

Материаловедение. Технология конструкционных материалов

**Процесс кристаллизации и фазовые
превращения в сплавах. Основные
типы диаграмм состояния.**

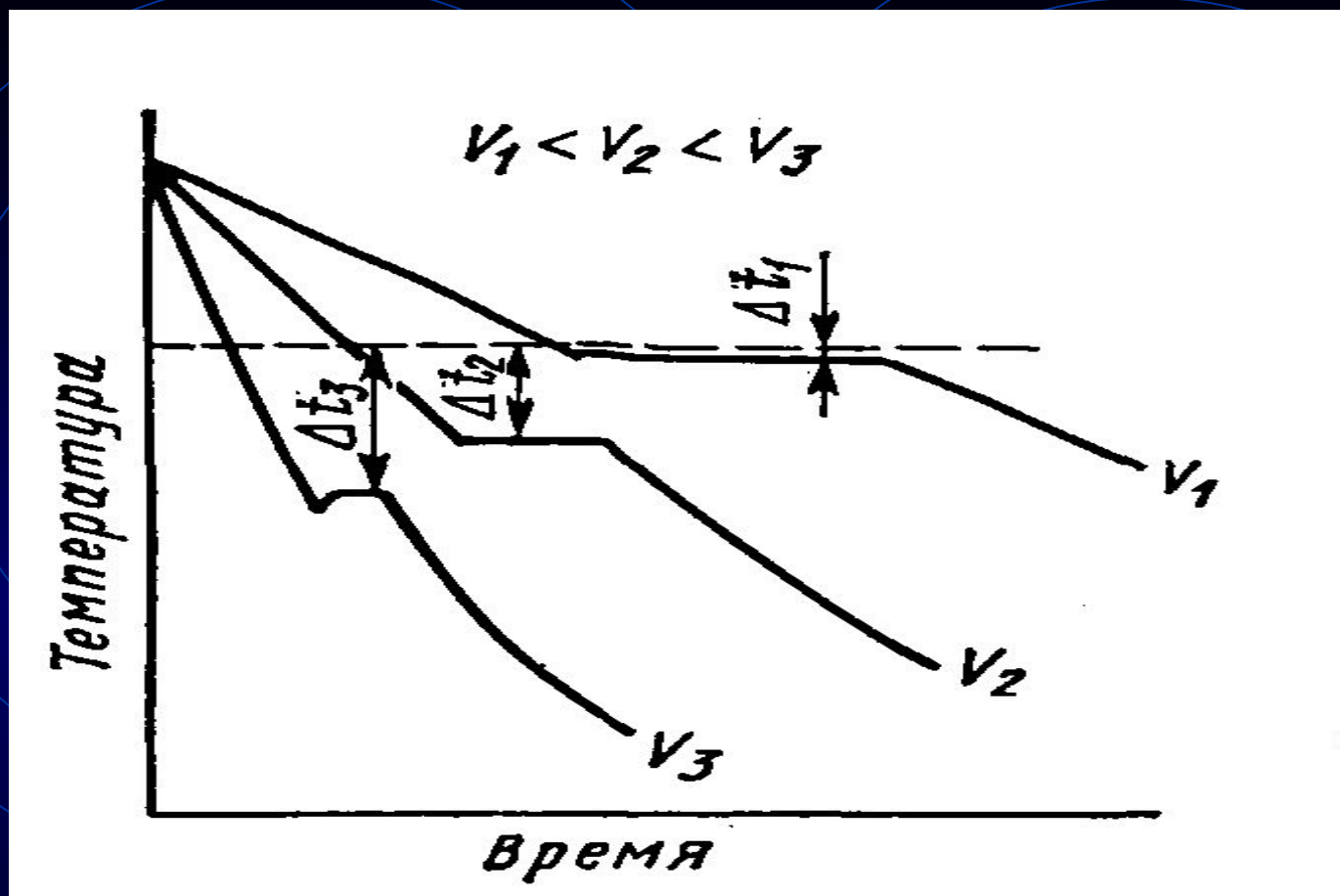
При нагреве всех кристаллических тел наблюдается четкая граница перехода из твердого состояния в жидкое. Такая же граница существует при переходе из жидкого состояния в твердое.

Кристаллизация – это процесс образования участков кристаллической решетки в жидкой фазе и рост кристаллов из образовавшихся центров.

Кристаллизация протекает в условиях, когда система переходит к термодинамически более устойчивому состоянию с минимумом свободной энергии.

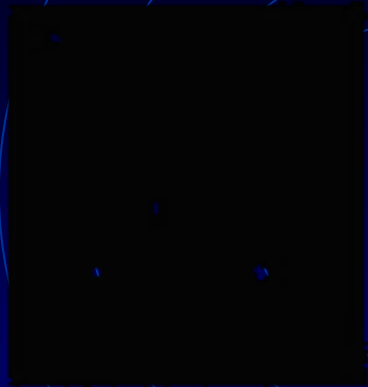
Процесс перехода металла из жидкого состояния в кристаллическое можно изобразить кривыми в координатах время – температура.

Кривые охлаждения при кристаллизации металла

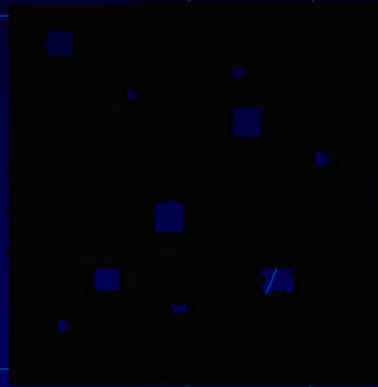


Разность между температурами t_n и t_k , при которых может протекать процесс кристаллизации, носит название степени переохлаждения: $\Delta t = t_n - t_k$

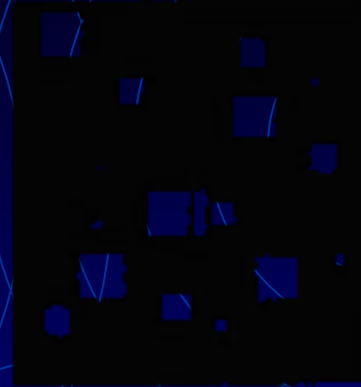
Модель процесса кристаллизации



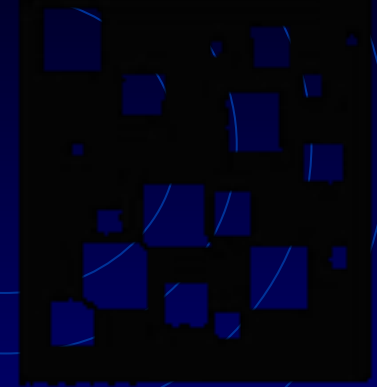
1с



2с



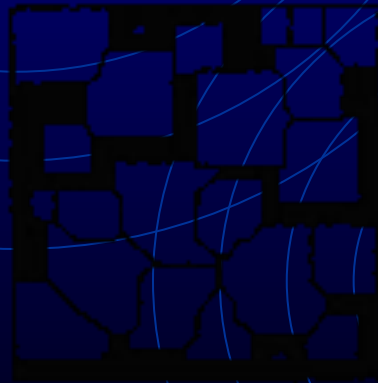
3с



4с



5с



6с



7с

Сплавы – это вещества, состоящие из двух или более элементов периодической системы. Получают их с помощью спекания или сплавлением.

