

Составитель А.М. Халиков

УДК 669.018(07)
ББК 34.2(я7)

Диаграмма состояния и структура сплавов систем «медь – никель» и «свинец – сурьма»: Методические указания к лабораторной работе № 7 по дисциплине «Материаловедение» / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; Сост. А.М. Халиков. – Уфа, 2008. – 13с.

Методические указания к лабораторной работе составлены в соответствии с программой курса «Материаловедение». Они содержат теоретические основы строения металлических сплавов, позволяющие выполнять лабораторную работу в виде завершеного исследования. Для самоконтроля в конце описания даны вопросы, рассчитанные на творческое осмысление теоретической части.

Ил. 4. Библиогр.: 2 назв.

Рецензенты: Грешнов В.М.,
Каравая М.В.

© Уфимский государственный
авиационный технический университет, 2008

Содержание

Введение.....	4
1. Цель работы.....	5
2. Основные понятия теории сплавов	5
3. Диаграммы состояния	7
3.1. Диаграмма состояния системы «медь – никель»	7
3.2. Диаграмма состояния системы «свинец – сурьма»	9
3.3. Определение по микроструктуре химического состава сплава	11
4. Содержание отчета	12
5. Контрольные вопросы	13
Список литературы	13

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторный практикум составлен на базе лабораторных работ, используемых на кафедре материаловедения и физики металлов при изучении курса «Материаловедение» в последние 15...20 лет.

Решение важнейших технических проблем, связанных с экономией материалов, уменьшением массы машин и приборов, повышением точности, надежности и работоспособности механизмов и приборов во многом зависит от развития материаловедения.

Теоретической основой материаловедения являются соответствующие разделы физики и химии, однако, наука о материалах, в основном, развивается экспериментальным путем.

Рассматриваемая работа посвящена анализу формирования структур сплавов в зависимости от состава сплава и изменений температуры в соответствии с конкретной диаграммой состояния. Понятие «*диаграмма состояния*» является ключевым в материаловедении, поэтому в работе подробно рассмотрены как конкретные диаграммы состояния, так и методы их исследования.

Значительное место в практикуме отведено указаниям методологического характера, чтобы направить мыслительную деятельность студентов по оптимальному пути, обеспечивающему получение правильного результата при минимальных затратах времени и с наименьшим количеством ошибок.

Одним из основных назначений данной работы является получение студентами навыков самостоятельной работы по анализу диаграммы состояния.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ И СТРУКТУРА СПЛАВОВ СИСТЕМ «МЕДЬ – НИКЕЛЬ» И «СВИНЕЦ – СУРЬМА»

1. Цель работы

1.1. Научиться, пользуясь диаграммами состояния, анализировать формирование структуры сплавов при изменении химического состава и температуры.

1.2. Ознакомиться со структурами сплавов систем «медь – никель» и «свинец – сурьма» в равновесном состоянии.

2. Основные понятия теории сплавов

Металлический сплав представляет собой макроскопически однородное вещество (систему), полученное сплавлением (соединением в жидком состоянии) двух или большего числа металлов (реже металлов и неметаллов) и имеющее характерные металлические свойства.

Индивидуальные химические вещества (химические элементы, устойчивые химические соединения), при сплавлении которых образуется сплав, называются *компонентами*.

Компоненты сплава при сплавлении вступают между собой в физико-химическое взаимодействие, что приводит к образованию в сплавах различных фаз. *Фаза* представляет собой однородную по химическому составу, строению и свойствам часть системы, отделённую от других частей системы (фаз) границей раздела. При переходе через границу раздела фаз свойства меняются скачком.

В жидком состоянии большинство металлических сплавов представляют собой однородные жидкие растворы. В твёрдом состоянии могут образовываться твёрдые растворы, промежуточные фазы (химические соединения) и смеси фаз.

Твёрдыми растворами называют кристаллические фазы переменного состава, при образовании которых кристаллическая решётка одного из компонентов (растворитель) сохраняется, а атомы других (растворённые компоненты) занимают места в кристаллической решётке растворителя.

Различают твёрдые растворы *замещения* и твёрдые растворы *внедрения*. При образовании твёрдых растворов замещения атомы растворённого компонента замещают атомы растворителя в узлах его кристаллической решётки (Рис.1,а), а при образовании твёрдых растворов внедрения атомы растворённого компонента располагаются в порах между узлами кристаллической решётки растворителя (Рис.1, б).

