


# Лекция 3

## **«Строение и свойства сплавов. Диаграммы состояния бинарных сплавов»**

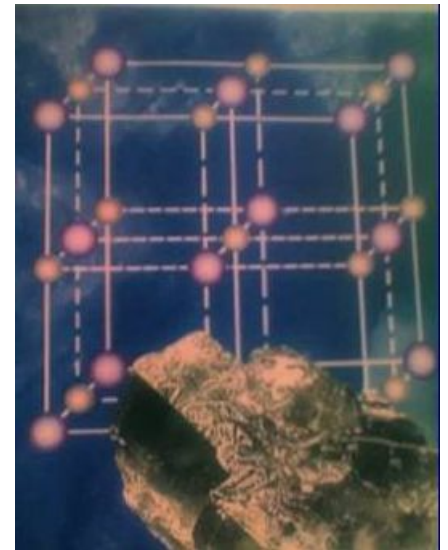



В промышленности преимущественное распространение находят не чистые металлы, а сплавы металлов с металлами или металлов и неметаллов.

***Металлическим сплавом называют вещество, полученное сплавлением двух или более компонентов.***

Термин «сплав» в настоящее время имеет более широкое значение, чем во время его появления. Если раньше промышленные материалы, содержащие несколько элементов, получали преимущественно путем сплавления, то сейчас многие материалы получают и другими технологическими способами, например, порошковой металлургией, при электролизе, при плазменном напылении и др.

- \* Роль сплавов в технике неизмеримо более велика, чем чистых металлов, т. к. они обладают более высоким комплексом свойств, которые можно широко менять в зависимости от состава.
- \* **Компоненты** – это составляющие сплава.



- 
- \* В сплавах элементы могут различно взаимодействовать между собой, образуя различные по химическому составу и кристаллическому строению фазы.
  - \* Из однородного жидкого раствора может образоваться: однородный твердый раствор, механическая смесь или эвтектика или кристаллическое химическое соединение.

# Виды взаимодействия компонентов в сплаве



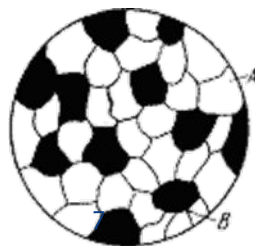


**В зависимости от характера взаимодействия  
компонентов различают сплавы:**

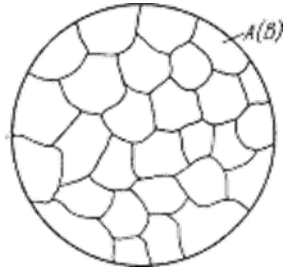
- \* механические смеси;
- \* химические соединения;
- \* твердые растворы.

# Механические смеси

- \* Сплавы *механические смеси* образуются, когда компоненты не способны к взаимному растворению в твердом состоянии и не вступают в химическую реакцию с образованием соединения.
- \* Образуются между элементами значительно различающимися по строению и свойствам.
- \* Сплав состоит из кристаллов входящих в него компонентов. В сплавах сохраняются кристаллические решетки компонентов.



# Твердые растворы



- \* **Твердые растворы- это фазы, кристаллические решетки которых состоят из атомов отдельных компонентов.**

В твердых растворах один из компонентов сплава сохраняет свою кристаллическую решетку, а атомы другого, располагаясь в решетке первого компонента (растворителя), изменяя ее размеры (периоды).

Т.о. твердые растворы имеют один тип решетки и представляют собой одну фазу.



- \* Различают твердые растворы **внедрения и замещения**.
- \* Они являются фазами переменного состава.

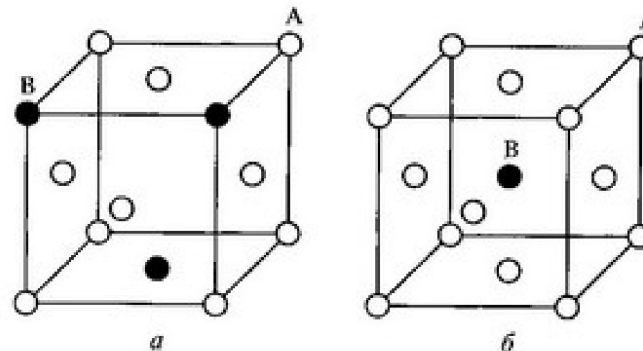
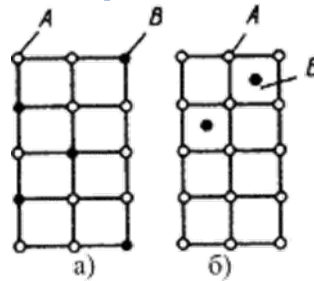



Рис. 2.17. Кристаллическая решетка твердого раствора замещения (*a*) и твердого раствора внедрения (*б*):

A — атомы компонента-растворителя; B — атомы растворяемого компонента

- \* При образовании *твердого раствора замещения* атомы растворенного компонента замещают часть атомов растворителя в узлах его кристаллической решетки.



- \* При образовании *твердого раствора внедрения* атомы растворенного компонента располагаются в междоузлиях (пустотах) кристаллической решетки компонента растворителя.