Компоненты – вещества, образующие сплав.

Фаза – однородная часть системы, отделенная от других частей системы поверхностного раздела, при переходе через которую структура и свойства резко меняются. Гомогенные вещества имеют одну фазу, а гетерогенные – несколько фаз.

Структура – строение металла, в котором можно различать отдельные фазы, их форму, размеры и взаимное расположение. Структура влияет на свойства. **Равновесное**

состояние – когда в сплаве все фазы, присущие этой системе оформлены. Это состояние обеспечивается при медленном охлаждении, можно различать размеры и формы фаз.

Неравновесное состояние – процесс образования и обособления фаз не закончился, образуется при быстром охлаждении.

Вариантность (С) (число степеней свободы) – это число внутренних и внешних факторов (температура, давление, концентрация), которые можно изменять без изменения количества фаз в системе.

Существует математическая связь между числом компонентов (К), числом фаз (Ф), числом внешних переменных факторов (В – температура, давление) и вариантностью системы (С). Это правило фаз или закон Гиббса

$$C = K + V - F$$

Если принять, что все превращения в железоуглеродистом сплаве (сталь) происходят при постоянном давлении $P = \text{const}$, температура $T \neq \text{const}$, то

$$C = 2 + 1 - F = 3 - F$$

Строение металлического сплава зависит от того, в какие взаимодействия вступают компоненты, составляющие сплав. Почти все металлы в жидком состоянии растворяются друг в друге в любых соотношениях. При образовании сплавов в процессе их затвердевания возможно различное взаимодействие компонентов.

В зависимости от характера взаимодействия компонентов различают сплавы:

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

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, когда сила взаимодействия между однородными атомами больше чем между разнородными. Сплав состоит из кристаллов входящих в него компонентов А и В (рис.). В сплавах сохраняются кристаллические решетки компонентов.

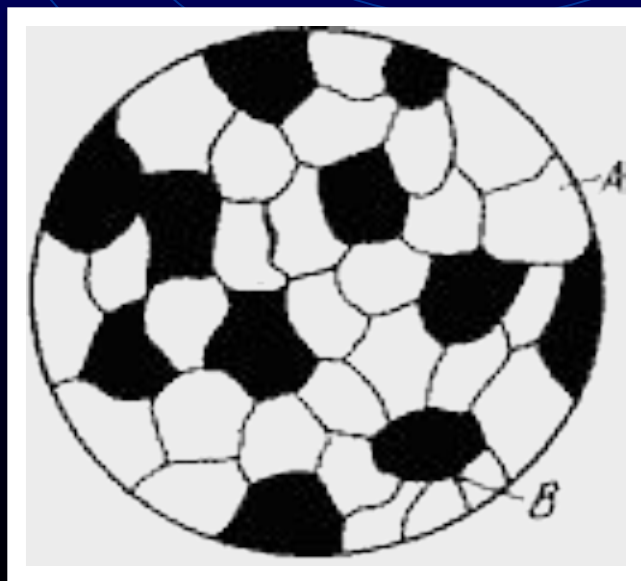


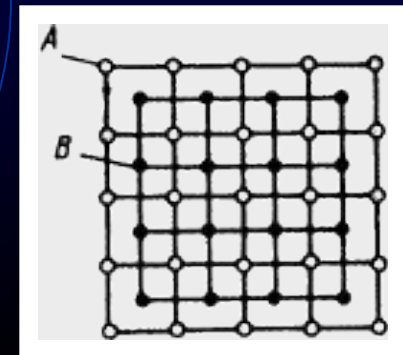
Рис. Схема микроструктуры механической смеси

Сплавы химические соединения образуются между элементами, значительно различающимися по строению и свойствам, если сила взаимодействия между разнородными атомами больше, чем между однородными.

Особенности этих сплавов:

- Сплав образуется при определенном соотношении компонентов, химическое соединение обозначается $A_n B_m$
- Образуется кристаллическая решетка с правильным упорядоченным расположением атомов, отличающаяся от решеток элементов, составляющих химическое соединение, (рис.)
- Ярко выраженные индивидуальные свойства
- Постоянство температуры кристаллизации, как у чистых компонентов

Рис. Кристаллическая решетка химического соединения

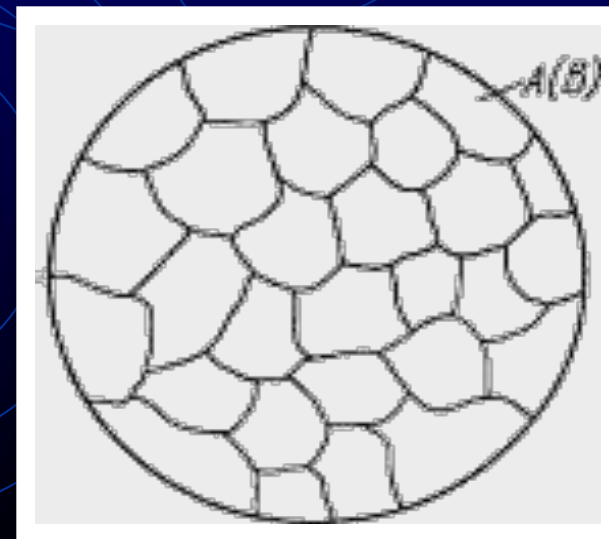


Сплавы твердые растворы – это твердые фазы, в которых соотношения между компонентами могут изменяться. Являются кристаллическими веществами.

Характерной особенностью твердых растворов является: наличие в их кристаллической решетке разнородных атомов, при сохранении типа решетки растворителя.

Твердый раствор состоит из однородных зерен (рис.).

Рис. Схема микроструктуры твердого раствора



По степеням растворимости компонентов различают твердые растворы:

- с неограниченной растворимостью компонентов;
- с ограниченной растворимостью компонентов.

По характеру распределения атомов растворенного вещества в кристаллической решетке растворителя различают твердые растворы:

- замещения;
- внедрения.

