

## Лабораторная работа N 1

### ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ СПЛАВОВ С ОТСУТСТВИЕМ РАСТВОРИМОСТИ КОМПОНЕНТОВ В ТВЕРДОМ СОСТОЯНИИ (МЕХАНИЧЕСКИЕ СМЕСИ) Диаграмма состояния 1-го рода

Диаграмма состояния и кривые охлаждения типичных сплавов системы представлены на рис. 1 (пример)

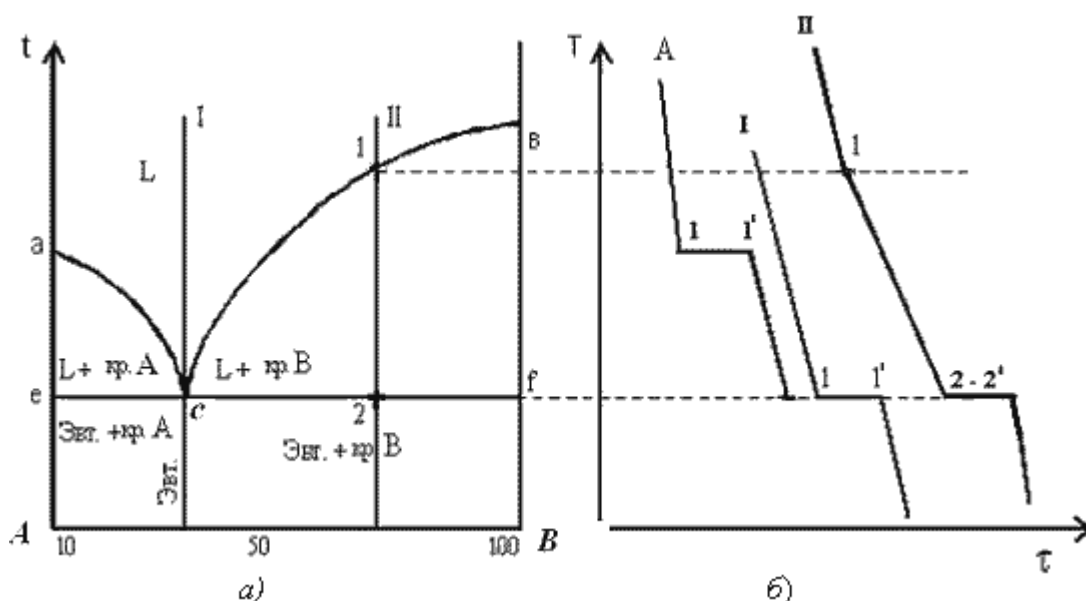


Рис.1. Диаграмма состояния сплавов с отсутствием растворимости компонентов в твердом состоянии (а) и кривые охлаждения сплавов (б)

#### Варианты задания по диаграмме состояния 1-го рода

Построить диаграмму состояния для сплава типа механическая смесь **Zn-Cd** по нижеприведенным данным.

Содержание компонента А в масс.%	100	95	90	85	80	75	70	65	60	50	40	17*	0
Температура начала кристаллизации °С	420	407	392	380	370	360	350	345	340	325	315	263	320
Температура конца кристаллизации °С	263												

Примечание :263 \* - температура эвтектики

Сделать разрез сплава Zn - Cd на диаграмме состояния, как показано на рис.1 и описать состояние сплава в каждой точке. Должно быть 5 точек:

1 – точка над линией ликвидуса,

2 – на линии,

3 – между линиями,

4 – на линии солидуса

5 – ниже линии солидуса

Варианты разреза по диаграмме состояния ( у каждого свой вариант)

Вар. N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Концентрация компонента Zn	90	80	70	60	55	50	45	40	45	95

### Анализ диаграммы состояния.

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

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

3. Основные линии диаграммы:

Линия ликвидус  $ac'b$ , состоит из двух ветвей, сходящихся в одной точке;

Линия солидус  $escf$ , параллельна оси концентраций стремится к осям компонентов, но не достигает их;

4. Типовые сплавы системы.

а) Чистые компоненты, кристаллизуются при постоянной температуре, на рис. 1 б 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 (рис. 1 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)

**Процесс кристаллизации эвтектического сплава:** до точки 1 охлаждается сплав в жидком состоянии. При температуре, соответствующей точке 1, начинается одновременная кристаллизация двух разнородных компонентов. На кривой охлаждения отмечается температурная остановка, т.е. процесс идет при постоянной температуре, так как согласно правилу фаз в двухкомпонентной системе при наличии трех фаз (жидкой и кристаллов компонентов А и В) число степеней свободы будет равно нулю ( $C = 2 - 3 + 1 = 0$ ). В точке 1/ процесс

кристаллизации завершается. Ниже точки 1' охлаждается сплав, состоящий из дисперсных разнородных кристаллов компонентов А и В.