- 
- \* Твердый раствор – гомогенная система, внутри его нет поверхности раздела.
  - \* Многие металлы могут в той или иной степени растворяться один в другом в твердом состоянии. Так, в алюминии может растворяться до 5,5% меди, а в меди до 39 % цинка.
  - \* Твердым раствором называется вещество, кристаллическая решетка которого состоит из атомов отдельных компонентов.




Твердые растворы с неограниченной растворимостью могут образовываться при соблюдении следующих условий:

Компоненты должны обладать одинаковыми по типу кристаллическими решетками

Различие в атомных размерах компонентов не должно превышать 9-15%

Компоненты должны принадлежать к одной и той же группе периодической системы элементов.

**Например, серебро-золото, медь-никель, молибден-вольфрам**

- 
- \* Твердые растворы внедрения могут возникать только в тех случаях, когда диаметр атома растворенного компонента невелик. Это углерод, азот, водород. И они могут быть только ограниченной концентрации, поскольку число пор в решетке ограничено.

# Химические соединения

**Химические соединения** – они образованы по закону нормальной валентности. При образовании химических соединений соотношение чисел атомов элементов соответствует стехиометрической пропорции, что может быть выражено простой формулой  $A_nB_m$ .

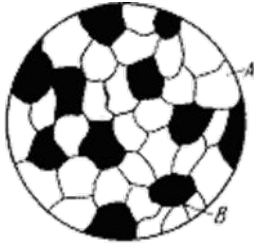
**Химические соединения имеют следующие характерные особенности:**

- \* кристаллическая решетка хим.соед. отличается от решеток компонентов, образующих их.
- \* Свойства его резко отличаются от свойств исходных компонентов
- \* Они имеют постоянную температуру плавления
- \* Образование их сопровождается значительным тепловым эффектом.

# Химические соединения

- \* В отличие от твердых растворов хим.соединения обычно образуются между компонентами, имеющими большое различие в электронном строении.
- \* Соединение одних металлов с другими носят общее название –**интерметаллиды**. Например,  $Mg_2 Sn$ .

# Эвтектика



**Эвтектика** – это механическая смесь микроскопически мелких частиц.

Механическая смесь двух компонентов А и В образуется тогда, когда они не способны к взаимному растворению в твердом состоянии и не вступают в химическую реакцию с образованием соединения.



# ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ

- \* **Диаграммы состояния – это графическое изображение состояния ( фазового состав, структуры) любого сплава системы в зависимости от температуры и концентрации.**
- \* Зная ее можно представить полную картину формирования структуры любого сплава, определить оптимальную температуру заливки сплавов для получения литых деталей, сделать заключение о возможностях и условиях обработки давлением, определить режим термической обработки.

# ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ

- \* **Диаграмма состояния – это паспорт сплава.**
- \* Она представляет собой собрание и обобщение результатов всех наблюдений, касающихся температур плавления и кристаллизации, структуры сплавов при различных температурах и всех процессах, протекающих в сплавах при их охлаждении.

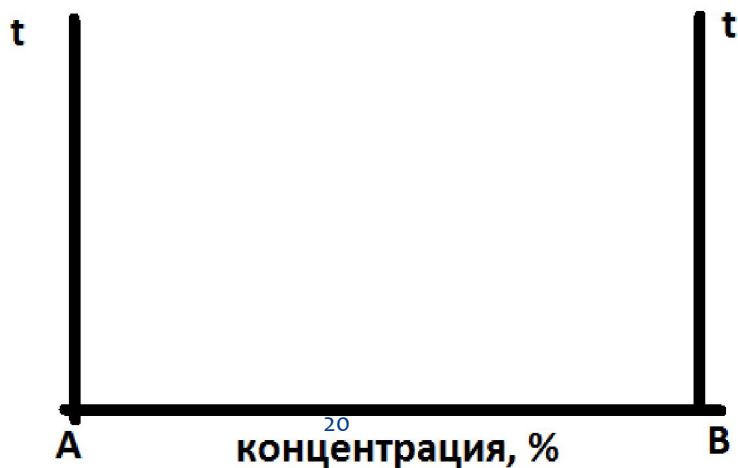
# ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ

- \* Экспериментальное построение диаграмм состояния возможно благодаря тому, что любое фазовое превращение сплава отмечается изменением физико-механических свойств, либо тепловым эффектом.
- \* Диаграмма состояния показывает устойчивое состояние, обладающее минимальным запасом свободной энергии. Они называются диаграммами равновесия.
- \* Построение диаграмм- сложный процесс. Сегодня арсенал средств для этого значительно увеличился. Это и электронная микроскопия, вакуумная техника и многое другое.
- \* Пробраз первой диаграммы дал Д.К.Чернов. Вторая диаграмма была построена в 1875 году Р.Аустеном – медь-серебро.

# ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ

Расчетные методы построения диаграмм состояния менее трудоемки, нежели экспериментальные.

