



# Матеріалознавство

## «ОСНОВЫ ТЕОРИИ СПЛАВОВ»

**Автор: доц. Глушкова Д.Б.**  
**Lect 4\_1M\_TKMIM\_GDB\_24.02.15**

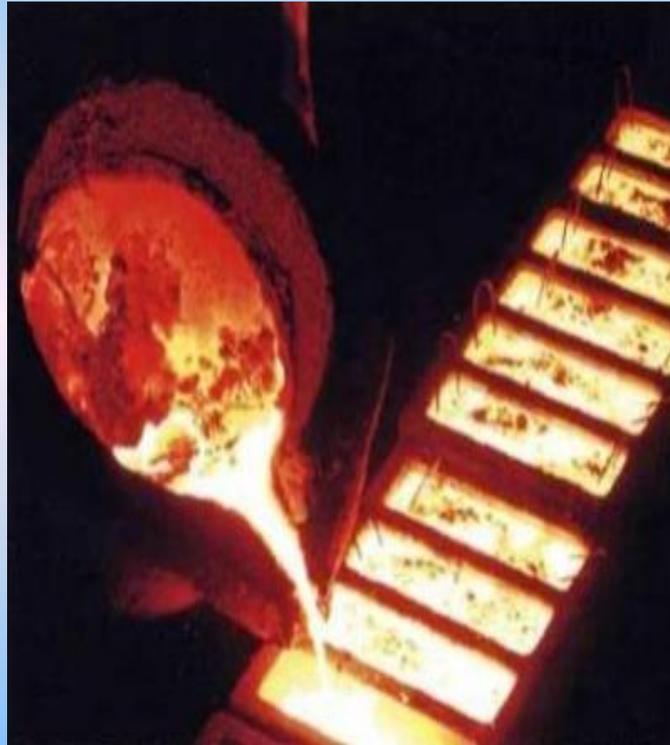
# План

1. Типы взаимодействий между компонентами
2. Диаграмма состояния для компонентов, которые образуют механическую смесь
3. Диаграмма состояния для неограниченных твердых растворов
4. Диаграмма состояния для ограниченных твердых растворов
5. Связь диаграммы со свойствами сплавов(диаграмма Курнакова)

# Типы взаимодействия между компонентами

*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.

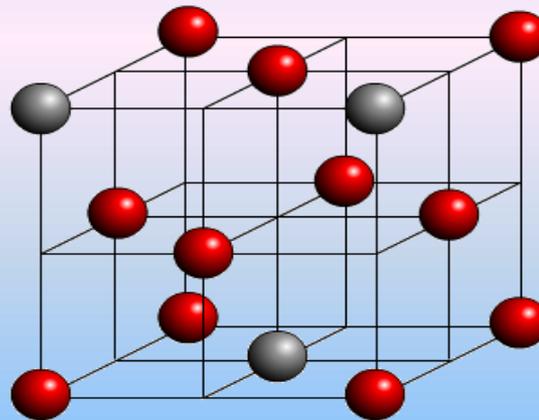
# Типы взаимодействия между компонентами

*Твёрдый раствор* – это фаза, при образовании которой все компоненты взаимно растворяются друг в друге в твёрдом состоянии, и атомы одного из них определённым образом располагаются в кристаллической решётке другого.

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

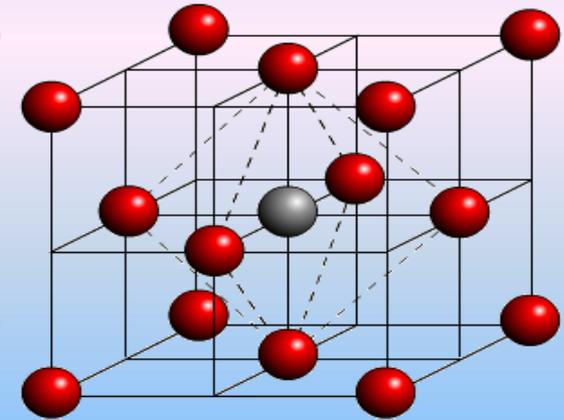
Компонент, атомы которого определённым образом располагаются в кристаллической решётке растворителя, называется *растворённым веществом*.

## ТВЕРДЫЕ РАСТВОРЫ



### Раствор замещения

Атомы растворенного компонента заменяют атомы в узлах решетки растворителя.



### Раствор внедрения

Атомы растворенного компонента располагаются в межузлиях (пустотах) кристаллической решетки растворителя.

