



Лекция 4

Тема Лекции: Диаграммы состояния двухкомпонентных сплавов

*к.ф.-м.н., PhD, ассоциированный профессор
Тулегенова Аида Тулегенкызы*

Цель лекции:

Изучить принципы построения и анализа диаграмм состояния бинарных (двухкомпонентных) сплавов, раскрыть закономерности фазовых превращений в системах металл–металл и металл–неметалл, а также связь диаграмм состояния со структурой и свойствами сплавов.

Основные вопросы:

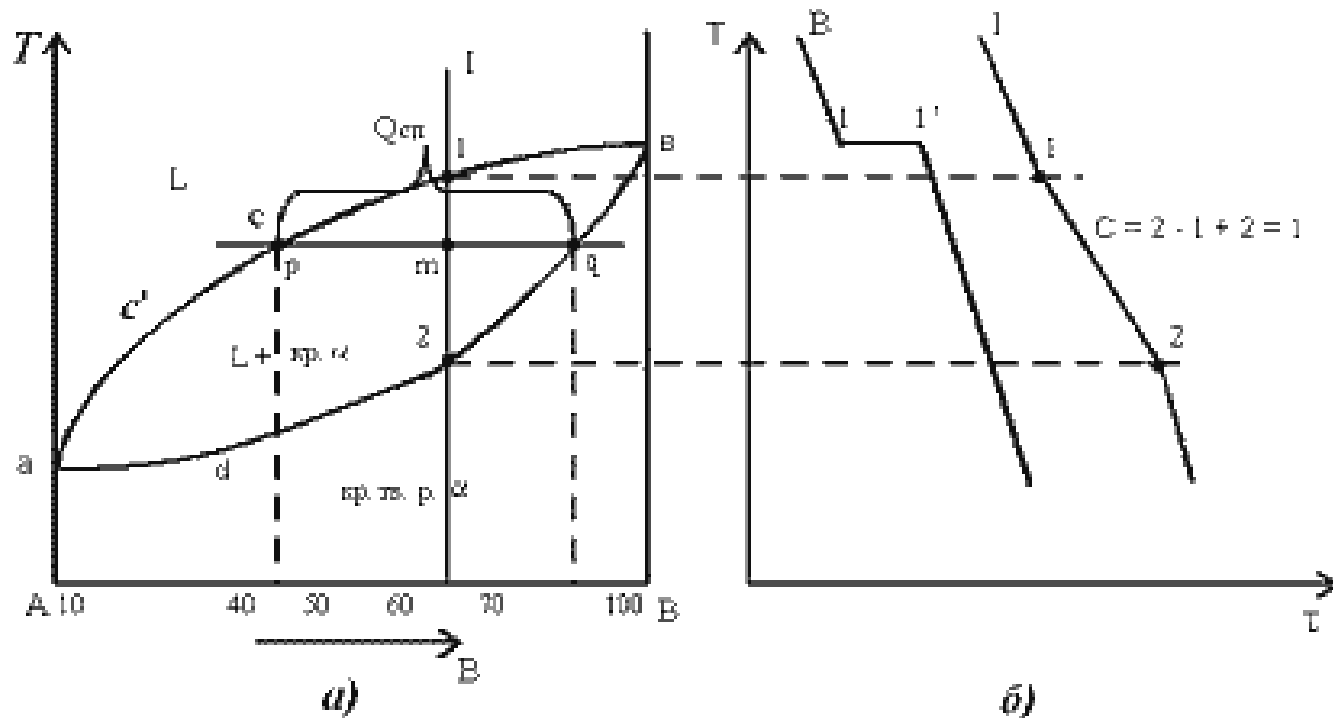
1. Диаграмма состояния сплавов с неограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии (сплавы твердые растворы с неограниченной растворимостью)
2. Диаграмма состояния сплавов с отсутствием растворимости компонентов в компонентах в твердом состоянии (механические смеси)
3. Диаграмма состояния сплавов с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии
4. Диаграмма состояния сплавов, компоненты которых образуют химические соединения.
5. Диаграмма состояния сплавов, испытывающих фазовые превращения в твердом состоянии (переменная растворимость)
6. Связь между свойствами сплавов и типом диаграммы состояния₂

Диаграмма состояния сплавов с неограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии (сплавы твердые растворы с неограниченной растворимостью). Ниже приведена Диаграмма состояния и кривые охлаждения сплавов системы. 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.

Остальные сплавы кристаллизуются аналогично сплаву I, кривая охлаждения которого представлена на след. слайде.

