

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СВИНЦОВО-СУРЬМЯНИСТЫХ СПЛАВОВ И ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ

Цель работы

Ознакомиться с методиками проведения термического анализа сплавов и экспериментального построения диаграмм состояния.

Задание

1. Произвести термический анализ свинцово-сурьмянистых сплавов с различным соотношением компонентов.
2. Определить значения критических температур для каждого исследуемого сплава.
3. Построить приближенную диаграмму состояния для свинцово-сурьмянистых сплавов.
4. Изучить правила фаз и отрезков.

Основные сведения

Сплавы - это сложные вещества, полученные сплавлением двух и более компонентов.

Строение сплава зависит от того, в какие взаимодействия вступают компоненты, образующие сплав. В связи с этим могут быть образованы три вида сплавов: механические смеси, твердые растворы. и химические соединения.

Сплав системы Pb - Sb относится к сплавам типа "механические смеси". Механическая смесь образуется тогда, когда компоненты, образующие сплав, взаимно растворимы в жидком состоянии, не растворимы в твердом состоянии и не образуют химических соединений.

Особенность кристаллизации сплавов типа механические смеси рассмотрим на примере сплавов Pb-Sb следующего состава:

1. 5% Sb и 95% Pb

2. 13% Sb и 87% Pb

3. 30% Sb и 70% Pb

Кривые охлаждения этих сплавов представлены на рис.1.2.3 .

Кривая охлаждения сплава из 5 % Sb и 95 % Pb состоит из четырех участков (рис. 1)

1 - охлаждение сплава в жидком состоянии;

2 - кристаллизация избыточного компонента (Pb) в интервале температур – T_1 - T_2 ;

3 - одновременная кристаллизация свинца и сурьмы при постоянной температуре T_2 .

4 - охлаждение сплава в твердом состоянии.

Кристаллизация сплава начинается при температуре T_1 (верхняя критическая температура) и протекает при переменной температуре до T_2 (нижняя критическая температура).

В интервале температур $T_1 \dots T_2$ из жидкости выделяются кристаллы избыточного компонента (Pb).

Если из жидкости выделяются кристаллы Pb , то концентрация Pb в жидкой фазе уменьшается, а концентрация Sb в жидкой фазе увеличивается. В процессе кристаллизации концентрация компонентов в жидкой фазе изменяется и стремится к такой концентрации (13% Sb и 87% Pb), когда оба компонента Pb и Sb из жидкости кристаллизуются совместно. Одновременная кристаллизация сурьмы и свинца протекает при постоянной температуре.

В сплаве, содержащем 13 % Sb и 87 % Pb , из жидкой фазы происходит одновременная кристаллизация обоих компонентов (рис.2). В результате образуется однородная механическая смесь. Структура, состоящая из двух или более твердых фаз, одновременно кристаллизовавшихся из жидкости, называется эвтектикой.

В сплаве, содержащем 30% Sb и 70% Pb, процесс кристаллизации начинается при температуре T_1 . Из жидкой фазы начинают кристаллизоваться кристаллы компонента, находящегося в избытке относительно эвтектической концентрации, т.е. Sb (рис.3). Если из жидкости выделяются кристаллы сурьмы, то в процессе кристаллизации жидкая фаза обогащается свинцом. Когда концентрация компонентов в жидкой фазе достигнет эвтектической концентрации (т.е. 13% Sb и 87% Pb), то начнется совместная кристаллизация обоих компонентов при постоянной температуре T_2 .

Кривые охлаждения показывают, что все сплавы системы Pb - Sb окончательно затвердевают при постоянной температуре - T_2 . Это дает основание считать, что затвердевшая при постоянной температуре - T_2 часть жидкого сплава имеет постоянный состав. Такому составу соответствует сплав, содержащий 13 % Sb и 87 % Pb. Для сплавов типа механические смеси температура конца кристаллизации не зависит от концентрации сплава, она постоянна для всех сплавов. Температура начала кристаллизации изменяется в зависимости от концентрации компонентов в сплаве.