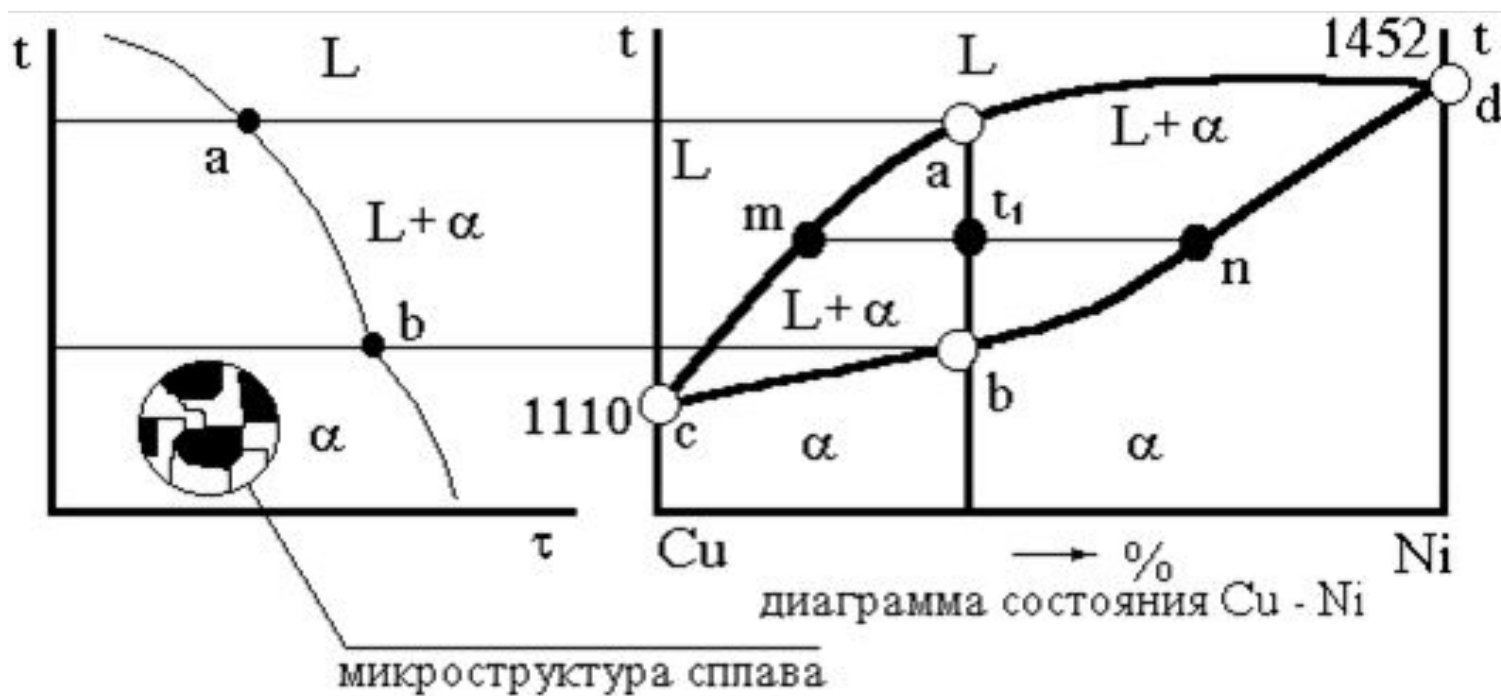
- \* Диаграммы состояния строят в координатах температура – концентрация



# ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ

## Типы диаграмм состояния

# Диаграмма состояния сплавов, компоненты которой неограниченно взаимно растворимы друг в друге



# ПРАВИЛО ОТРЕЗКОВ

- \* Оно состоит из двух частей.
- \* 1 – правило концентраций- позволяет определить составы (концентрации) фаз
- \* 2- правило рычага – определяет количественные соотношения фаз в процессе кристаллизации для любого сплава системы

# ПРАВИЛО ОТРЕЗКОВ

## \* 1 часть

Чтобы определить концентрацию компонентов в фазах через заданную точку, характеризующую состояние сплава, проводят горизонталь (коноду) до пересечения с линиями, ограничивающими данную область: проекции точек пересечения на ось концентраций дадут составы фаз.

**Состав жидкой фазы покажет проекция точки пересечения горизонтали с линией ликвидуса. Другая точка пересечения покажет состав твердой фазы.**





