
Н.А. Белов

**Материаловедение.
Технология
конструкционных
материалов**

Диаграммы состояния
трех- и четырехкомпонентных систем

Лабораторный практикум

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

№ 754

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ИНСТИТУТ СТАЛИ и СПЛАВОВ
Технологический университет



Кафедра металловедения цветных металлов

Н.А. Белов

Материаловедение. Технология конструкционных материалов

Диаграммы состояния
трех- и четырехкомпонентных систем

Лабораторный практикум

Домашнее задание

Рекомендовано редакционно-издательским
советом института

УДК 668.017.11
Б43

Рецензент
д-р техн. наук, проф. *М.В. Пикунов*

Белов Н.А.

Б43 **Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Диаграммы состояния трех- и четырехкомпонентных систем: Лаб. практикум. – М.: МИСиС, 2007. – 83 с.**

Практикум содержит описание шести лабораторных работ и домашнего задания, выполняемых в V семестре студентами специальности 150105 (1105) при изучении диаграмм состояния трех- и четырехкомпонентных систем в соответствии с курсом «Материаловедение. Технология конструкционных материалов».

При проведении лабораторных работ и выполнении домашнего задания студенты получают навыки анализа многокомпонентных сплавов реальных систем, включая идентификацию фазового состава при заданной температуре, определения реакций при кристаллизации, построения изотермических и политермических разрезов, а также расчета на компьютере количества фаз (массовых и объемных долей) и критических температур.

© Московский государственный институт
стали и сплавов (технологический
университет) (МИСиС), 2007

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Лабораторная работа 1. Анализ реальных диаграмм состояния тройных систем с полной растворимостью в твердом состоянии	6
Лабораторная работа 2. Анализ реальных диаграмм состояния тройных систем с невариантным эвтектическим превращением	14
Лабораторная работа 3. Типичные микроструктуры сплавов с тройной эвтектикой	27
Лабораторная работа 4. Расчет массовых и объемных долей фаз тройных сплавов на компьютере	46
Лабораторная работа 5. Расчет массовых и объемных долей фаз четверных сплавов на компьютере	52
Домашнее задание. Построение изотермических и политермических разрезов реальных диаграмм состояния четверных систем	62
Приложение.....	80

ВВЕДЕНИЕ

Фазовый состав, структурные составляющие и характер кристаллизации любого промышленного сплава являются важнейшими показателями, которые определяют его эксплуатационные и технологические свойства: прочность, пластичность, коррозионную стойкость, поведение при литье, обработке давлением, сварке и т.д. Научной основой анализа фазового состава (и частично, микроструктуры) являются диаграммы состояния. Большинство промышленных сплавов содержит несколько легирующих элементов и примесей, что требует рассмотрения соответствующих многокомпонентных диаграмм состояния, как минимум трех- и четырехкомпонентных.

Для практического использования многокомпонентных диаграмм состояния применительно к конкретному сплаву удобно иметь политермические и изотермические сечения, которые позволяют на основе обычных двумерных графических изображений определять на количественном уровне критические температуры, а для тройных систем и относительные весовые количества фаз. Для многих важнейших систем таких сечений в литературе приведено явно недостаточно, поэтому перед металловедом часто стоит задача их самостоятельного построения. Именно построению таких сечений (а также кривых охлаждения) в данном практикуме уделено основное внимание.

Поскольку графические изображения диаграмм состояния часто не позволяют проанализировать фазовый состав сплавов с достаточной точностью, очень важно использовать расчетные методики. В связи с этим в данном практикуме рассматриваются принцип и методика количественного анализа многокомпонентных диаграмм состояния на основе широко распространенной программы EXCEL. Особо следует отметить четверные диаграммы состояния, которые практически не рассматриваются в учебной литературе, хотя они необходимы для корректного анализа многих промышленных сплавов, в частности алюминиевых. Графические методы, предложенные в свое время А.М. Захаровым (Диаграммы состояния четверных систем. М.: Металлургия,

1964. 240 с.) и Д.А. Петровым (Четверные системы: новый подход к построению и анализу. М.: Металлургия, 1991. 284 с.), слишком сложны, поэтому они не получили практического распространения. В данном практикуме рассматривается анализ некоторых типов четверных систем по новой методике: качественный анализ на концентрационном треугольнике и количественный расчет в программе EXCEL.

Кроме шести лабораторных работ в практикуме дано описание домашнего задания.

Перед проведением лабораторных работ необходимо ознакомиться с литературными источниками: Захаров А.М. Диаграммы состояния двойных и тройных систем. М.: Металлургия, 1990 и Белов Н.А. Диаграммы состояния тройных и четверных систем. М.: МИСиС, 2007.