Кристаллическая решетка твердых растворов замещения (а), внедрения (б)

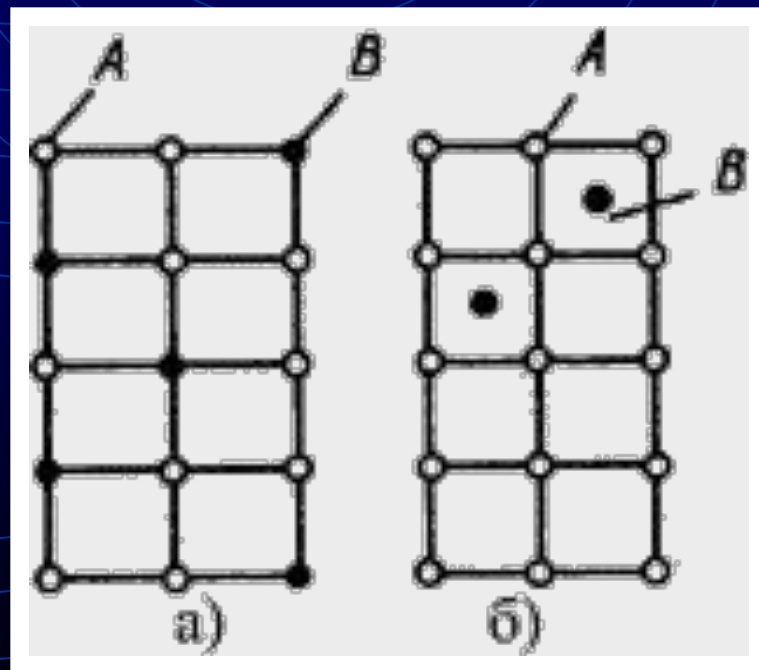
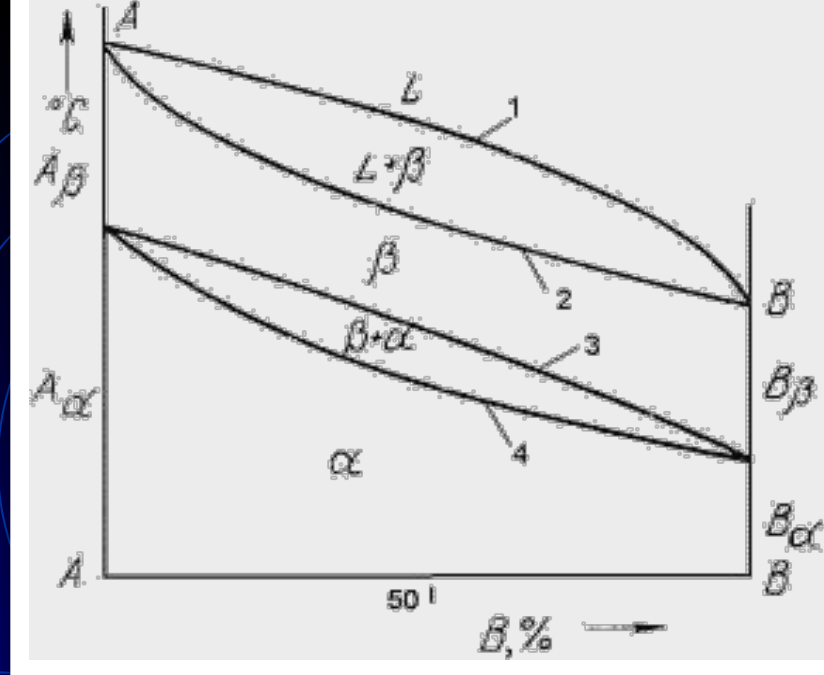


Диаграмма состояния представляет собой графическое изображение состояния любого сплава изучаемой системы в зависимости от концентрации и температуры (рис.)



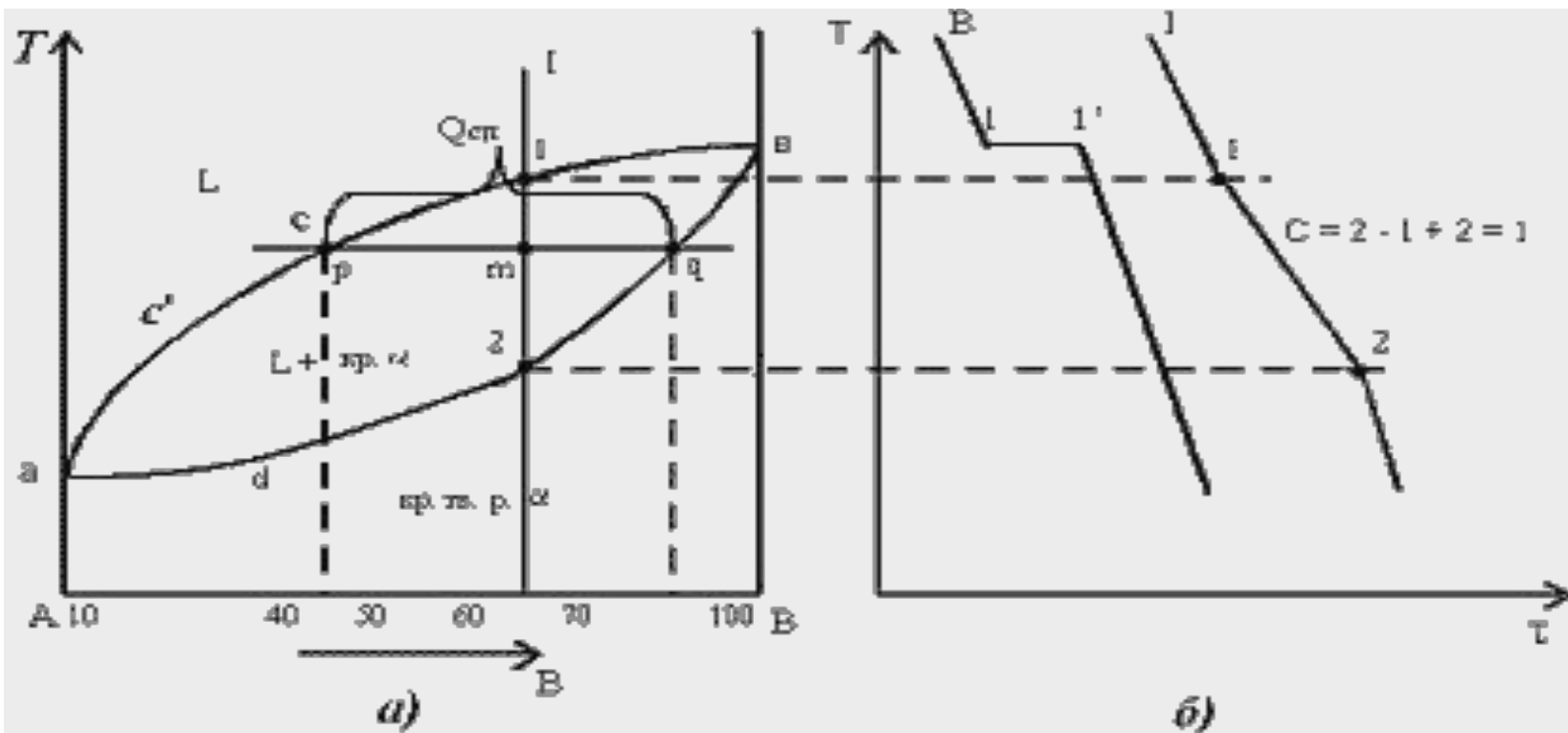
Диаграммы состояния показывают устойчивые состояния, ее также называют диаграммой равновесия, так как она показывает, какие при данных условиях существуют равновесные фазы.