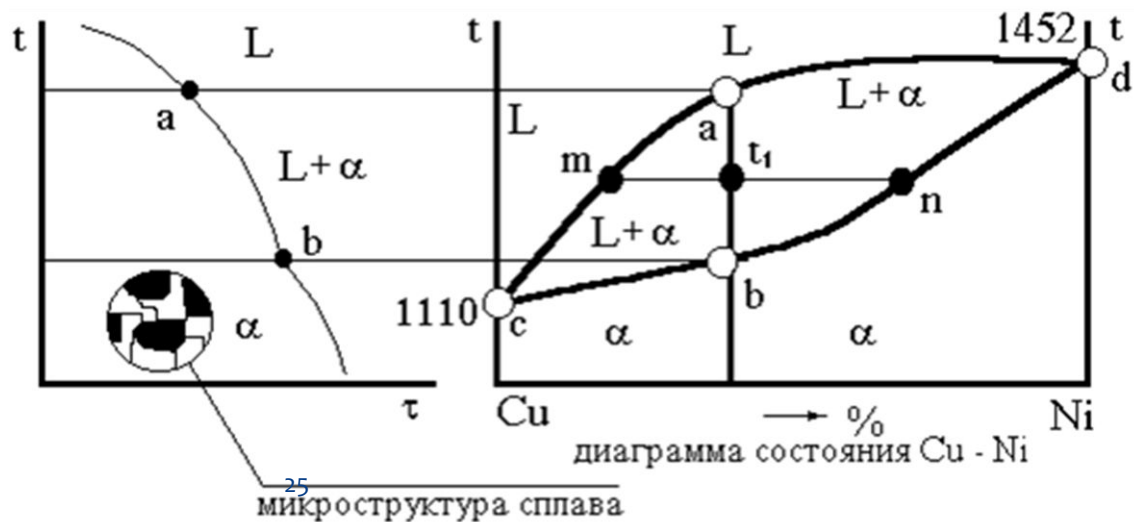
# ПРАВИЛО ОТРЕЗКОВ

## \* 2 часть

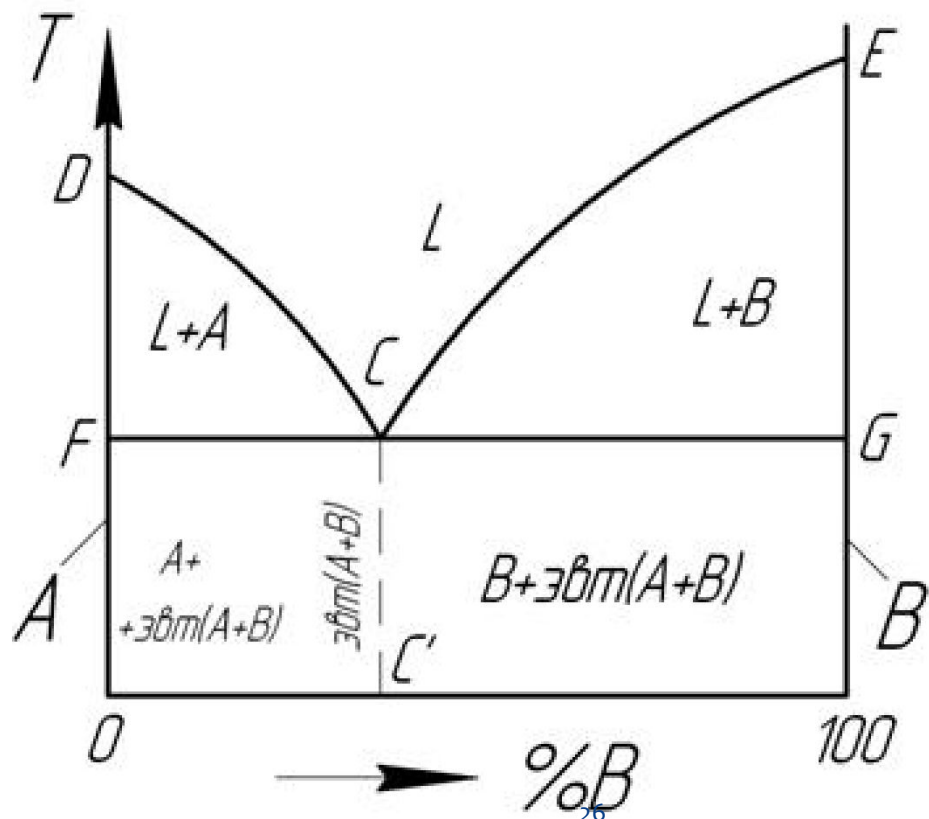
Чтобы определить количественное соотношение фаз, через заданную точку проводят горизонталь. Отрезки этой линии между заданной точкой и точками, определяющими составы фаз **ОБРАТНО ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫ КОЛИЧЕСТВАМ ЭТИХ ФАЗ.**