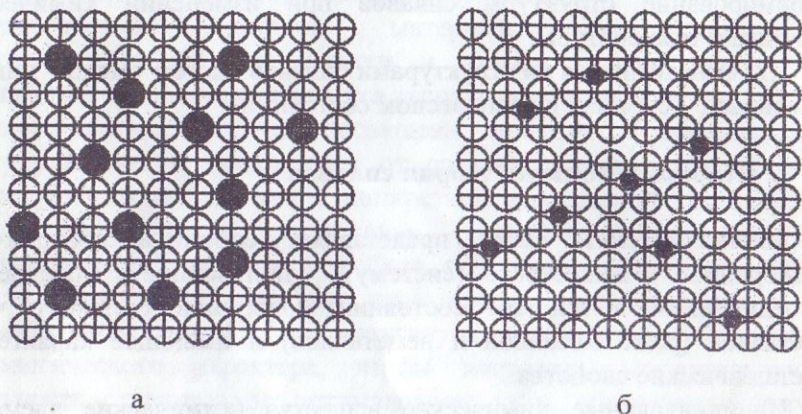


Рис. 1. Схема строения твердых растворов замещения (а) и внедрения (б)

При изменении количественного соотношения компонентов твёрдые растворы сохраняют свою однородность. Растворимость компонентов в твёрдом состоянии может быть *ограниченной* и *неограниченной*. При образовании твёрдых растворов внедрения растворимость всегда ограничена. Растворимость по типу замещения может быть как ограниченной, так и неограниченной. Неограниченная растворимость проявляется при соблюдении определённых условий:

- 1) компоненты должны иметь однотипную кристаллическую решётку;
- 2) разница в величине атомных радиусов компонентов не должна превышать 8-15 %;
- 3) компоненты должны иметь близкое строение валентной электронной оболочки атомов.

3. Диаграммы состояния

В зависимости от изменения внутренних факторов (концентрация компонентов) и внешних факторов (температура, давление) изменяется фазовое состояние системы: образуются и исчезают фазы, меняется их химический состав и относительное количество.

Все эти изменения состояния сплавов удобно отображать графически в виде диаграммы состояния. *Диаграмма состояния* характеризует изменение фазового состояния сплавов в зависимости от их состава и температуры. Любая точка на диаграмме состояния отображает фазовое состояние конкретного сплава при конкретной температуре. Вид диаграммы состояния зависит от характера взаимодействия компонентов при изменении концентрации и температуры.

3.1. Диаграмма состояния системы «медь-никель»

При сплавлении этих металлов образуются неограниченные твёрдые растворы замещения, не образуются химические соединения и механические смеси фаз.

Медь и никель имеют одинаковую решётку (ГЦК) и близкие атомные радиусы (Cu – 0,128 нм, Ni – 0,125 нм).

Линия *асв* на диаграмме состояния Cu – Ni (рис. 2) называется *ликвидус* (от слова liquidus (лат.) – *жидкий*). Выше этой линии все сплавы данной системы находятся в жидком состоянии. Линия *адв* называется *солидус* (solidus (лат.) – *твёрдый*). Ниже этой линии все сплавы находятся в твёрдом состоянии. Между *ликвидусом* и *солидусом* одновременно находятся две фазы: жидкий и твёрдый растворы. Чтобы охарактеризовать фазовое состояние конкретного сплава при заданной температуре, необходимо определить природу фаз, находящихся в равновесии при данной температуре, их химический состав и относительное количество. Для примера рассмотрим изменение фазового состояния, происходящее при снижении температуры в сплаве, содержащем 30 % Ni и 70 % Cu (см.рис. 2).

