая в той или иной форме результаты наклепа

# Лекция №8

СПЛАВЫ МЕДИ,  
МАГНИЯ И  
АЛЮМИНИЯ.

---



# Медь и ее сплавы

Медь представляет собой металл красного цвета с температурой плавления  $1083\text{ }^{\circ}\text{C}$ , плотностью  $8940\text{ кг/м}^3$ . Обладает высокой электропроводностью, используется как проводниковый материал. В бытовых изделиях применяют сплавы меди — латуни, бронзы и др.



# Сплавы меди

Латуни – сплавы меди с цинком до 45%.

## Свойства латуней:

Сплав обладает высокой пластичностью, которая достигает максимального значения при 30% Zn. Латуни легко поддаются пластической деформации.

Литейные свойства латуней: хорошая жидкотекучесть; склонность к образованию концентрированной усадочной раковины.

Механические свойства латуней: невысокая прочность –  $\sigma_{\text{в}} = 300 - 350$  МПа при  $\delta\% = 20\% - 40\%$ .

## Марки латуней:

Двойные (простые) латуни: Л62 (62%Cu; 38% Zn) Л68; Л70; в том числе ювелирные латуни (томпаки): Л80; Л85; Л96.

Специальные латуни (легированные) : ЛС59-1 – автоматная латунь (59%Cu; 1% Pb; 40% Zn); морская латунь – ЛО60-1 (60%Cu; 1%Sn; 39% Zn); латунь с повышенной прочностью – ЛАН59-3-2 (59%Cu; 3%Al; 2%Ni; 36%Zn).

# Сплавы меди

**Оловянистые бронзы** – сплавы меди с оловом.

## **Свойства оловянистых бронз:**

---

Бронзы, содержащие более 5% Sn обладают низкой пластичностью, их не куят и не прокатывают, а применяют в литом виде.

Высокие литейные свойства бронз определяются прежде всего малой усадкой (менее 1%) при довольно низкой жидкотекучести.

Бронзы обеспечивают высокую стойкость против истирания.

Высокая химическая стойкость.

## **Применение:**

Отливки сложной формы, в т.ч. художественное литье.

Вкладыши подшипников.

Арматура (паровая, водяная и др.)

# Сплавы меди

Сплавы меди с алюминием, кремнием, бериллием и др. элементами также называют **бронзами: алюминиевыми, кремнистыми, бериллиевыми и т. д.**

Эти бронзы не имеют такой низкой усадки как оловянистая бронза, но превосходят ее по механическим свойствам (алюминиевая, кремнистая), по химической стойкости (алюминиевая), по жидкотекучести (кремнистая), по твердости и упругости (бериллиевая).

## Марки бронз

**БрО10** 90%Cu; 10%Sn

**БрОЦСН 3-7-5-1** 84%Cu; 3%Sn; 7%Zn; 5%Pb; 1%Ni

**БрАЖН 10-4-4** 82%Cu; 10%Al; 4%Fe; 4%Ni

# Сплавы алюминия

**Алюминий** - металл серебристо-белого цвета,  $T_{пл} = 600^{\circ}\text{C}$ ,  $\rho = 2,7 \text{ г/см}^3$ . Обладает высокой электропроводимостью.

Для упрочнения Al применяют: Cu, Mn, Si, Mg и др.

Алюминиевые сплавы делят на деформируемые (листы, плиты, прутки) и литейные (фасонное литье).



Алюминиевые сплавы разделяют на деформируемые и литейные. Те и другие могут быть не упрочняемые и упрочняемые термической обработкой.

Деформируемые алюминиевые сплавы хорошо обрабатываются прокаткой, ковкой, штамповкой. Их марки приведены в ГОСТ 4784-74. К деформируемым алюминиевым сплавам, не упрочняемым термообработкой, относятся сплавы системы *Al-Mn* и *Al-Mg*: *АМц*, *АМцС*, *АМг1*, *АМг4*, *АМг5*, *АМг6*. Аббревиатура включает в себя начальные буквы входящих в состав сплава компонентов и цифры, указывающие содержание легирующего элемента в %.



К деформируемым алюминиевым сплавам, упрочняемым термической обработкой, относятся сплавы системы *Al-Cu-Mg* с добавками некоторых элементов (дуралюмины, ковочные сплавы), а также высокопрочные и жаропрочные сплавы сложного химсостава. Дуралюмины маркируются буквой “Д” и порядковым номером, а ковочные сплавы - “АК” и порядковым номером, например: *Д1*, *Д12*, *Д18*, *АК4*, *АК8*.

# Сплавы магния

**Магний**- светло-серый металл,  $T_{пл} = 651 \text{ } ^\circ\text{C}$ , с ГПУ решеткой,  $\rho = 1,74 \text{ г/см}^3$ , с хорошей пластичностью. На воздухе легко воспламеняется. Используют в пиротехнике и химической промышленности.

Используют сплавы магния с алюминием, цинком, цирконием и др.

**Деформируемые сплавы** - для изготовления штамповок, профилей, прутков и др (МА).

**Литейные сплавы** - для нагруженных деталей двигателей, кронштейнов, корпусов и др (МЛ).

После букв указывается цифра соответствующая порядковому номеру сплава.