# Типы взаимодействия между компонентами

## Твердые растворы внедрения и твердые растворы замещения

*Твёрдые растворы внедрения* образуются при взаимодействии металлов с неметаллами, имеющими малый размер атомов, – С, N, В, Н. *Твёрдые растворы замещения* образуют металлы, у которых близкие размеры атомов.

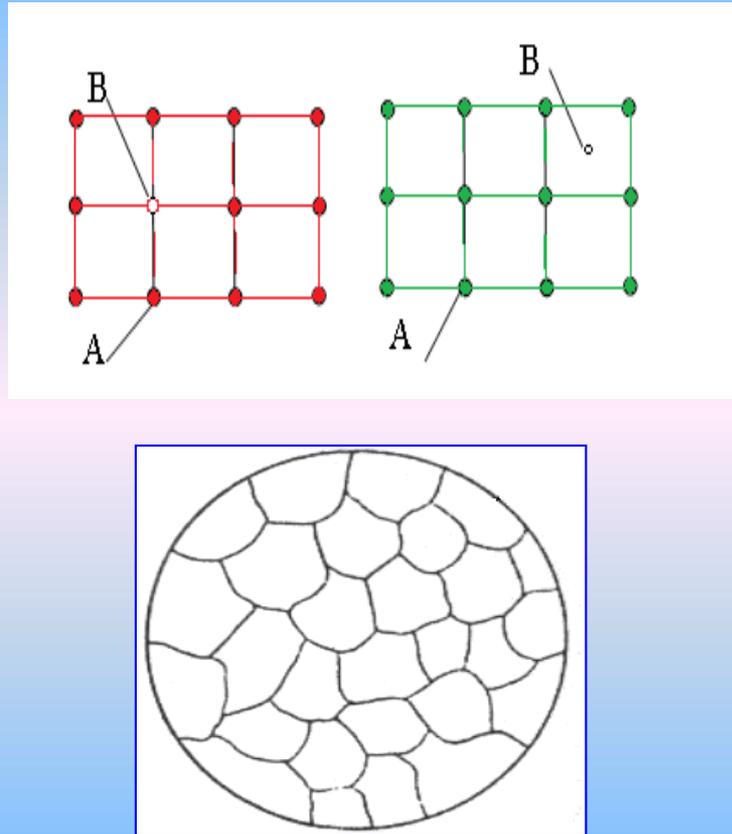


Схема изображения твёрдых растворов: А и В – компоненты сплава

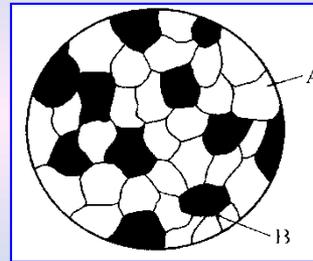
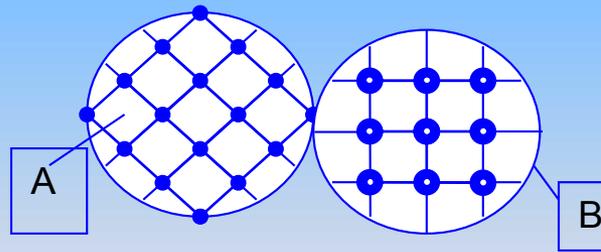
Твердые растворы с неограниченной растворимостью – это сплавы, где в одном компоненте (растворителе) может растворяться неограниченное количество растворенного вещества. В сплавах с ограниченной растворимостью в решётке растворителя может разместиться только определённое количество атомов растворенного вещества.

По количеству растворенного вещества твердые растворы делятся на твёрдые растворы *ограниченной и неограниченной растворимости*.

# Типы взаимодействия между компонентами

Химическое соединение отличается высокой твёрдостью и хрупкостью.

*Химическое соединение* – это фаза, при образовании которой атомы одного компонента при определённом количественном соотношении вступают в химическое взаимодействие с атомами другого компонента, образуя новый тип кристаллической решётки. Каждому химическому соединению соответствует определённая химическая формула.



Атомно-кристаллическое строение (а) и микроструктура (б) механической смеси

Если компоненты сплава в твёрдом состоянии не растворяются один в другом и не взаимодействуют, то образуется сплав со структурой *механической смеси*. Кристаллическую решетку и микроструктуру механической смеси можно представить следующим образом

**Как видно каждый компонент сохраняет свою кристаллическую решётку.**

# Диаграмма состояния

В реальных сплавах могут существовать все виды взаимодействия между компонентами. Для систематизации сплавов используют диаграммы состояния.