$$Q_{\text{ж}} = \frac{t_1 n}{m n} \times 100\%$$

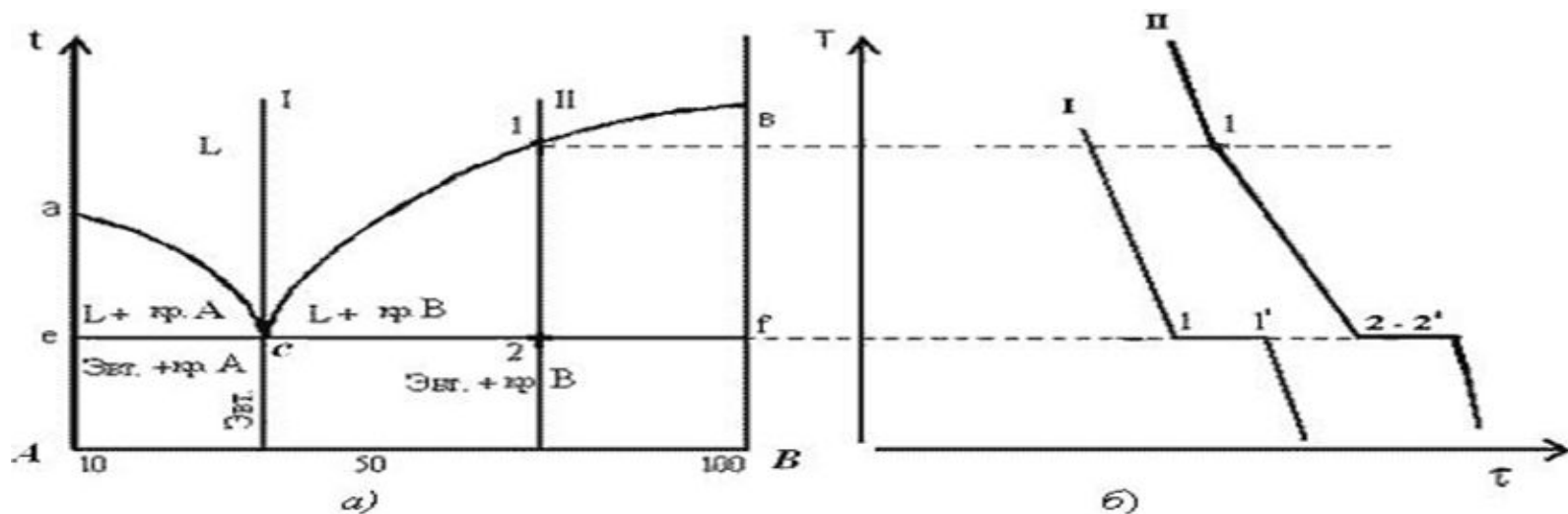
$$Q_{\text{ТВ}} = \frac{m t_1}{m n} \times 100\%$$



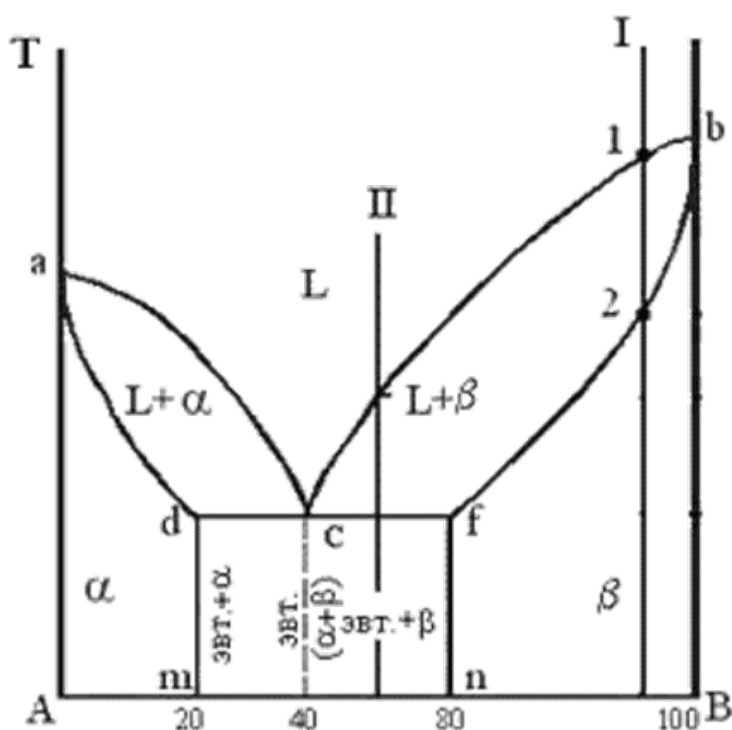
# Диаграмма состояния сплавов, компоненты которых нерастворимы друг в друге в твердом состоянии



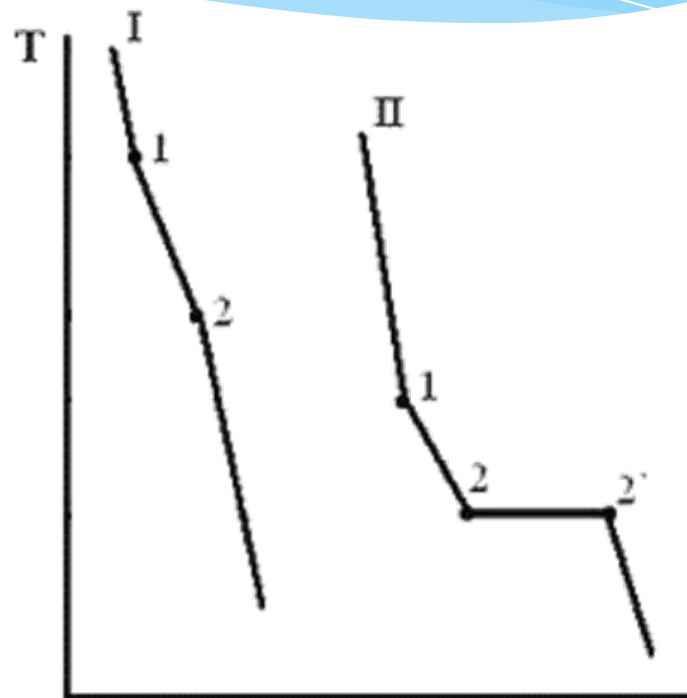
# Диаграмма состояния сплавов, компоненты которых нерастворимы друг в друге в твердом состоянии