Построение диаграмм состояния наиболее часто осуществляется при помощи термического анализа.

Температуры, соответствующие фазовым превращениям, называют критическими точками. Точки отвечающие началу кристаллизации называют точками ликвидус, а концу кристаллизации – точками солидус.

По кривым охлаждения строят диаграмму состава в координатах: по оси абсцисс – концентрация компонентов, по оси ординат – температура.

Диаграмма состояния сплавов с неограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии (сплавы твердые растворы с неограниченной растворимостью)



Сначала получают термические кривые. Полученные точки переносят на диаграмму, соединив точки начала кристаллизации сплавов и точки конца кристаллизации, получают диаграмму состояния.

Проведем анализ полученной диаграммы.

1. Количество компонентов: $K = 2$ (компоненты А и В).
2. Число фаз: $f = 2$ (жидкая фаза L, кристаллы твердого раствора)

3. Основные линии диаграммы:

- acb – линия ликвидус, выше этой линии сплавы находятся в жидком состоянии;
- adb – линия солидус, ниже этой линии сплавы находятся в твердом состоянии.

4. Характерные сплавы системы:

Чистые компоненты А и В кристаллизуются при постоянной температуре, кривая охлаждения компонента В представлена на рис. б.

Диаграмма состояния сплавов с отсутствием растворимости компонентов в компонентах в твердом состоянии (механические смеси)

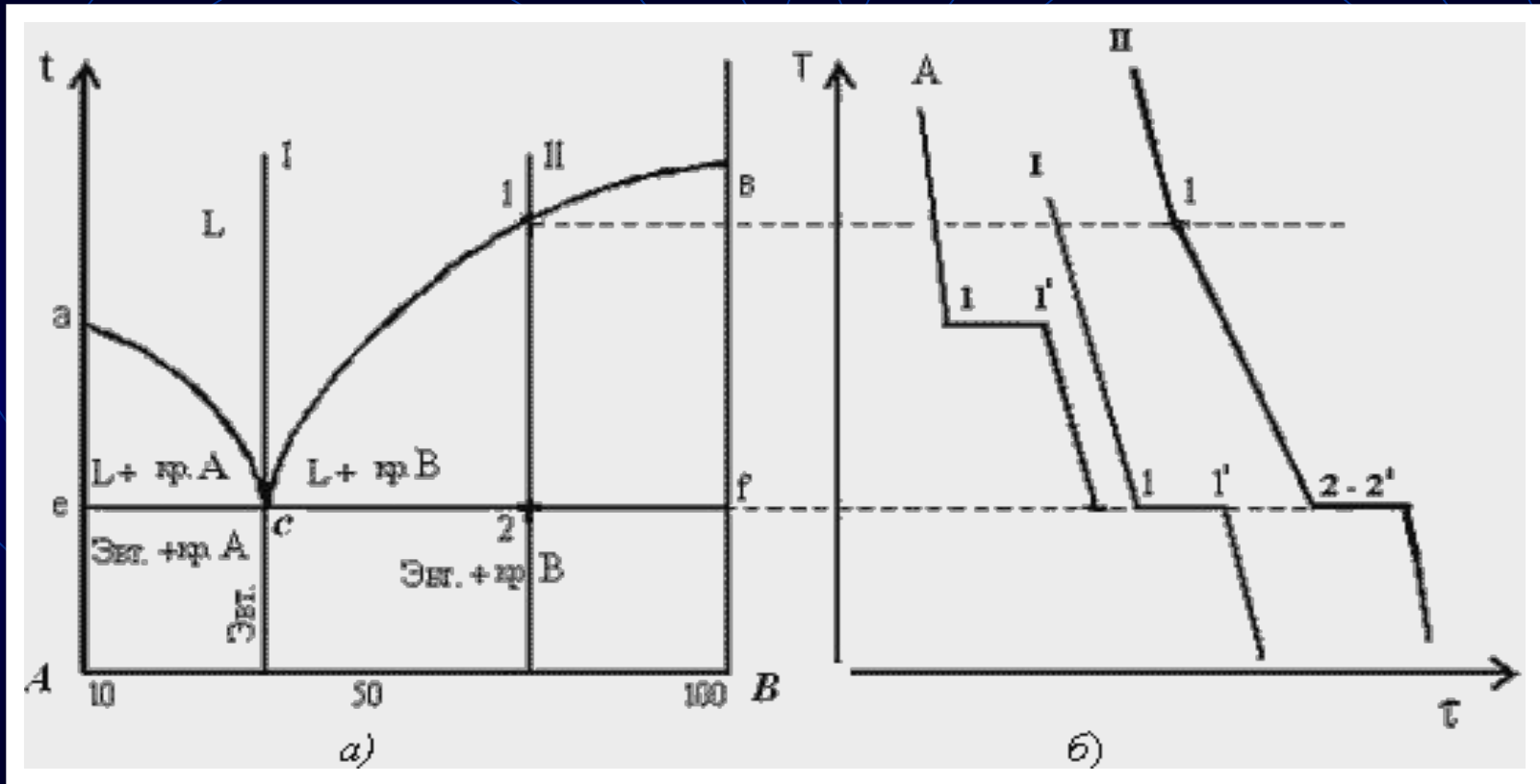


Рис. Диаграмма состояния сплавов с отсутствием растворимости компонентов в твердом состоянии (а) и кривые охлаждения сплавов (б)

Эвтектический сплав — сплав, соответствующий концентрации компонентов в точке с (сплав I). Кривая охлаждения этого сплава, аналогична кривым охлаждения чистых металлов (рис. б)

Эвтектика — мелкодисперсная механическая смесь разнородных кристаллов, кристаллизующихся одновременно при постоянной, самой низкой для рассматриваемой системы, температуре.