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

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



Критические точки – это температуры перехода сплава из одного фазового состояния в другое. К критическим относят температуры плавления сплава (кристаллизации), полиморфных превращений.

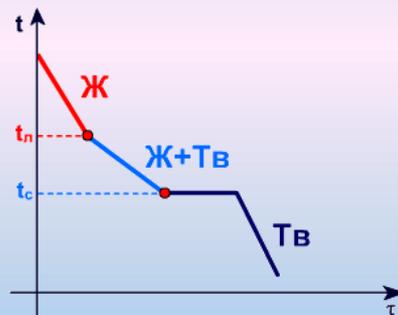
Определяют критические точки по перегибам или температурным остановкам на кривых охлаждения. Кривые охлаждения строятся в координатах температура – время. В зависимости от характера взаимодействия между компонентами кривые охлаждения имеют различный вид: а – кривая охлаждения для чистых компонентов, б – для механических смесей, в – для твердых растворов.

# Диаграмма состояния для компонентов, которые образуют механическую смесь

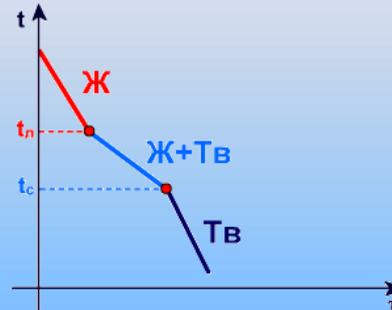
Рассмотрим подобную диаграмму на примере сплавов Pb и Sb, которые в твердом состоянии образуют механическую смесь. Для построения диаграммы состояния пользуются кривыми охлаждения сплавов Pb и Sb с разной концентрацией этих компонентов.

Геометрическое место критических точек, соответствующих началу кристаллизации, называется *линией ликвидуса*. Геометрическое место критических точек, которое соответствует окончанию кристаллизации, называется *линией солидуса*.

Кривая охлаждения механической смеси



Кривая охлаждения твердого раствора

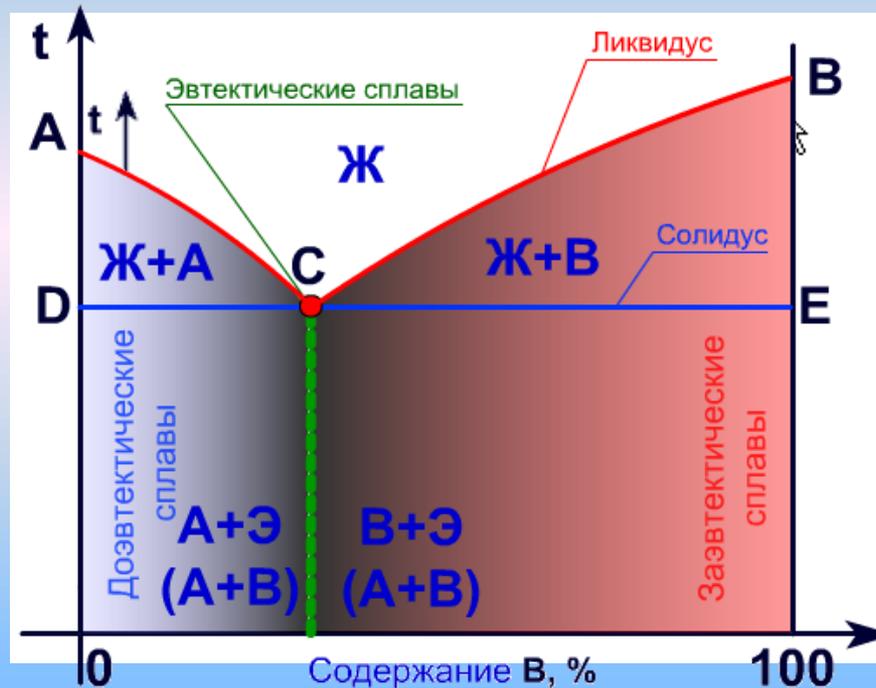


Для всех сплавов данной системы, за исключением сплава 13 % Sb и 87 % Pb, процесс кристаллизации происходит в диапазоне температур: температура начала кристаллизации разная, а температура окончания кристаллизации одинаковая и равна 242 °С.

# Диаграмма состояния для компонентов, которые образуют механическую смесь

Линия ликвидуса –  $ACD$ . Линия солидуса –  $ECF$ . Между линиями ликвидуса и солидуса – жидкий раствор (сплав в жидком состоянии) и твердая фаза.