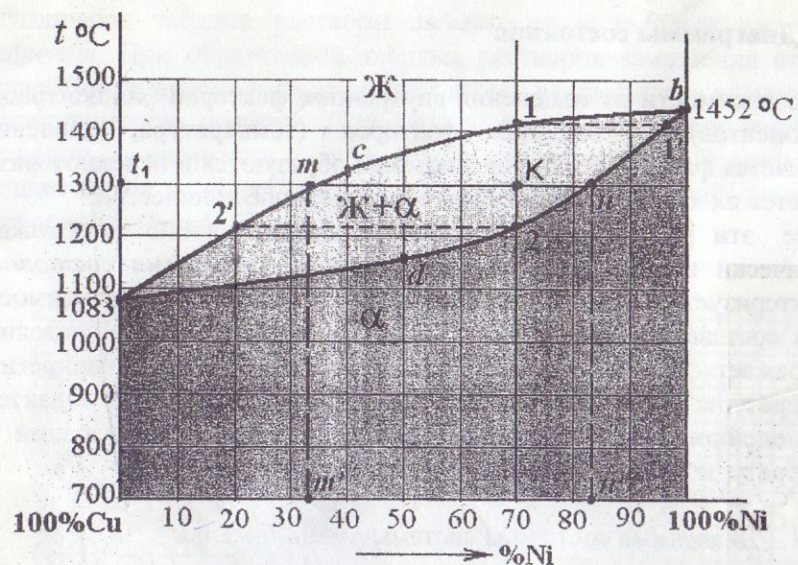


Рис. 2. Диаграмма состояния системы «медь – никель»

Для определения фазового состояния сплава в интервале кристаллизации применяют правило отрезков. Например, при произвольно выбранной температуре t_1 (см. рис. 2) через точку K , лежащую на ординате сплава, проводят горизонтальную линию – *изотерму* – до пересечения с ближайшими линиями диаграммы. Точки пересечения укажут, какие фазы находятся в равновесии у данного сплава при t_1 : m – соответствует жидкому раствору, n – твердому раствору α . По проекциям точек пересечения на ось концентрации определяют химические составы равновесных фаз: в жидкой фазе содержится om' % Ni (остальное – Cu); в α -фазе – on' % Ni (остальное – Cu).

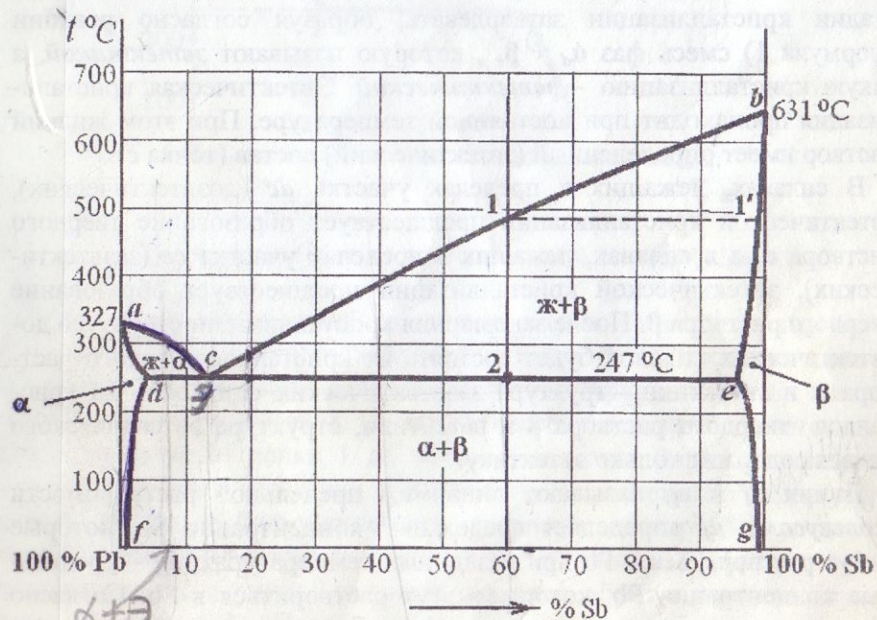
Количественное соотношение равновесных фаз определяют по отрезкам: количество жидкой фазы пропорционально kn , а α -фазы – mk . Линию mn называют *конодой*.

При охлаждении сплава из жидкого состояния ниже точки 1, лежащей на линии *ликвидус*, начинается кристаллизация. При переходе через точку 2 на линии *солидус* кристаллизация заканчивается. В процессе кристаллизации концентрация компонентов в жидком растворе изменяется согласно *ликвидусу* от точки 1 до точки 2', а в растворе α – согласно *солидусу* от точки 1' до точки 2.

После окончания кристаллизации структура сплава состоит из зерен твердого раствора α , имеющих одинаковый состав. Поскольку сплав был выбран произвольно, то рассуждения о формировании его структуры применимы к любому сплаву этой системы, кроме чистых Cu и Ni.