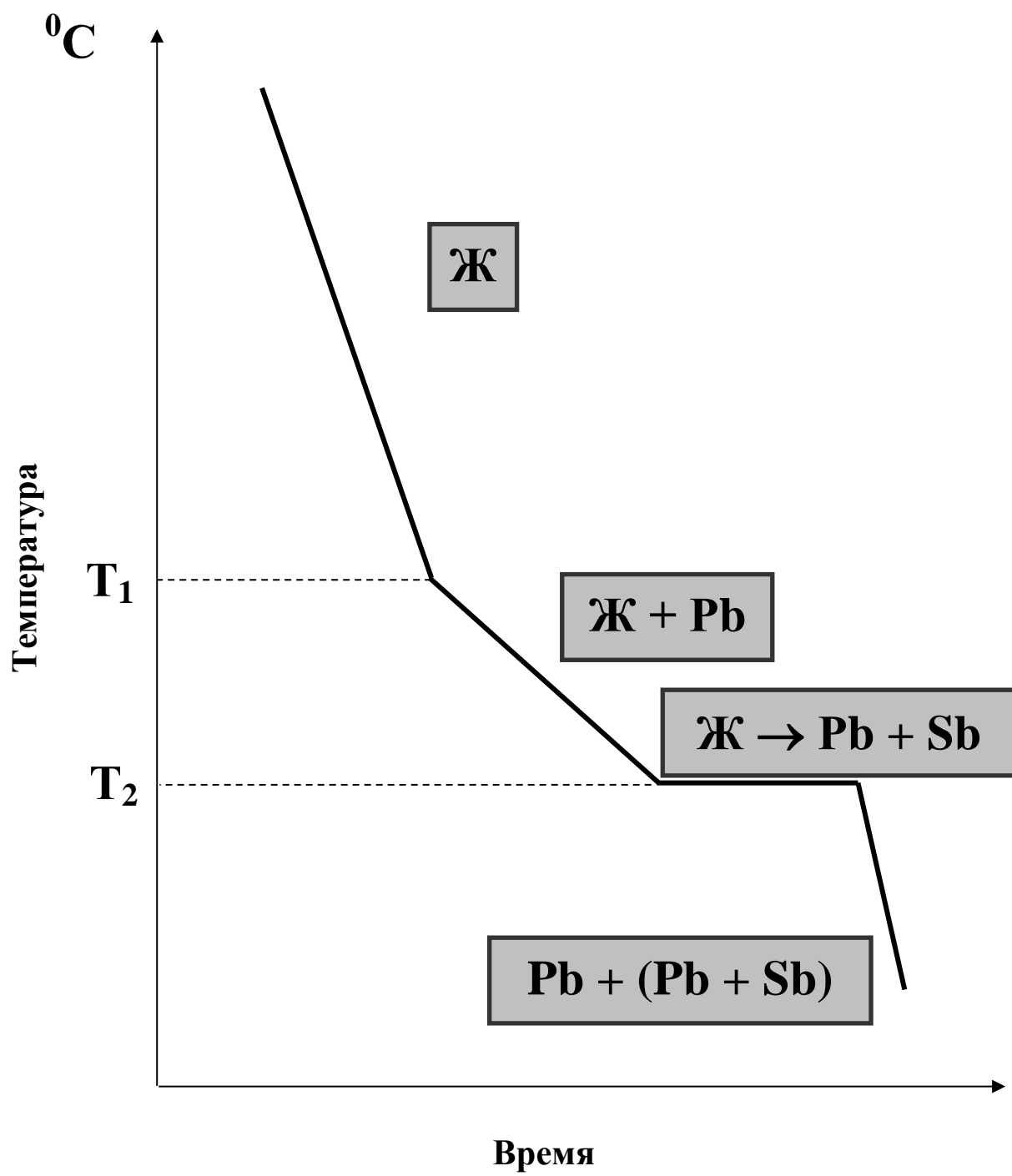


Рис.1. Кривая охлаждения доэвтектического сплава

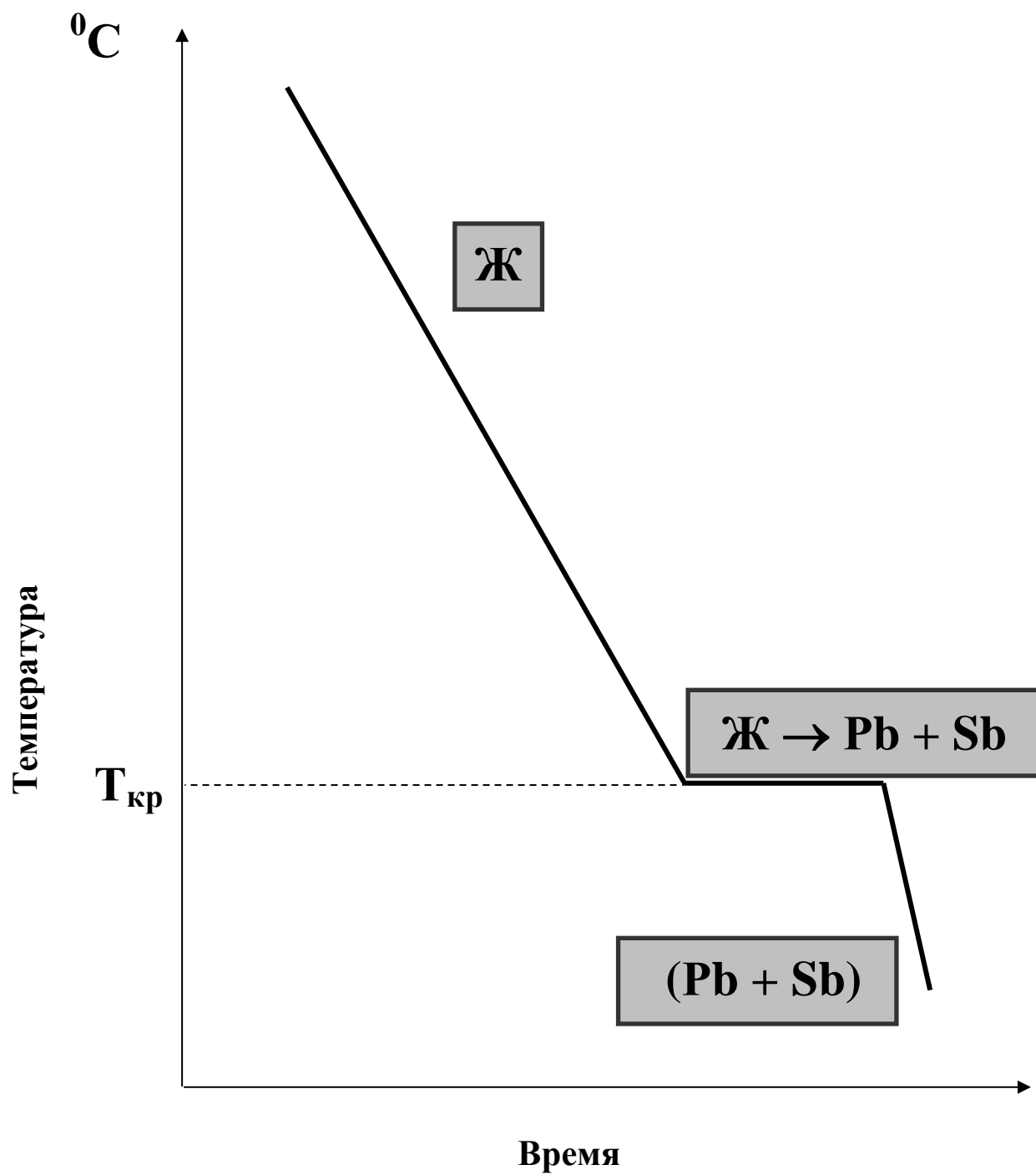