При образовании сплавов механических смесей эвтектика состоит из кристаллов компонентов А и В: Эвт. (кр. А + кр. В)

Схема микроструктур сплавов: а — доэвтектического, б — эвтектического, в — заэвтектического

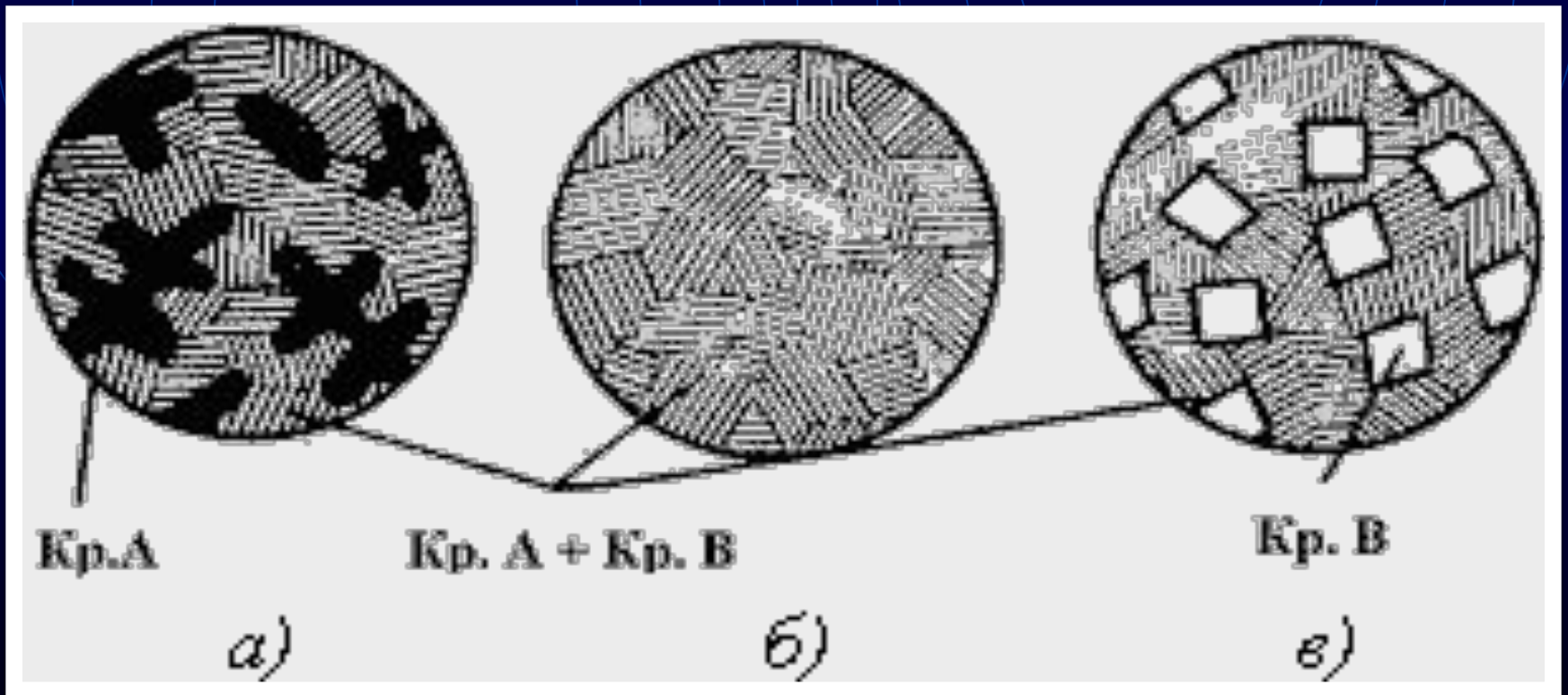
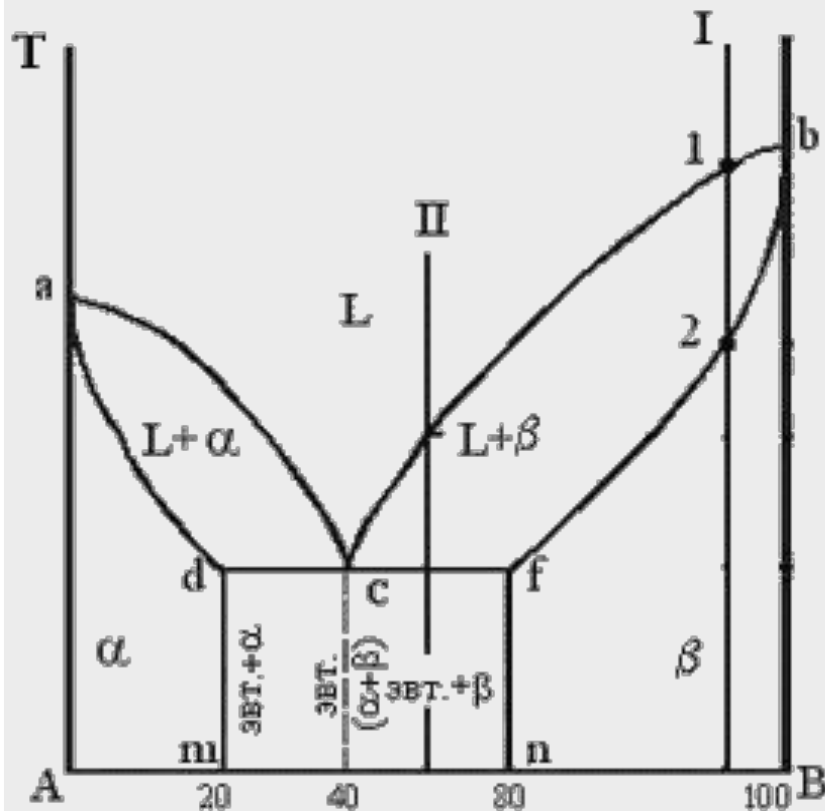
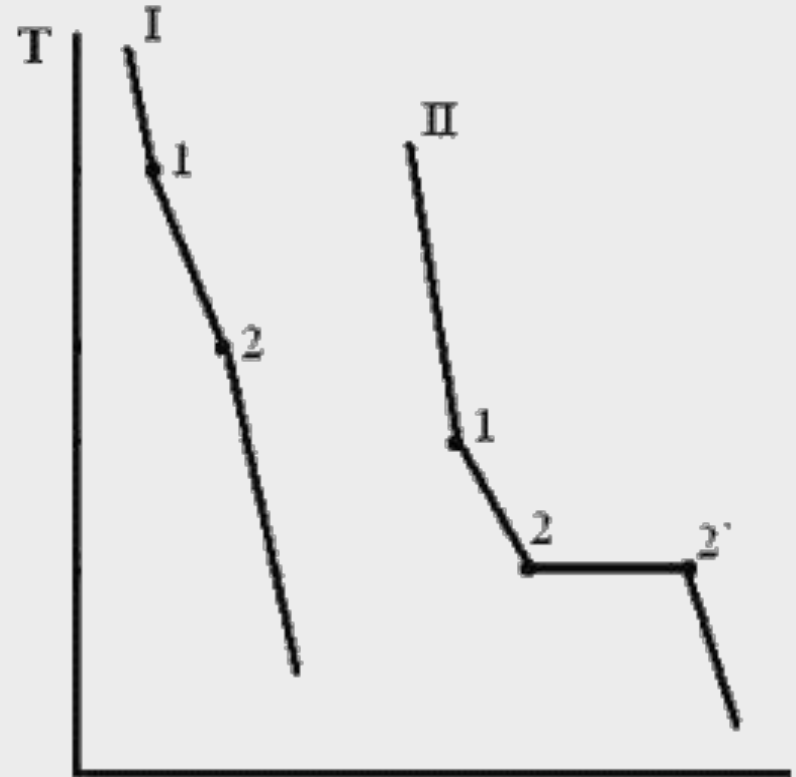