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



**Диаграмма состояния сплавов с неограниченной растворимостью
компонентов в твердом состоянии (а);
кривые охлаждения типичных сплавов (б)**

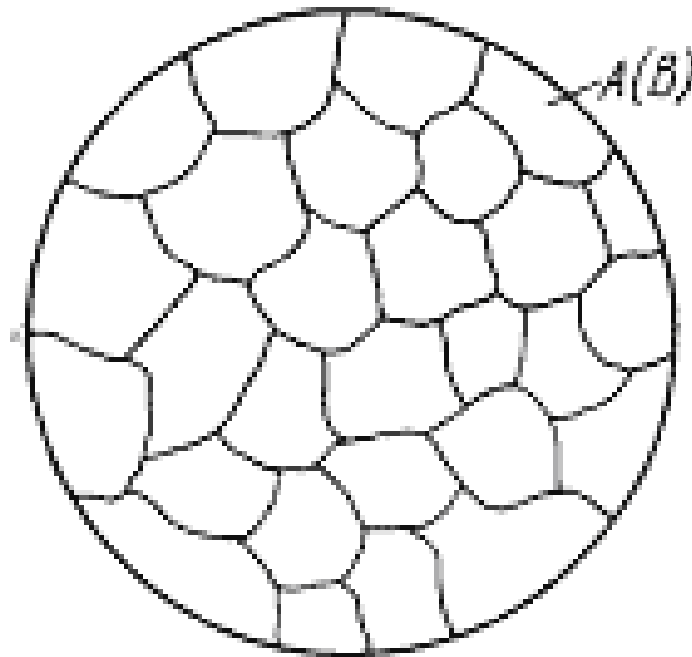
Процесс кристаллизации сплава I: до точки 1 охлаждается сплав в жидком состоянии. При температуре, соответствующей точке 1, начинают образовываться центры кристаллизации твердого раствора. На кривой охлаждения отмечается перегиб (критическая точка), связанный с уменьшением скорости охлаждения вследствие выделения скрытой теплоты кристаллизации.

На участке 1–2 идет процесс кристаллизации, протекающий при понижающейся температуре, так как согласно правилу фаз в двухкомпонентной системе при наличии двух фаз (жидкой и кристаллов твердого раствора **а**) число степеней свободы будет равно единице

$$(C = 2 - 2 + 1 = 1)$$

При достижении температуры соответствующей точке 2, сплав затвердевает, при дальнейшем понижении температуры охлаждается сплав в твердом состоянии, состоящий из однородных кристаллов твердого раствора **а**.

Микроструктуры сплава – однородного твердого раствора



Пользуясь диаграммой состояния можно для любого сплава при любой температуре определить не только число фаз, но и их состав и количественное соотношение.

Для этого используется *правило отрезков*.

Для проведения количественного структурно-фазового анализа через заданную точку проводят горизонталь (*коноду*) до пересечения с ближайшими линиями диаграммы (*ликвидус, солидус или оси компонентов*).

Количественная масса фаз обратно пропорциональна отрезкам проведенной коноды. Рассмотрим проведенную через точку ***t*** коноду и ее отрезки.

Количество всего сплава (***Q_{сн}***) определяется **отрезком *pq***.