в) Другие сплавы системы аналогичны сплаву II, кривую охлаждения сплава см на рис 5.3.б.

**Процесс кристаллизации сплава II:** до точки 1 охлаждается сплав в жидком состоянии. При температуре, соответствующей точке 1, начинают образовываться центры кристаллизации избыточного компонента В.

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 компонента В) число степеней свободы будет равно единице ( $C = 2 - 2 + 1 = 1$ ). При охлаждении состав жидкой фазы изменяется по линии ликвидус до эвтектического. На участке 2–2' кристаллизуется эвтектика (см. кристаллизацию эвтектического сплава). Ниже точки 2' охлаждается сплав, состоящий из кристаллов первоначально закристаллизовавшегося избыточного компонента В и эвтектики.

Схема микроструктуры сплава представлена на рис. 2.

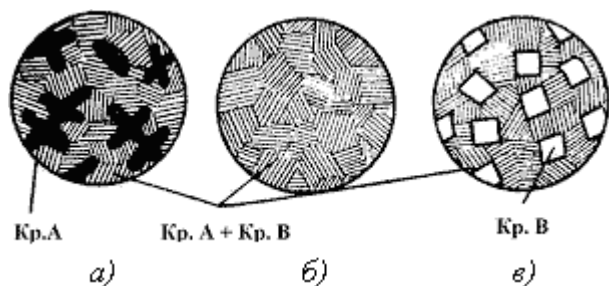


Рис. 2. Схема микроструктур сплавов: а – доэвтектического, б – эвтектического, в – заэвтектического

5. При проведении количественного структурно-фазового анализа, конода, проведенная через заданную точку, пересекает линию ликвидус и оси компонентов, поэтому состав твердой фазы или 100 % компонента А, или 100 % компонента В.

## Вопросы

1. Что такое кривая охлаждения; критическая точка, что она показывает?
2. Что такое эвтектика, при каких условиях она образуется?
3. Что такое ликвидус
4. Что такое солидус
5. Какие линии диаграммы носят название ликвидус и солидус.

## ЛАБОРАТОРНАЯ N2

### ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ СПЛАВОВ С НЕОГРАНИЧЕННОЙ РАСТВОРИМОСТЬЮ КОМПОНЕНТОВ В ТВЕРДОМ СОСТОЯНИИ (Диаграмма состояния 2-го рода)

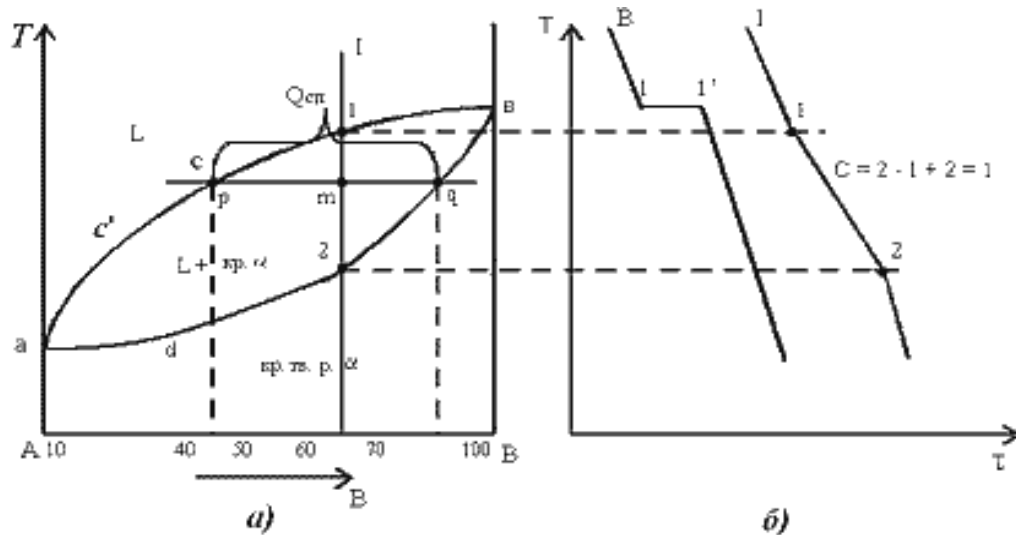


Рис.1 Диаграмма состояния сплавов с неограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии (а); кривые охлаждения типичных сплавов (б)

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

#### Варианты задания по диаграмме состояния 2-го рода

Построить диаграмму состояния для сплава твердого раствора замещения **Ni-Cu** (компонент А – компонент Б), по нижеприведенным данным.