Рис.2. Кривая охлаждения эвтектического сплава

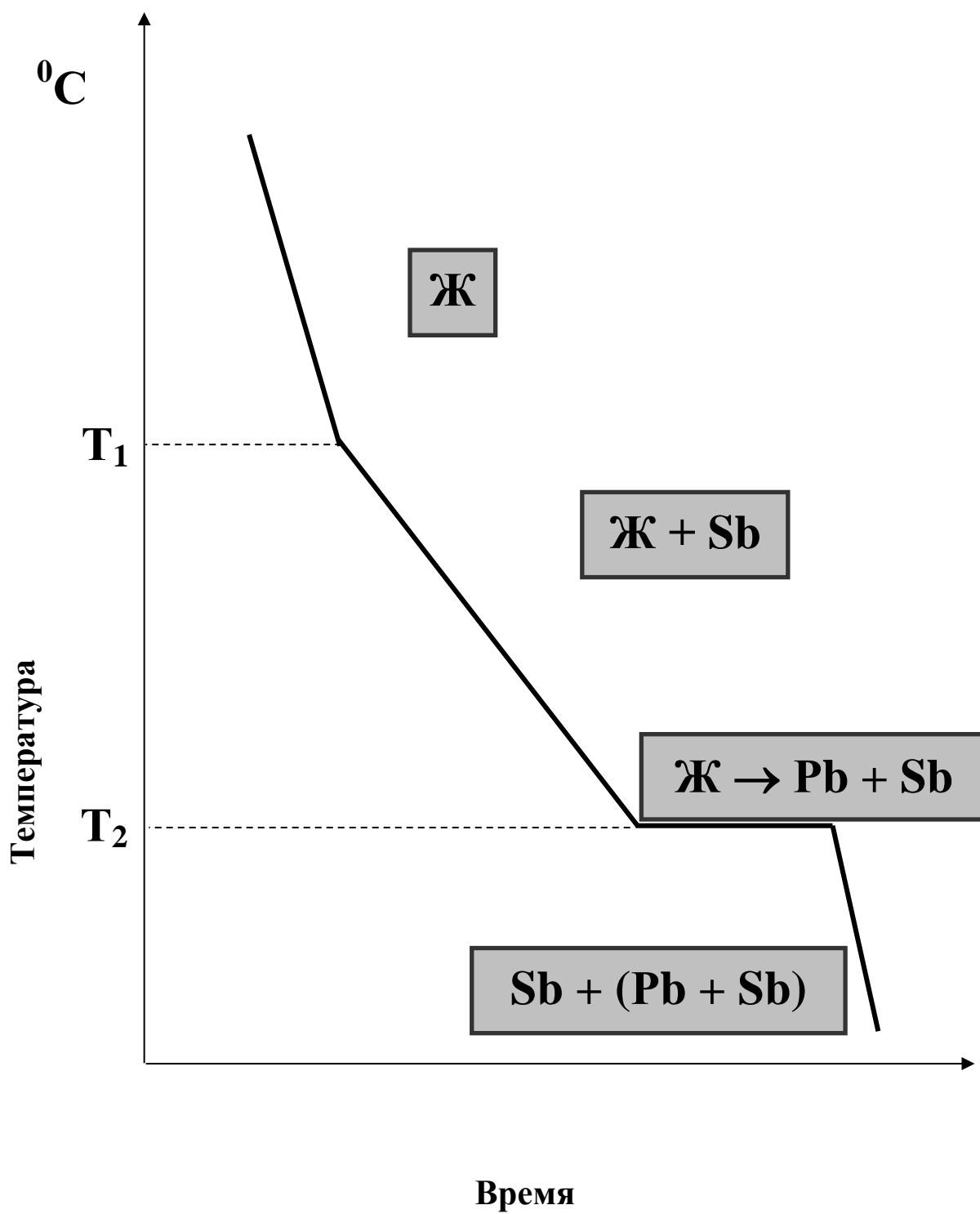


Рис.3. Кривая охлаждения заэвтектического сплава

Построение диаграммы состояния

Диаграмма состояния представляет собой графическое изображение состояния сплава в зависимости от температуры и концентрации компонентов.