Диаграмма состояния сплавов с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии (а) и кривые охлаждения типичных сплавов (б)



а)



б)

Диаграмма состояния сплавов, компоненты которых образуют химические соединения

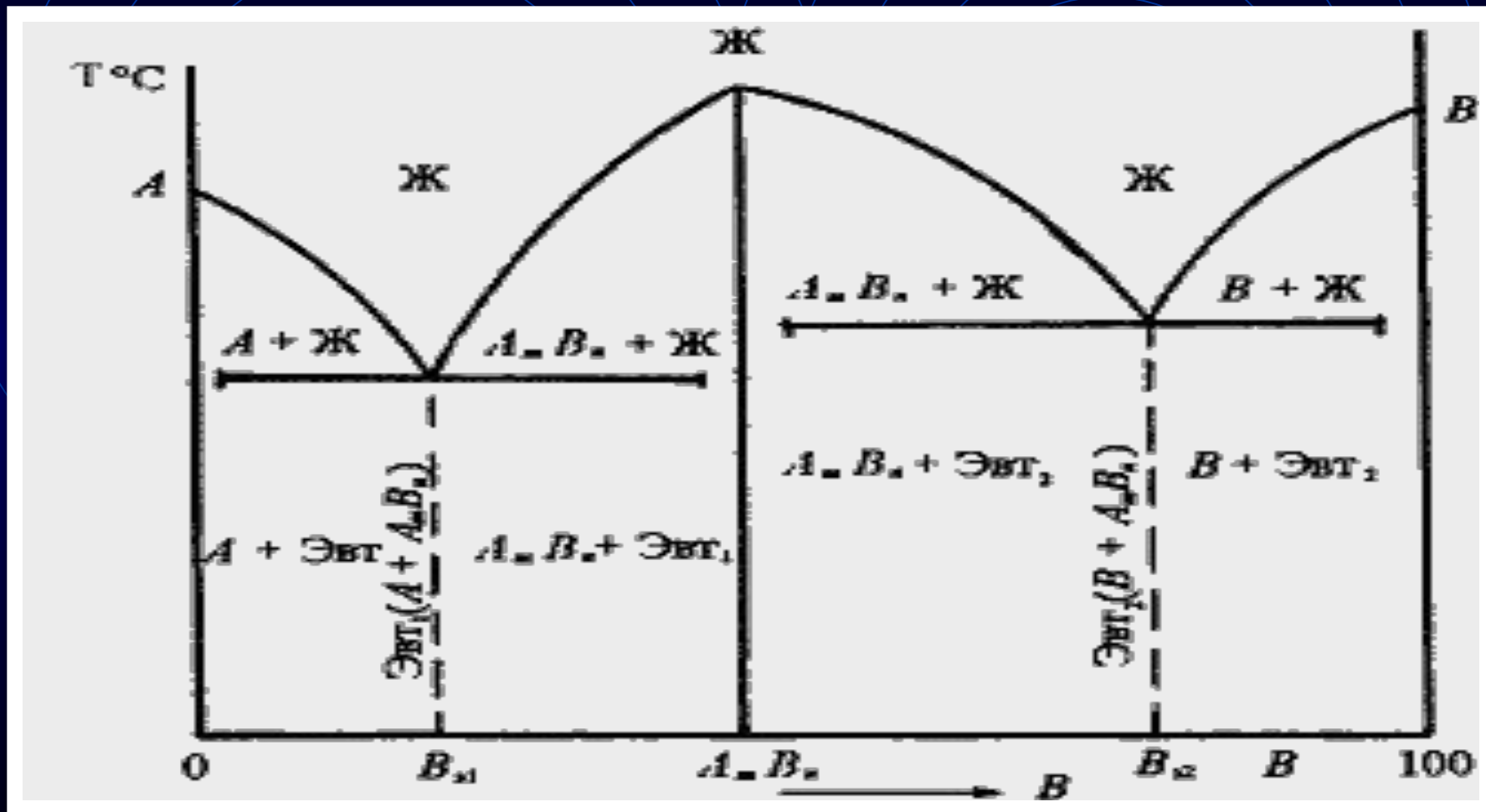