По линии  $AC$  кристаллизуется свинец, поэтому в треугольнике  $AEC$  образуются две фазы: жидкий раствор и кристаллы  $Pb$  ( $Ж + Pb$ ). По линии  $CD$  кристаллизуется сурьма, поэтому в треугольнике  $CDF$  образуются две фазы: кристаллы  $Sb$  и жидкий раствор ( $Ж + Sb$ ).

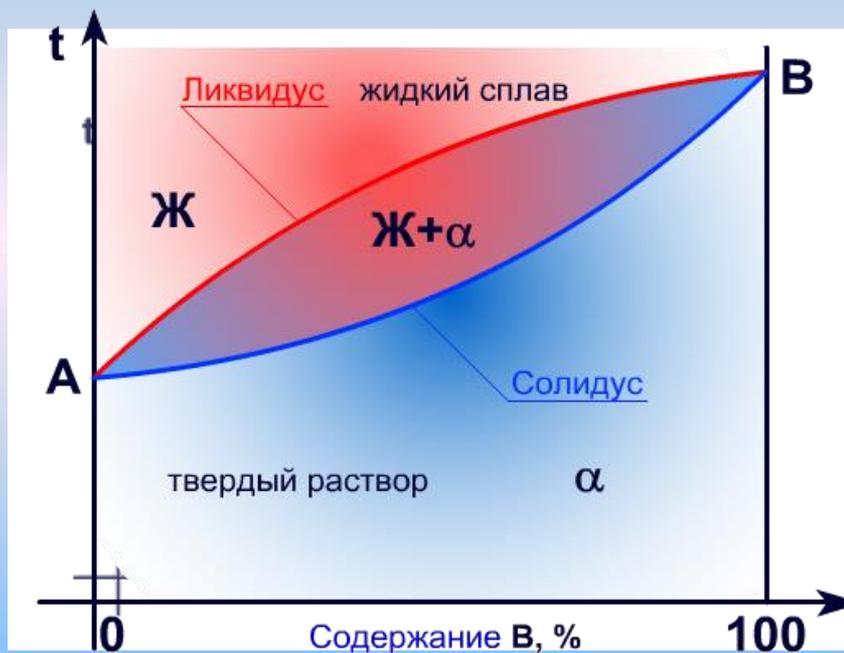


**Эвтектика (Э)** – это однородная механическая смесь двух или нескольких фаз, которые одновременно кристаллизуются из жидкого состояния при постоянной температуре, самой низкой для данной системы. Эвтектика в этом случае состоит из кристаллов  $Pb$  и кристаллов  $Sb$ .

В точке  $C$  одновременно кристаллизуются из жидкого раствора кристаллы свинца и кристаллы сурьмы. Такая смесь называется эвтектикой.

# Диаграмма состояния для неограниченных твердых растворов

Диаграмма состояния имеет вид сигары (рис. 3.5). Твердый раствор компонента  $B$  в компоненте  $A$  обозначают  $\alpha$ -твердый раствор,  $acd$  – линия ликвидуса,  $abd$  – линия солидуса.



Для сплавов такого типа характерно, что в процессе кристаллизации непрерывно изменяется состав жидкого и твердого раствора

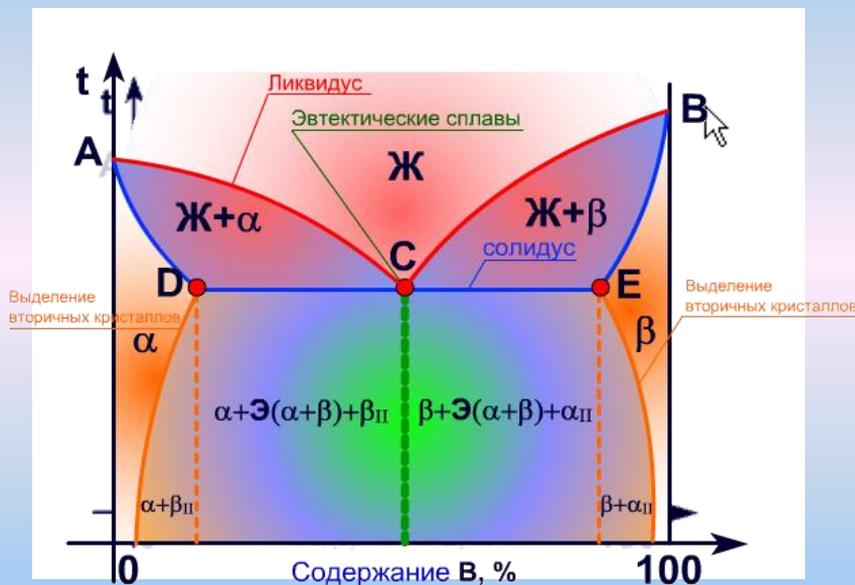
Дендритную ликвацию можно устранить гомогенизирующим отжигом, который заключается в нагреве сплава до температуры несколько ниже линии солидуса и выдержке в течение нескольких часов для прохождения диффузионных процессов.