Содержание компонента А в масс.%	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Температура °С начала кристаллизации	1450	1438	1415	1390	1360	1325	1292	1252	1207	1150	1085
Температура °С конца кристаллизации	1450	1391	1340	1297	1255	1215	1180	1150	1125	1100	1085

Сделать разрез сплава **Ni-Cu** на диаграмме состояния, как показано на рис.1 и описать состояние сплава в каждой точке. Должно быть 5 точек:

- 1 – точка над линией ликвидуса,
- 2 – на линии,

- 3 – между линиями,
- 4 – на линии солидуса
- 5 – ниже линии

Варианты разреза по диаграмме состояния ( у каждого свой вариант)

Вар. N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Концентрация компонента Zn	90	80	70	60	55	50	45	30	25	15

### Анализ полученной диаграммы.

1. Количество компонентов:  $K = 2$  (компоненты А и В).
2. Число фаз:  $f = 2$  (жидкая фаза L, кристаллы твердого раствора  $\alpha$ )
3. Основные линии диаграммы:
  - $A_{cb}$  – линия ликвидус, выше этой линии сплавы находятся в жидком состоянии;
  - $A_{db}$  – 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. .1,б.

Остальные сплавы кристаллизуются аналогично сплаву I, кривая охлаждения которого представлена на рис. 1, б.

**Процесс кристаллизации сплава I:** до точки 1 охлаждается сплав в жидком состоянии. При температуре, соответствующей точке 1, начинают образовываться центры кристаллизации твердого раствора  $\alpha$ . 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.

Согласно правилу фаз в двухкомпонентной системе при наличии двух фаз (жидкой и кристаллов твердого раствора  $\alpha$ ) 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  $\alpha$ . Схема микроструктуры сплава представлена на рис. 2.

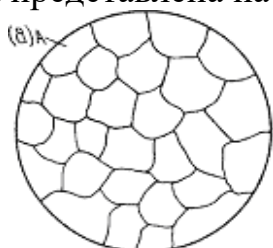


Рис. .2. Схема микроструктуры сплава – однородного твердого раствора

## 5. Количественный структурно-фазовый анализ сплава.

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).

А). Определение состава фаз в точке  $t$ :

Для его определения через точку  $t$  проводят горизонталь до пересечения с ближайшими линиями диаграммы: ликвидус и солидус.

Состав жидкой фазы определяется проекцией точки пересечения горизонтали с линией ликвидус  $p$  на ось концентрации.

Состав твердой фазы определяется проекцией точки пересечения горизонтали с линией солидус  $q$  (или осью компонента) на ось концентрации.

Состав жидкой фазы изменяется по линии ликвидуса, а состав твердой фазы – по линии солидуса.

С понижением температуры состав фаз изменяется в сторону уменьшения содержания компонента В.

Б). Определение количественного соотношения жидкой и твердой фазы при заданной температуре (в точке  $t$ ):

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

Количество всего сплава ( $Q_{cn}$ ) определяется отрезком  $pq$ .

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

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

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

$$Q_{ж} = \frac{tq}{pq} \cdot 100\%$$

## Вопросы

1. Что называется фазой ?
2. Что такое твердый раствор, какие типы твердых растворов вы знаете?
3. Что представляет собой микроструктура твердого раствора?
4. Приведите примеры химических соединений металла.
5. Как зависит изменение свойств сплавов от типа диаграмм состояния
6. Какие компоненты образуют фазы внедрения?
7. Что такое кривая охлаждения; критическая точка, что она показывает?
8. Что такое эвтектика, при каких условиях она образуется?
9. Что такое перитектическое превращение?
10. Какие линии диаграммы носят название ликвидус и солидус, линии предельной растворимости?

11. Как повлияет на твердость сплава появление в его структуре химического соединения?
12. Что такое полиморфное превращение?
13. Какие компоненты образуют фазы внедрения?
14. Какие фазовые превращения при охлаждении происходят в сталях?
15. В сталях какого состава феррит присутствует как структурная составляющая, а в каких - как фаза?
16. В сплавах какого состава отсутствует перлит?
17. Какой состав имеет сплав, структура которого состоит из феррита?
18. Каково максимально возможное количество вторичного и третичного цементита в углеродистой стали?
19. Каковы различия в затвердевании белых, серых и половинчатых чугунов?
20. Какие линии диаграммы носят название ликвидус и солидус, линии предельной растворимости?
21. Как зависит изменение свойств сплавов от типа диаграмм состояния?