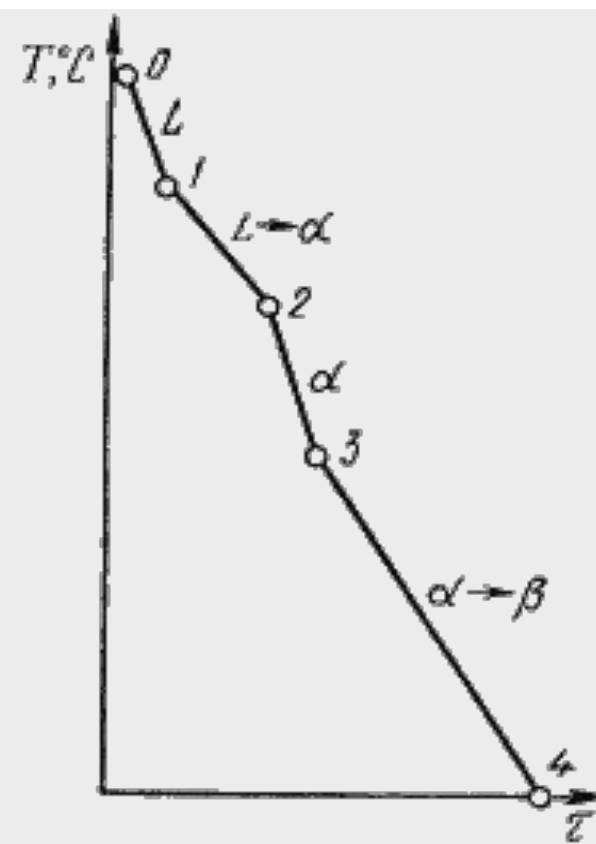
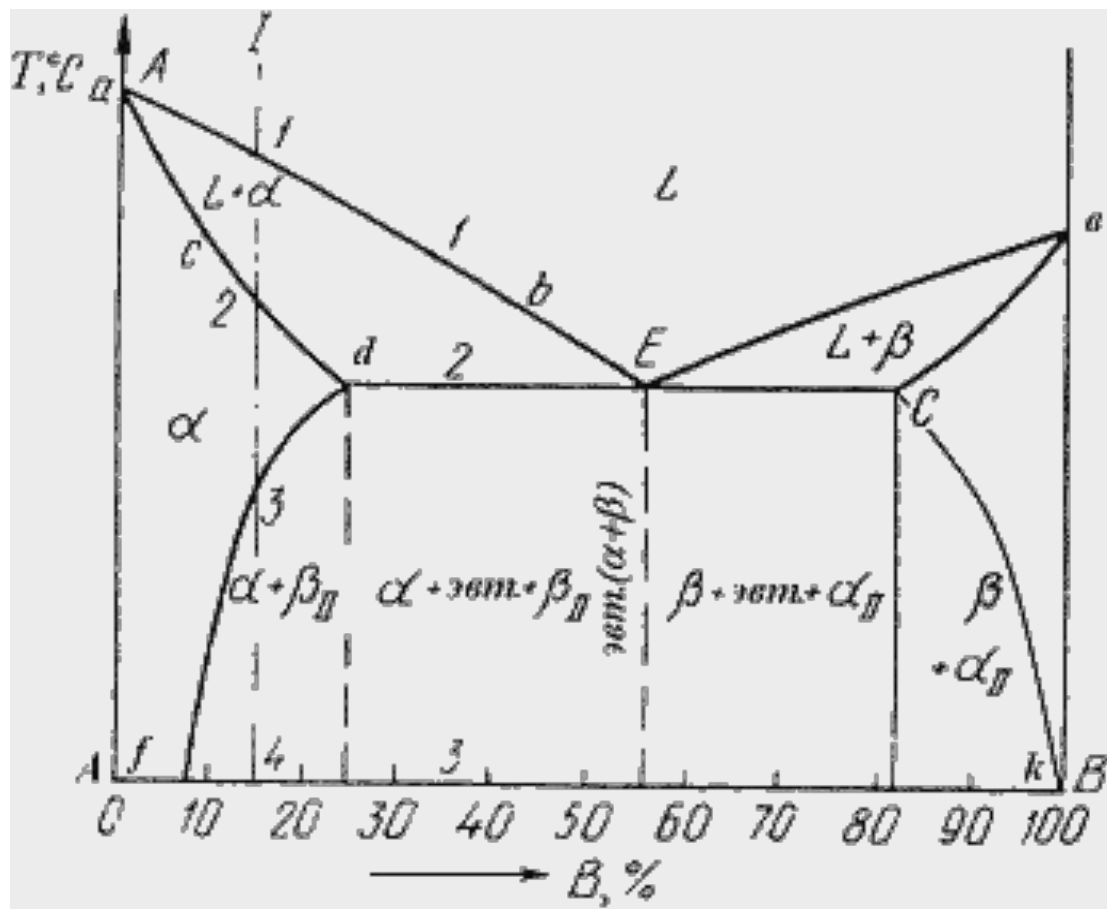
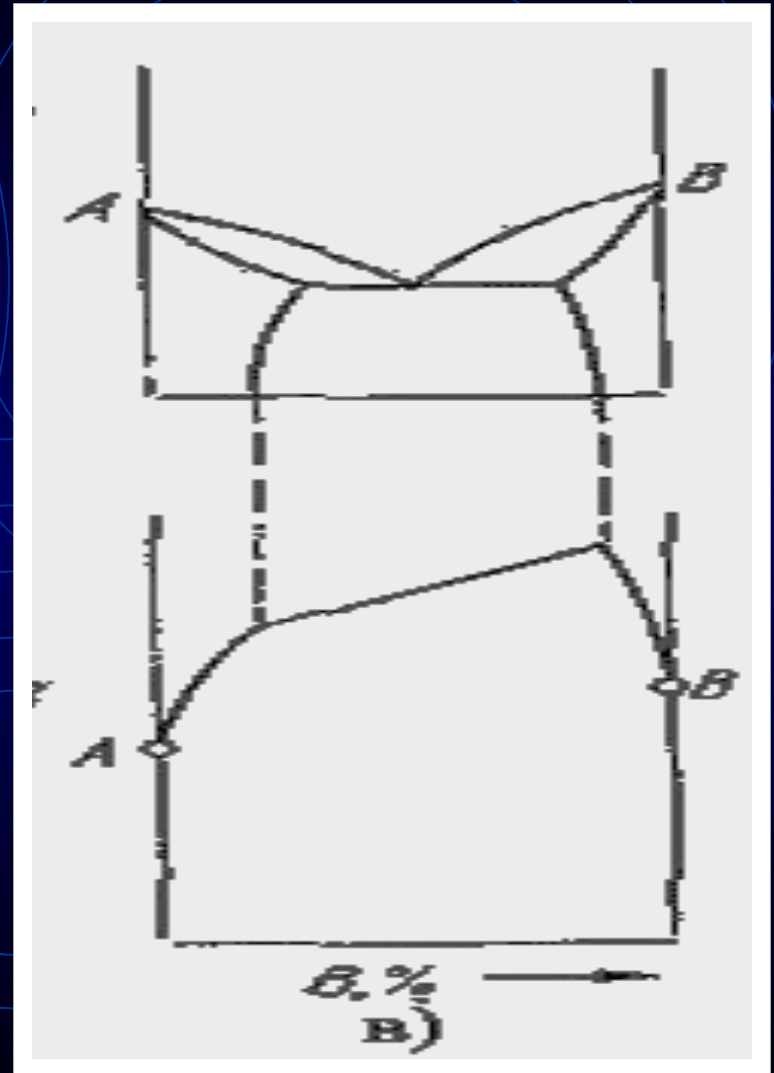


Диаграмма состояния сплавов, испытывающих фазовые превращения в твердом состоянии (а) и кривая охлаждения сплава (б)