Диаграмма состояния может быть построена по данным кривых охлаждения сплавов различного состава.

Диаграмму состояния сплавов, состоящих из двух компонентов, строят в координатах "температура - концентрация" (рис.4). По оси ординат откладывают температуру, по оси абсцисс - концентрацию. Общее содержание обоих компонентов в сплаве равно 100 %. По оси абсцисс от 0 до 100 % увеличивается концентрация Sb в сплаве, следовательно, концентрация Pb в сплаве будет возрастать справа налево. Таким образом, крайние ординаты соответствуют чистым компонентам Pb и Sb. На оси ординат в точках, соответствующих чистым компонентам, отмечают значения температур кристаллизации Pb и Sb. Затем на основании проведенного термического анализа сплавов Pb - Sb с различным содержанием компонентов строят кривые охлаждения с целью определения температуры начала кристаллизации T_1 и конца кристаллизации T_2 .

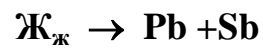
Значения температур – T_1 и T_2 для каждого сплава наносят на вертикаль, соответствующую концентрации данного сплава. Соединяют температуры кристаллизации чистых металлов и температуры начала кристаллизации - T_2 плавной линией. Кривая, отвечающая началу равновесной кристаллизации сплавов, называется линией ликвидус (АСВ).

Кривая, проведенная через точки конца кристаллизации, называется линией солидус (ДСЕ).

Выше линии ликвидус сплав находится в жидком состоянии, ниже линии солидус - в твердом. Сплав, содержащий 13% Sb, является эвтектическим. Сплавы, в которых Sb меньше 13%, называются доэвтектическими; если содержание Sb больше 13%, - то такие сплавы являются заэвтектическими,

В доэвтектических сплавах ниже линии AC начинается процесс кристаллизации, из жидкости выделяются кристаллы Pb, в заэвтектических сплавах ниже линии GB выделяются кристаллы Sb. Следовательно, в области ACD существуют две фазы: Ж + Pb, в области CBE: Ж + Sb.

В процессе кристаллизации доэвтектических и заэвтектических сплавов концентрация жидкой фазы изменяется и стремится к эвтектической. На линии DCE из жидкости эвтектической концентрации одновременно выделяются кристаллы Pb и Sb, т.е. кристаллизуется эвтектика:



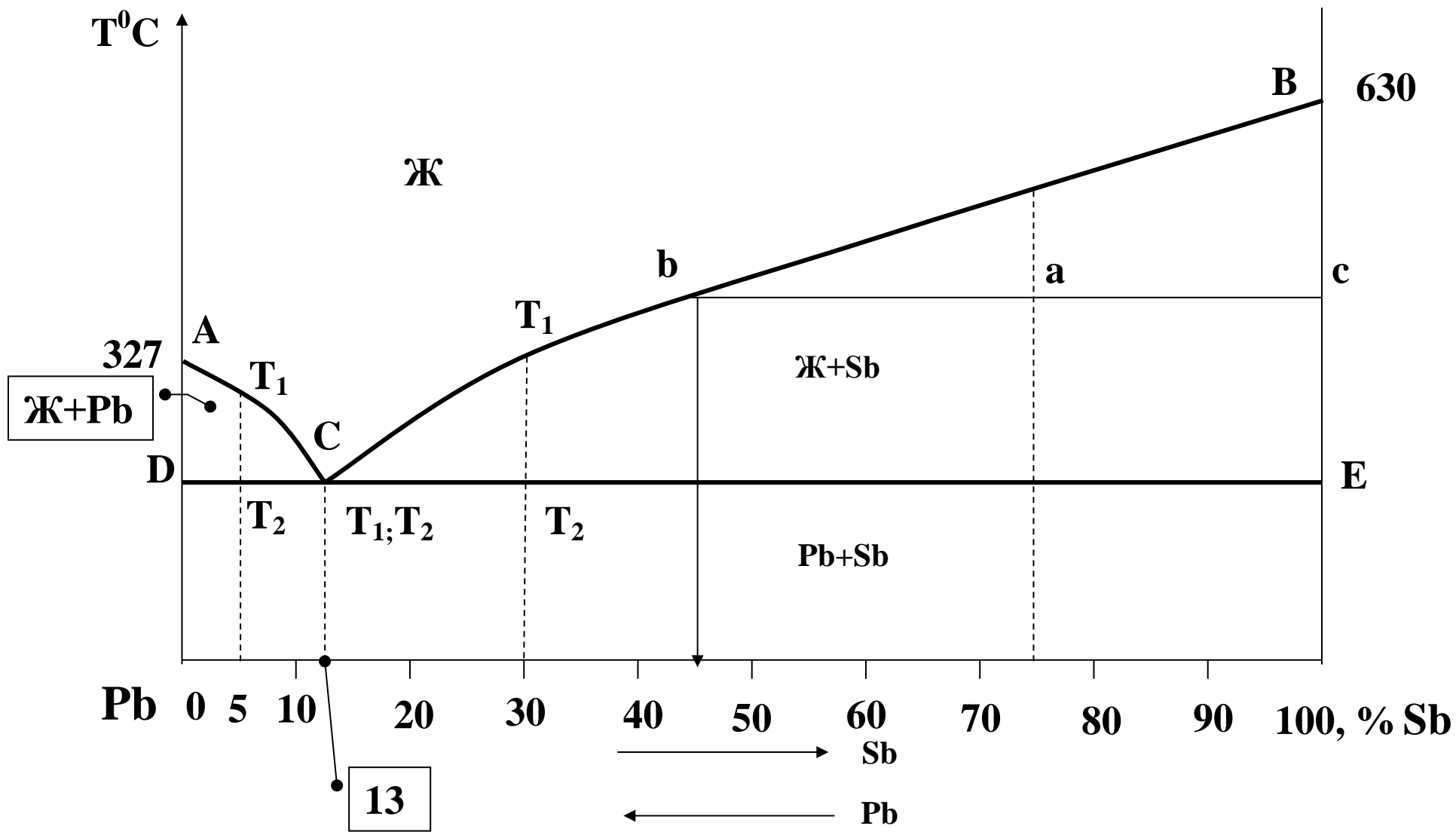


Диаграмма состояния Pb-Sb

Правило фаз

Диаграмма состояния дает представление о процессах кристаллизации сплавов, показывает области существования сплавов в жидком и твердом состояниях и интервал кристаллизации, позволяет определять равновесный состав жидкой и твердой фаз на любой стадии кристаллизации.

Процесс кристаллизации подчиняется правилу фаз, которое дает количественную зависимость между степенью свободы системы и количеством фаз и компонентов.

Фазой называется однородная часть неоднородной системы, разграниченная от других частей системы (фаз) поверхностью раздела, при переходе через которые химический состав или структура вещества изменяются скачком.

Для условий, когда все превращения происходят при постоянном давлении, правило фаз выражается уравнением

$$C = k - f + 1$$

где: C - число степеней свободы системы, т.е. число внешних (температура) и внутренних (концентрация) факторов, которые можно изменять без изменения числа фаз в системе;

k - число компонентов;

f - число фаз.

Процесс кристаллизации сплавов Pb-Sb с точки зрения правила фаз представляется в таком виде.

В период охлаждения жидкого сплава число степеней свободы будет две:

$$C = k - f + 1 = 2 - 1 + 1 = 2$$

Это значит, что можно менять в известных пределах температуру, а также можно изменять концентрацию жидкого раствора, добавляя к нему свинец или сурьму, а сплав останется однофазным (жидкий раствор).