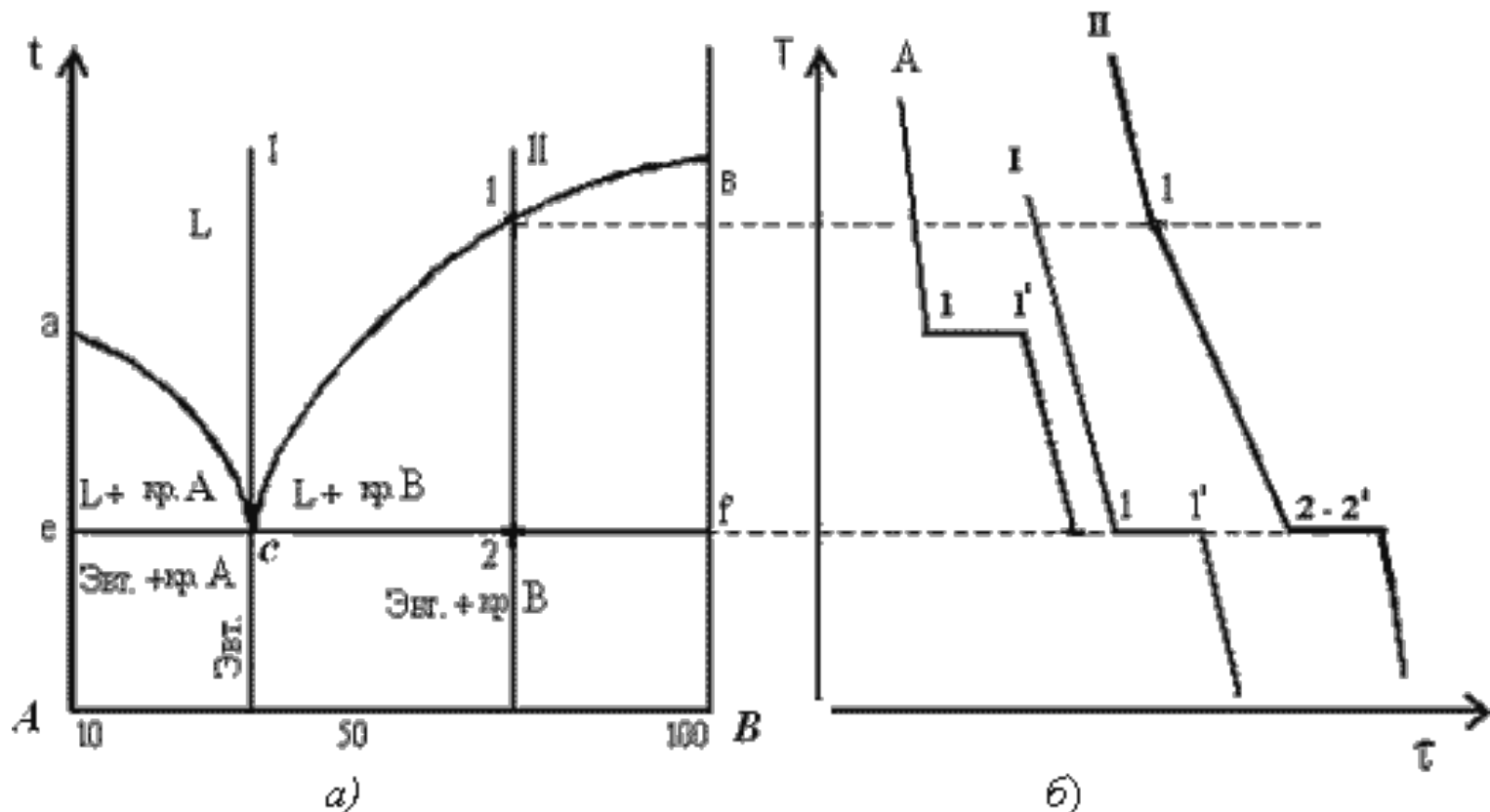
Отрезок, прилегающий к линии ликвидус ***pt***, определяет количество твердой фазы.

$$Q_{\text{тв}} = \frac{pt}{pq} \cdot 100\%$$

Отрезок, прилегающий к линии солидус (или к оси компонента) ***tq***, определяет количество жидкой фазы.

$$Q_{\text{ж}} = \frac{tq}{pq} \cdot 100\%$$

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



Проведем анализ диаграммы состояния.

1. Количество компонентов: $K = 2$ (компоненты А и В);

2. Число фаз: $f = 3$ (кристаллы компонента А, кристаллы компонента В, жидкая фаза).

3. Основные линии диаграммы:

- линия **ликвидус асв**, состоит из двух ветвей, сходящихся в одной точке;
- линия **солидус есф**, параллельна оси концентраций стремится к осям компонентов, но не достигает их;

4. Типовые сплавы системы.

а) Чистые компоненты, кристаллизуются при постоянной температуре, показана кривая охлаждения компонента А.

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

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

Вопросы для контроля изучаемого материала:

1. Чем отличаются идеальные и реальные кристаллы?
2. Какие бывают точечные дефекты и как они влияют на свойства вещества?
3. В чём разница между краевой и винтовой дислокацией?
4. Что называют границей зёрен и какие процессы с ней связаны?
5. Как дефекты влияют на механические и электрические свойства материалов?

Список литературных источников:

6. Соколова Т. Н. Физика конденсированного состояния. — М.: Лань, 2020.
7. Китаев В. П. Физика твёрдого тела. — М.: Физматлит, 2021.
8. Капустин А. П. Кристаллография, минералогия и физика твёрдого тела. — М.: МИСиС, 2020.
9. Kittel, C. Introduction to Solid State Physics. — Wiley, 2022.
10. Ashcroft, N. W., Mermin, N. D. Solid State Physics. — Cengage, 2019.