. В результате такого явления имеет место *дендритная ликвация* – неоднородность химического состава в объёме дендрита.

# Диаграмма состояния для ограниченных твердых растворов

Твердый раствор компонента  $B$  в компоненте  $A$  обозначают  $\alpha$ .  
Твердый раствор компонента  $A$  в компоненте  $B$  – буквой  $\beta$ .

Линия ликвидуса –  $acd$ ; линия солидуса –  $aecfd$ ; эвтектическая горизонталь –  $ecf$ ; линия ограниченной растворимости компонента  $B$  в компоненте  $A$  –  $ep$ ; линия ограниченной растворимости компонента  $A$  в компоненте  $B$  –  $fq$ .



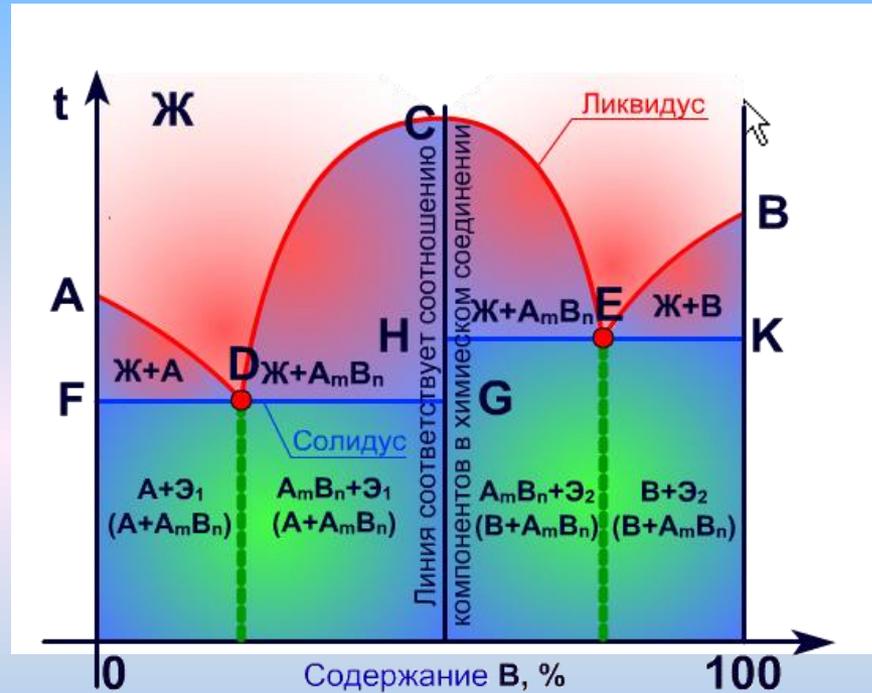
По мере понижения температуры растворимость уменьшается и избыток компонента  $B$  выделяется из  $\alpha$ -раствора в виде фазы, обогащенной этим компонентом (обозначен  $B'$ ). Аналогично по мере снижения температуры избыток компонента  $A$  выделяется из  $\beta$ -раствора в виде фазы, обогащенной этим компонентом (обозначен  $A'$ ).

Для сплавов такого типа характерна **дендритная ликвация** (неоднородность химического состава в объёме дендрита).

# Схема диаграммы состояния для сплавов, которые образуют химические соединения

Химическим соединением называется фаза, образованная компонентами, которые при определенном количественном соотношении вступают в химическую реакцию и образуют новый тип кристаллической решетки.

Химическому соединению всегда можно приписать определенную формулу:  $A_nB_m$ .



Химические соединения могут образовывать металлы с металлами (например,  $CuAl_2$ ) и металлы с неметаллами (например,  $Fe_3C$ ).  $Fe_3C$  – карбид железа или цементит.