3.2. Диаграмма состояния системы «свинец – сурьма»

Диаграмма состояния данного типа характеризуется тем, что компоненты, неограниченно растворимы друг в друге в жидком состоянии, лишь ограниченно растворимы в твердом состоянии и образуют эвтектику (рис. 3).



Точка f - 0,44 %Sb;

d - 3,5 %Sb;

c - 13 %Sb;

e - 3 %Pb;

g - 0,5 %Pb.

Рис. 3. Диаграмма состояния системы «свинец-сурьма»

Ликвидус состоит из двух ветвей – *ac* и *cb*. Ниже *ac* начинается кристаллизация твердого раствора α (твердый раствор замещения Sb в Pb), а ниже линии *cb* – кристаллизация твердого раствора β (твердый раствор замещения Pb в Sb).

Соллидус состоит из трех участков: *ad*, *be* и *dce*. Ниже линии *ad* завершается кристаллизация твердого раствора α , ниже линии *be* завершается кристаллизация твердого раствора β . На линии *dce* имеет место эвтектическое равновесие:



Все сплавы, лежащие в пределах линии *dce*, будут в последней стадии кристаллизации затвердевать, образуя согласно реакции (формула 1) смесь фаз $\alpha_d + \beta_e$, которую называют *эвтектикой*, а такую кристаллизацию – *эвтектической*. Эвтектическая кристаллизация происходит при постоянной температуре. При этом жидкий раствор имеет определенный (эвтектический) состав (точка *c*).

В сплавах, лежащих в пределах участка *dc* (доэвтектических), эвтектической кристаллизации предшествует образование твердого раствора α , а в сплавах, лежащих в пределах участка *ce* (заэвтектических), эвтектической кристаллизации предшествует образование твердого раствора β . После завершения кристаллизации структура доэвтектических сплавов будет состоять из кристаллов твердого раствора α и эвтектики, структура заэвтектических сплавов – из кристаллов твердого раствора β и эвтектики, структура эвтектического сплава содержит только эвтектику.

Линии *df* и *eg* называют линиями предельной растворимости (*солюсум*): *df* определяет предельные концентрации Sb, которые могут раствориться в Pb при различных температурах; *eg* – предельные концентрации Pb, которые могут раствориться в Sb. Согласно наклону линий предельной растворимости, последняя с понижением температуры уменьшается.

В качестве примера рассмотрим процессы, происходящие при формировании структуры заэвтектического сплава «60 % Sb – 40 % Pb» (см. рис. 3).

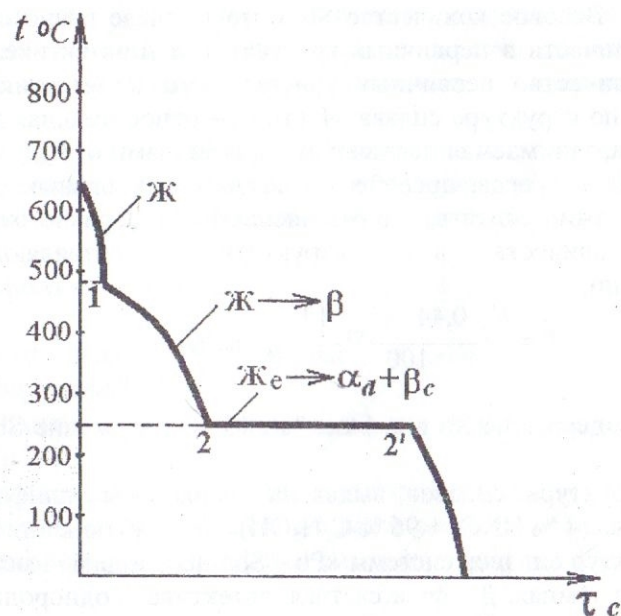


Рис. 4. Кривая охлаждения сплава «40 % Pb + 60 % Sb»

При охлаждении из жидкого состояния (рис. 4) ниже точки 1 начинается кристаллизация твердого раствора β . В процессе кристаллизации в интервале температур, соответствующих точкам 1 и 2, согласно правилу отрезков, состав жидкого раствора изменяется по линии *ликвидус* от точки 1 до точки *c*, а состав β -фазы по линии *соллидус* от точки 1' до точки *e*. К моменту достижения температуры точки 2 в сплаве будут кристаллы твердого раствора β и жидкий раствор, имеющий состав точки *c*. Этот жидкий раствор при температуре ниже точки 2 закристаллизуется, образуя эвтектическую смесь $Ж_c \rightarrow \alpha_d + \beta_e$. После завершения кристаллизации сплав будет состоять из двух структурных составляющих: кристаллов твердого раствора β и эвтектики – $[\beta + (\alpha + \beta)]$.