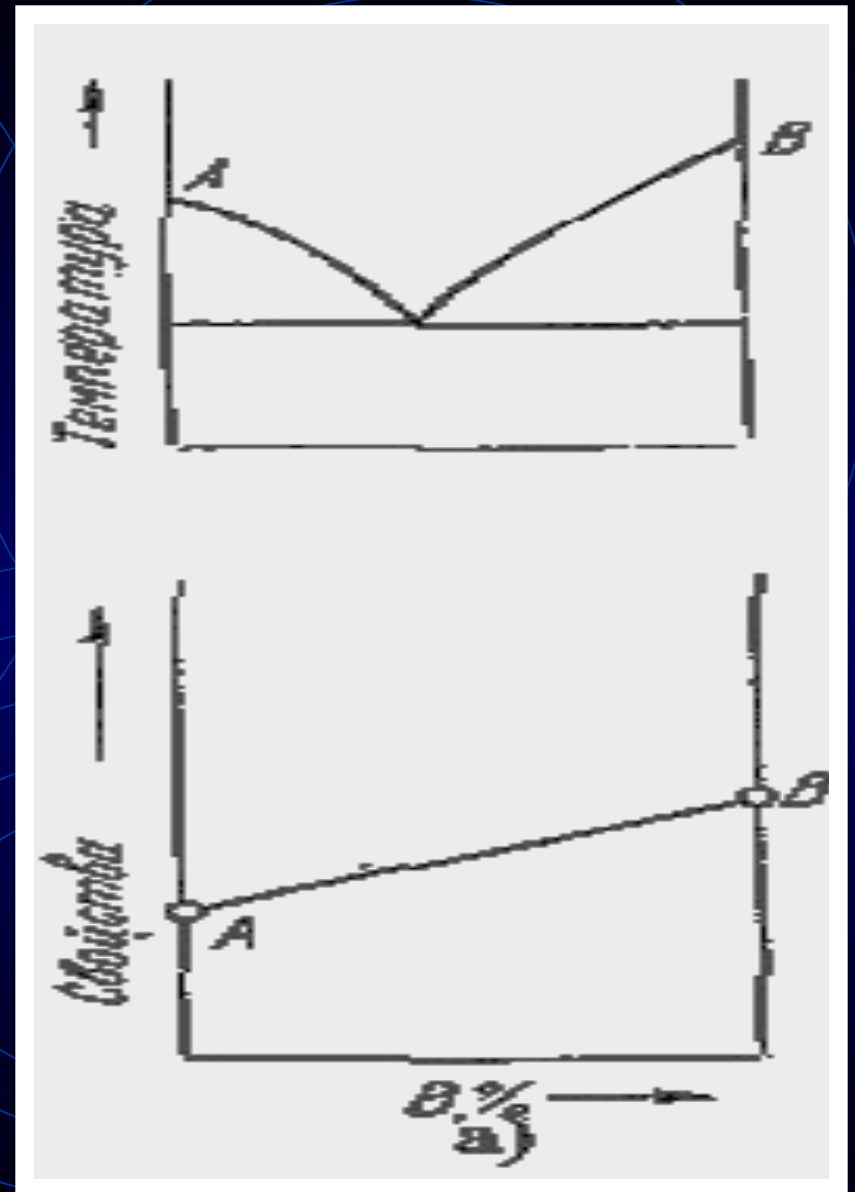


Связь между свойствами сплавов и типом диаграммы состояния

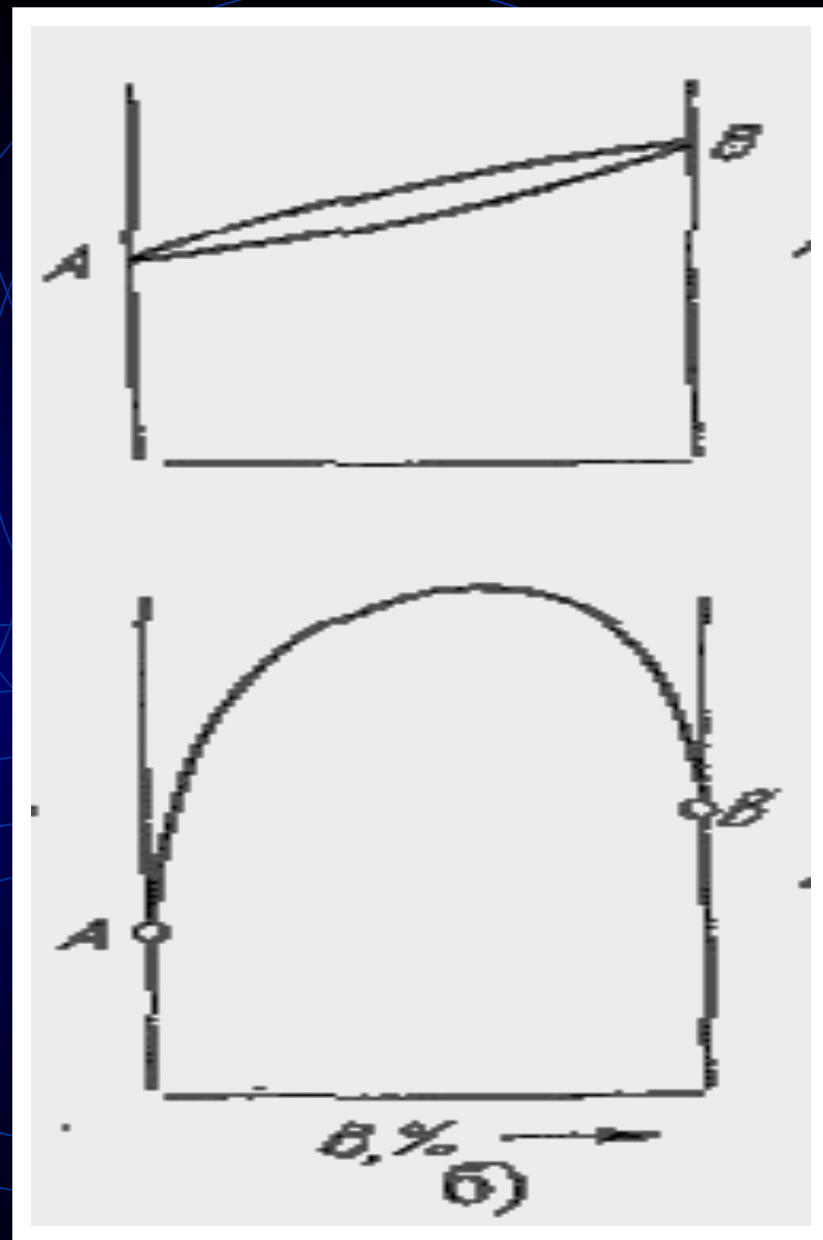
При образовании твердых растворов с ограниченной растворимостью свойства в интервале концентраций, отвечающих однофазным твердым растворам, изменяются по криволинейному закону, а в двухфазной области — по линейному закону. Причем крайние точки на прямой являются свойствами чистых фаз, предельно насыщенных твердых растворов, образующих данную смесь.



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 химических соединений концентрация химического соединения отвечает максимуму на кривой. Эта точка перелома, соответствующая химическому соединению, называется сингулярной точкой.