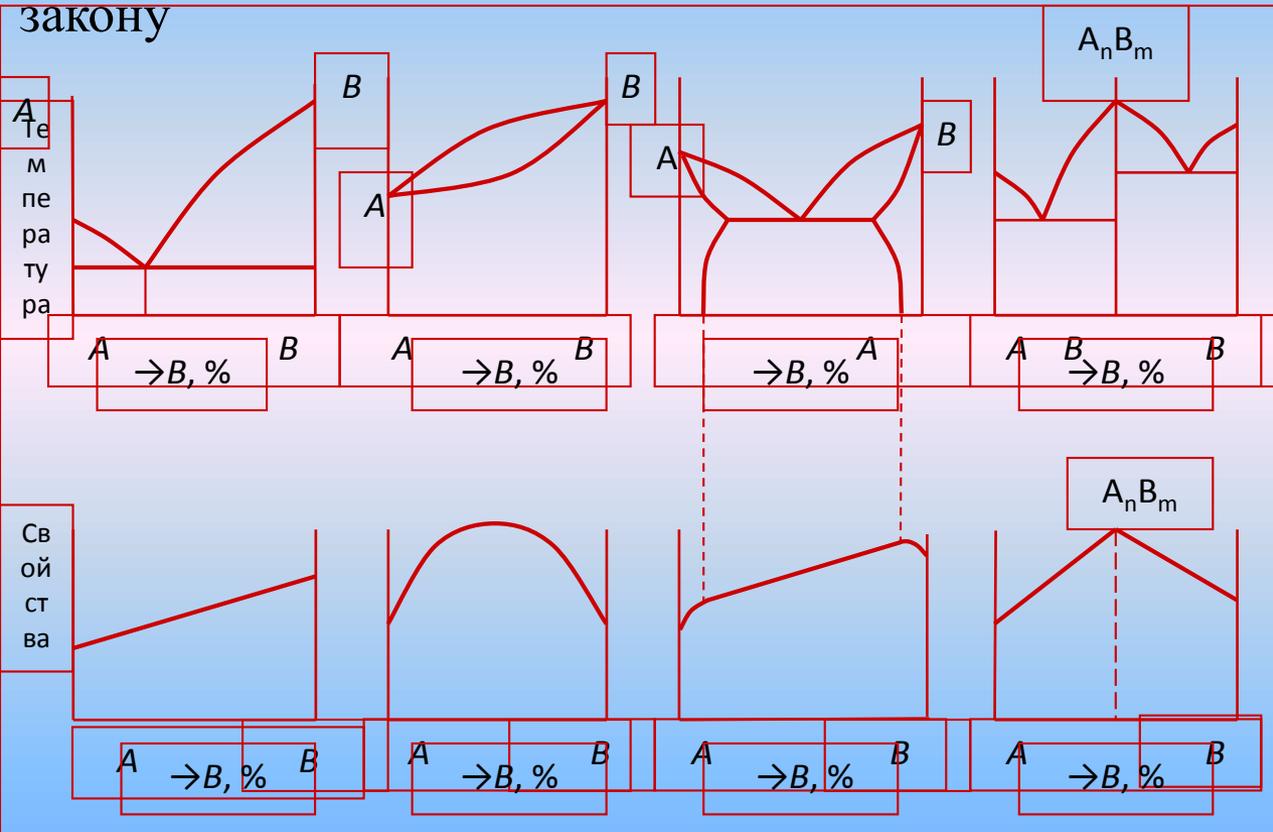
Характерной особенностью химического соединения является то, что твердость его выше твердости компонентов, из которых оно образовано.

# Связь диаграммы со свойствами (диаграммы Курнакова)

Свойства сплава зависят от того, какие соединения или какие фазы образовали компоненты.

Существует определенная связь между видом диаграммы и свойствами сплава. При получении механической смеси свойства сплава изменяются по линейному

закону



При образовании твердых растворов неограниченной растворимости свойства изменяются по криволинейной зависимости (рис.б)

При формировании ограниченных твердых растворов — по криволинейному и линейному законам (рис.в)

При образовании химического соединения концентрация химического соединения отвечает максимуму или минимуму на кривой (перелом прямой)

На самостоятельную работу выносятся:

1. Дендритная ликвация для сплавов с неограниченной растворимостью
2. Физический смысл линий ограниченной растворимости для сплавов для сплавов с ограниченной растворимостью

# 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](mailto:diana.borisovna@gmail.com)

**Автор: доц. Глушкова Д.Б.  
Lect 4\_1M\_TKMIM\_GDB\_24.02.15**