# Диаграмма состояния с ограниченной растворимостью компонентов в твердом виде

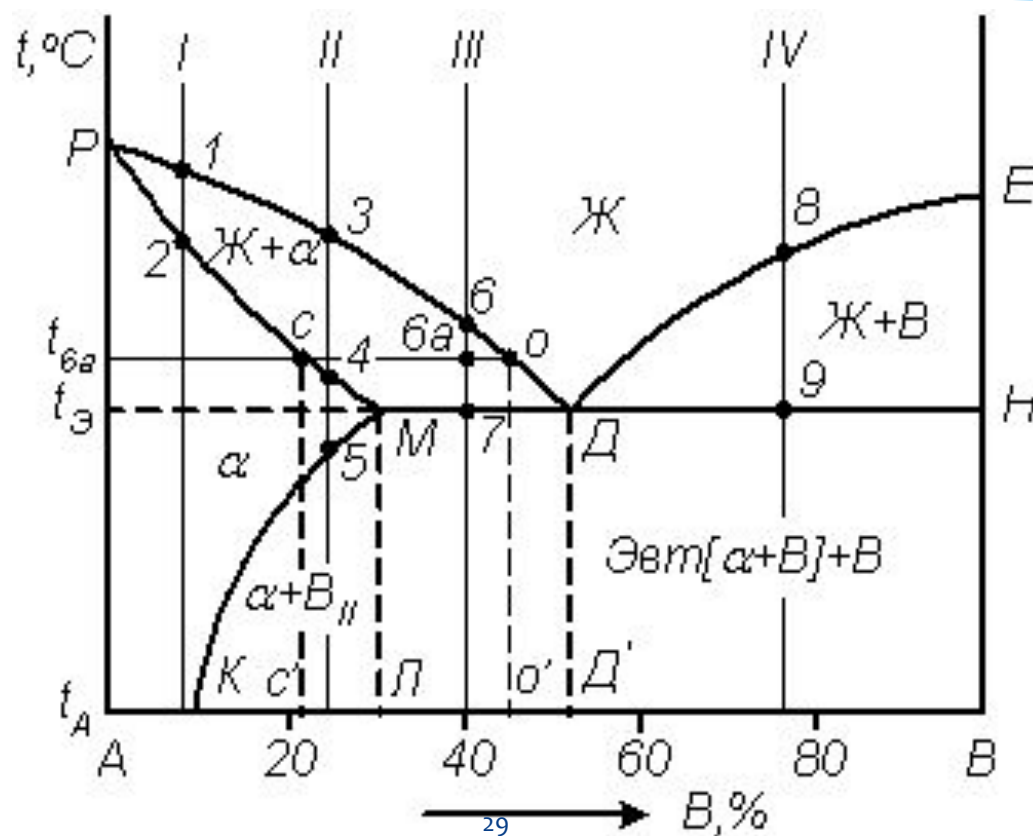


a)

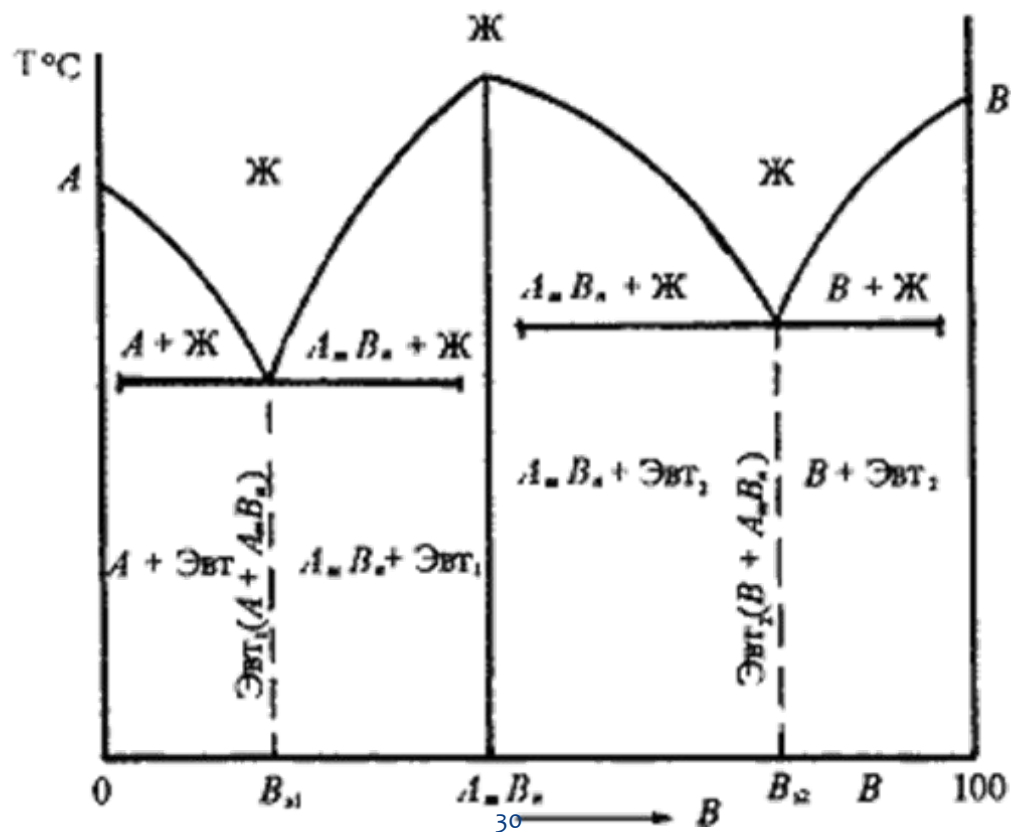


б)