3.3. Определение по микроструктуре химического состава сплава

В сплавах, содержащих две структурные составляющие, по их микроструктуре можно определить химический состав. Например, определим химический состав доэвтектического сплава состава X

(см. рис. 3). Весовое количество Sb в этом сплаве равно сумме его весовых количеств в первичных кристаллах α и эвтектике. Относительное количество первичных кристаллов α и эвтектики можно определить по структуре сплава. Пусть F_α – относительная доля площади шлифа, занимаемая первичными кристаллами α , $F_{эвт}$ – занимаемая эвтектикой. Тогда, пренебрегая разностью удельных весов α и эвтектики, можно считать, что отношение $F_\alpha / F_{эвт}$ равно отношению весовых количеств этих структурных составляющих и, следовательно,

$$X = \frac{F_\alpha \cdot 0,44 + F_{эвт} \cdot 13}{100} \text{ (вес. \%)},$$

где 0,44 – содержание Sb в α -фазе, % ; 13 – содержание Sb в эвтектике, % .

Микроструктура сплавов выявлена травлением шлифов травителем состава (4 % HNO_3 + 96 % $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$). При наблюдении и изображении структур сплавов системы «Pb – Sb» необходимо иметь в виду, что α - фаза темная, β - фаза светлая, эвтектика – однородная смесь темной составляющей α с небольшим количеством светлых включений β -фазы.

4. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- 1) название работы;
- 2) цель работы;
- 3) сведения из теоретической части:
 - об использовании правила отрезков для определения фазового состояния, химического состава фаз и относительного количества фаз;
 - о методике определения химического состава сплава по микроструктуре;
- 4) диаграмму состояния системы «Cu – Ni»; кривые охлаждения чистой меди и сплава «80 % Cu - 20 % Ni», построенные по диаграмме состояния с указанием фазовых превращений; схемы структур чистой меди и сплава «80 % Cu - 20 % Ni» ;
- 5) диаграмму состояния системы «Pb – Sb»; кривые охлаждения доэвтектического, эвтектического и заэвтектического сплавов,

построенные по диаграмме состояния с указанием фазовых превращений; схемы структур сплавов доэвтектического, эвтектического и заэвтектического; определение химического состава сплавов;

б) выводы; в них необходимо указать на особенности взаимодействия компонентов в обеих системах и изменения структуры сплавов системы «Pb - Sb» в зависимости от состава.

5. Контрольные вопросы

1. Чем отличается твердый раствор замещения от твердого раствора внедрения?
2. Как изменение состава сплавов в системе «Cu - Ni» влияет на их структуру?
3. Как происходит образование эвтектики в системе «Pb – Sb»?
4. Почему при затвердевании жидкого раствора состава точки e в системе «Pb – Sb» образуется смесь двух твердых фаз?

Список литературы

1. Арзамасов Б. Н. и др. Материаловедение. - М: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 648 с.
2. Солнцев Ю. П., Пряхин Е. И. Материаловедение. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2004. – 736 с.

Составитель ХАЛИКОВ Алерий Масгутович

**ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ
И СТРУКТУРА СПЛАВОВ СИСТЕМ
«МЕДЬ – НИКЕЛЬ» И «СВИНЕЦ – СУРЬМА»**

**Методические указания
к лабораторной работе № 7
по дисциплине «Материаловедение»**

Подписано в печать 05.02.2008. Формат 60×84 1/16.

Бумага офсетная. Печать плоская. Гарнитура Times New Roman.

Усл. печ. л. 0,8. Усл. кр.-отг. 0,8. Уч.-изд. л. 0,7.

Тираж 100 экз. Заказ № 14

ГОУ ВПО Уфимский государственный авиационный технический университет
Центр оперативной полиграфии УГАТУ
450000, Уфа-центр, ул. К. Маркса, 12