Лабораторная работа 1

АНАЛИЗ РЕАЛЬНЫХ ДИАГРАММ СОСТОЯНИЯ ТРОЙНЫХ СИСТЕМ С ПОЛНОЙ РАСТВОРИМОСТЬЮ В ТВЕРДОМ СОСТОЯНИИ

(2 часа)

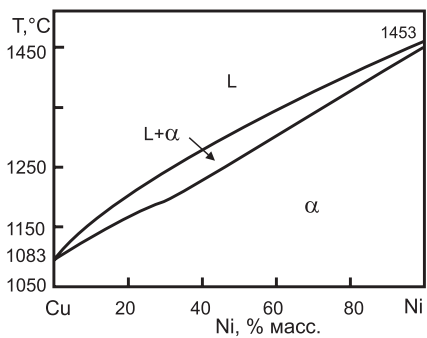
1.1. Цель работы

Получение навыков анализа реальных диаграмм состояния тройных систем с полной растворимостью в твердом состоянии.

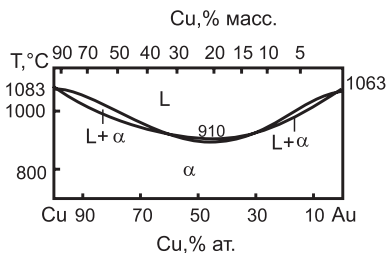
1.2. Теоретическое введение

Тройные диаграммы состояния с полной растворимостью компонентов в твердом состоянии достаточно часто встречаются между некоторыми металлами с ГЦК решеткой, имеющими близкие размеры атомов: Cu, Ni, Au, Ag, Pd, Pt. При этом все составляющие такую диаграмму двойные системы обязательно должны иметь непрерывный ряд твердых растворов (рис. 1.1). Характер кристаллизации тройных сплавов такой же, как и двойных: имеются только две критические точки (ликвидуса и солидуса). Отличие заключается в том, что составы твердой (α) и жидкой (L) фаз в процессе кристаллизации изменяются вдоль пространственных кривых, которые в общем случае не лежат в одной плоскости.

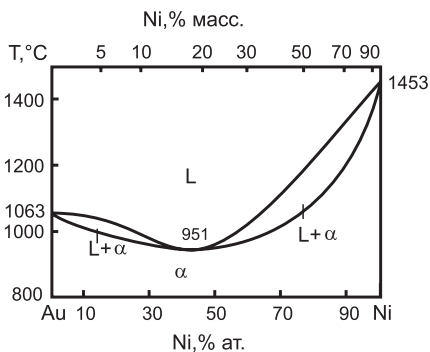
Имеется также много тройных систем, в которых однофазная область занимает значительную часть всей системы. Примером может быть система Cu–Ni–Mn, в которой из-за полиморфизма марганца в твердом состоянии имеется несколько фазовых областей. Однако сплавы, составы которых находятся вне марганцевого угла, кристаллизуются так же, как и в системах с непрерывным рядом твердых растворов, поскольку диаграмма состояния в этой части концентрационного диапазона содержит только две поверхности: ликвидуса и солидуса. Анализ кристаллизации таких сплавов требует наличия изотерм данных поверхностей. Для системы Cu–Ni–Mn они приведены на рис. 1.2.



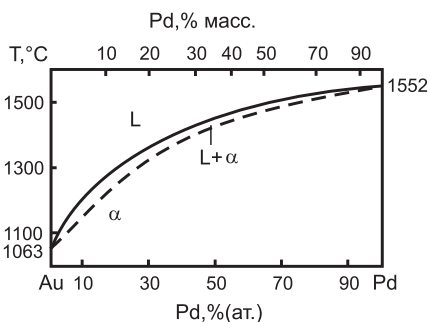
a



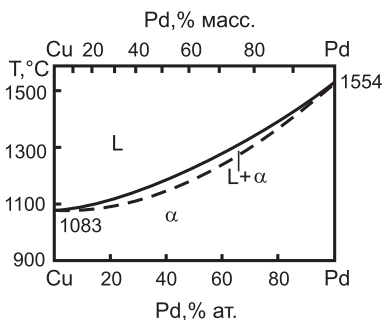
б



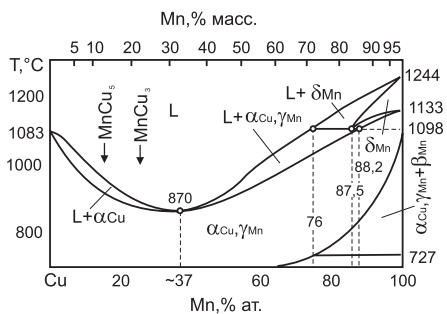
в



г



д



е

Рис. 1.1. Двойные диаграммы состояния с непрерывным рядом твердых растворов:
a – e – соответственно Cu–Ni; Au–Cu; Au–Ni; Au–Pd; Cu–Pd; Cu–Mn
 (продолжение на с. 8)