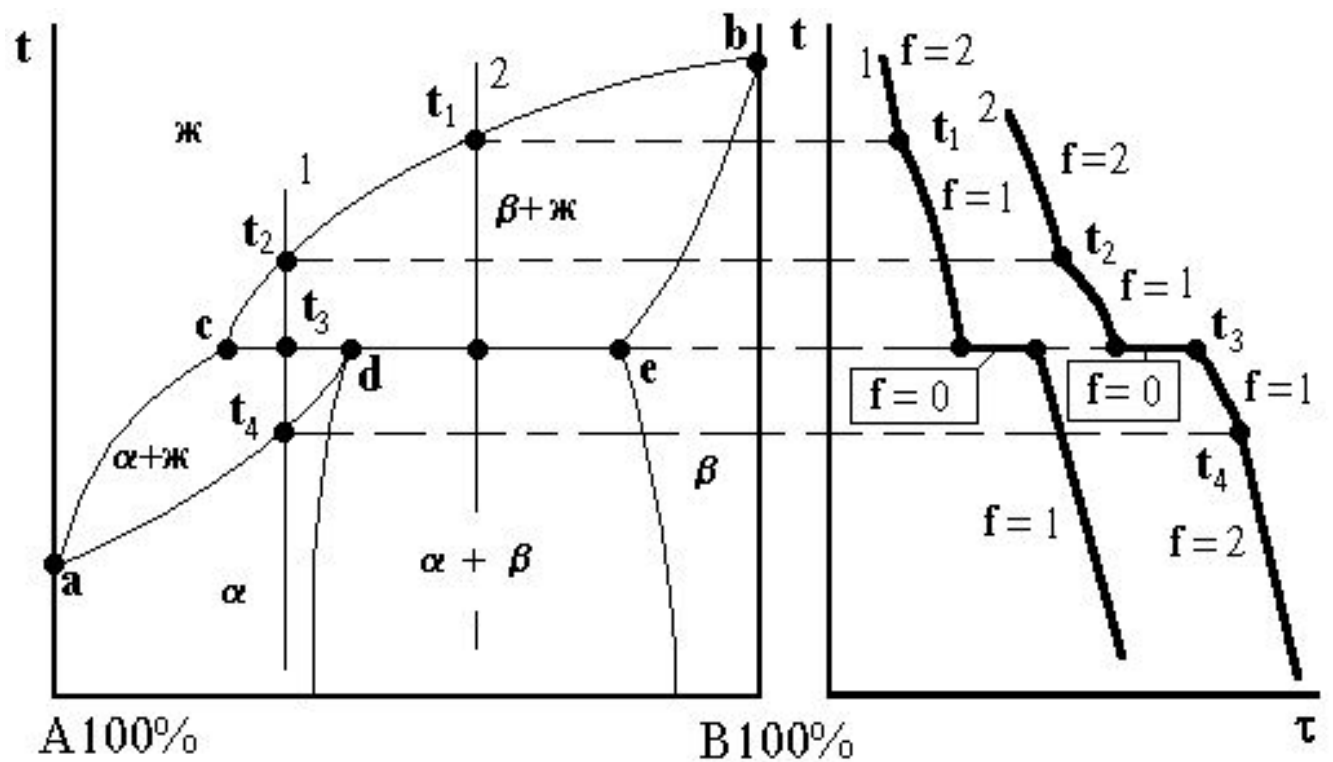
# Диаграмма состояния с ограниченной растворимостью компонентов в твердом виде



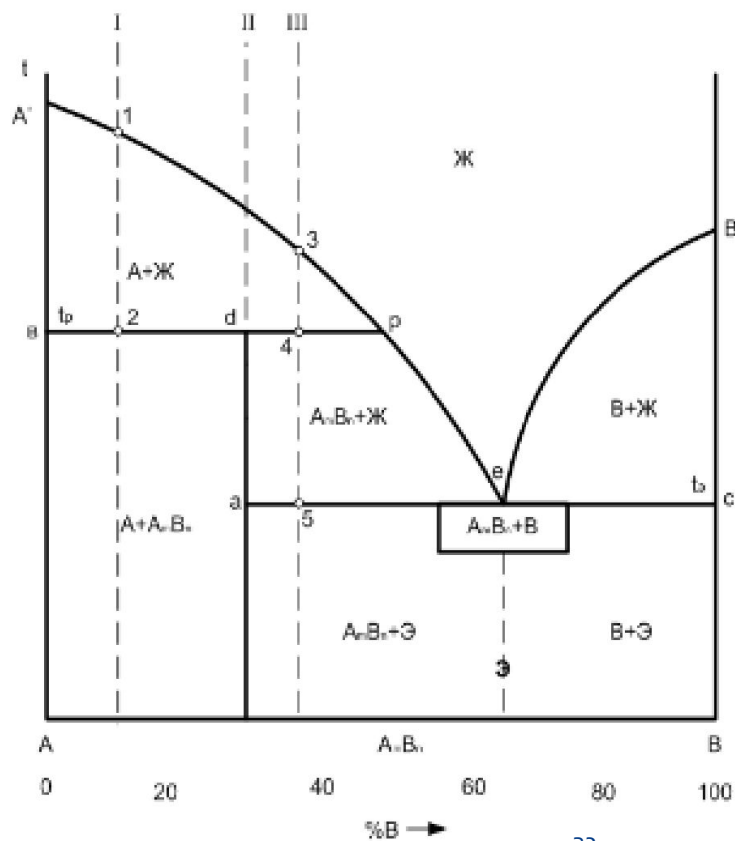
# Диаграмма состояния с устойчивым химическим соединением