В период выделения кристаллов пересыщающего компонента из жидкого раствора (между линией ликвидус и солидус) .

$$C = k - f + 1 = 2 - 2 + 1 = 1.$$

Это значит, что в известных пределах можно повышать или понижать температуру, но число фаз останется равным двум:

жидкий раствор и твердые кристаллы.

В период образования эвтектики (линия солидус) число степеней свободы равно 0, так как:

$$C = k - f + 1 = 2 - 3 + 1 = 0.$$

Это значит, что процесс кристаллизации эвтектики происходит при постоянной температуре, причем концентрация сурьмы в каждой фазе строго постоянна, а именно: в жидком растворе - 13 % - Sb , в твердых кристаллах сурьмы - 100 % Sb , в твердых кристаллах свинца - 100 % Pb.

Правило отрезков

Для определения количественного соотношения фаз и концентрации фаз применяют правило отрезков (или правило рычага).

Рассмотрим на диаграмме состояния системы Pb-Sb сплав с исходной концентрацией K. При температуре T сплав состоит из кристаллов сурьмы и жидкости. Для определения состава фаз через заданную точку *a* проводят линию до пересечения с границами области диаграммы. Проекция точки *b* на ось концентрации покажет состав жидкой фазы, а проекция точки *c* - состав твердой фазы. Из диаграммы видно, что в процессе кристаллизации при

понижении температуры , состав жидкой фазы изменяется по линии ликвидус и стремится к эвтектической концентрации, а состав твердой фазы остается постоянным.

При кристаллизации изменяется и соотношение фаз: количество твердой фазы увеличивается, жидкой - уменьшается.

Обозначим вес жидкой фазы через $Q_{ж}$, твердой через $Q_{ТВ}$, а общий вес жидкой и твердой фаз через Q . Если написать уравнение моментов относительно точки a , то:

$$Q_{ж} \cdot ab = Q_{ТВ} \cdot ac ; Q_{ж} / Q_{ТВ} = ac/ab ; Q_{ж} / Q = ac/bc ; Q_{ж} = ac/bc \cdot 100\% ;$$

$$Q_{ТВ} / Q = ab/bc ; Q_{ТВ} = ab/bc \cdot 100\%$$

Методика работы

Методика выполнения работы аналогична работе № I. Исследования проводятся на той же установке. Результаты термического анализа каждого из трех сплавов записываются в таблицу.

Таблица 1

Номер отсчета	Показания			Примечание
	гальванометра, мВ			
	5 % Sb	13 % Sb	30 % Sb	Отсчет производится через каждые 30 сек.

- 1.
- 2.
- 3.
- и т.д.

По данным термического анализа строят кривые охлаждения в координатах "ЭДС - время", где определяют значения ЭДС₁ - соответствующее началу кристаллизации и ЭДС₂ - соответствующее концу кристаллизации.

Пользуясь градуировочной кривой (лабораторная работа № I), определяют по значению ЭДС верхнюю и нижнюю критические температуры в °С. Эти данные также записываются в табличной форме, (табл. 2) .

Таблица 2

Металл или сплав	Верхняя критическая температура T ₁ (начало кристаллизации)		Нижняя критическая температура T ₂ , (конец кристаллизации)	
	ЭДС	°С	ЭДС	°С

0 % Sb (чистый свинец)

5 % Sb, 95 % Pb

13 % Sb, 87 % Pb

30 % Sb, 70 % Pb

100 % Sb (чистая сурьма) .

На основании табл. 2 строится диаграмма состояния системы свинец-сурьма.

Порядок оформления отчета

В отчете приводятся:

1. Цель работы и задания по ее выполнению.
2. Результаты измерения ЭДС для всех исследованных сплавов (табл. 1).
3. Значения критических температур для свинца, сурьмы и их сплавов (табл. 2).
4. Построенная по результатам эксперимента приближенная диаграмма состояния сплавов Pb - Sn.

Литература

1. Солнцев Ю.П., Пряхин Е.П., Войткун Ф. Материаловедение- М.: МИСиС, 1999, 477 с.
2. Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов- М.: Металлургия, 1993, 447 с.