# Диаграмма состояния с ограниченной растворимостью и, так называемой, перитектической реакцией



# Диаграмма состояния с хим. соединением образующимся по перитектической реакции

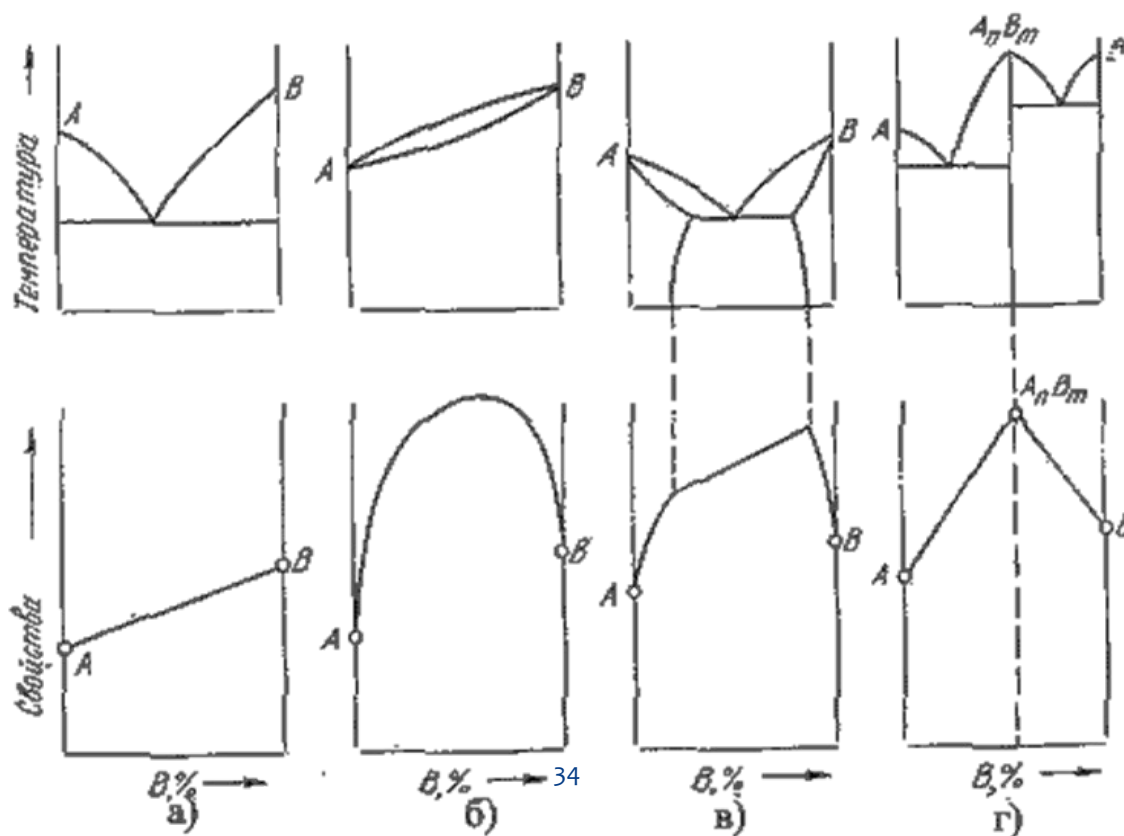




# Связь между свойствами сплавов и типом диаграммы состояния

Так как вид диаграммы, также как и свойства сплава, зависит от того, какие соединения или какие фазы образовали компоненты сплава, то между ними должна существовать определенная связь. Эта зависимость установлена Курнаковым.

# Связь между свойствами сплавов и типом диаграммы состояния



# Связь между свойствами сплавов и типом диаграммы состояния

- \* При образовании механических смесей свойства изменяются по линейному закону. Значения характеристик свойств сплава находятся в интервале между характеристиками чистых компонентов.
- \* При образовании твердых растворов с неограниченной растворимостью свойства сплавов изменяются по криволинейной зависимости, причем некоторые свойства, например, электросопротивление, могут значительно отличаться от свойств компонентов.
- \* При образовании твердых растворов с ограниченной растворимостью свойства в интервале концентраций, отвечающих однофазным твердым растворам, изменяются по криволинейному закону, а в двухфазной области – по линейному закону. Причем крайние точки на прямой являются свойствами чистых фаз, предельно насыщенных твердых растворов, образующих данную смесь.