

№ 2341

Н.А. Белов

М.Е. Самошина

Фазовые превращения В МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМАХ

Практикум

№ 2341

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСиС»

Кафедра технологии литейных процессов

Н.А. Белов

М.Е. Самошина

Фазовые превращения В МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМАХ

Практикум

Допущено учебно-методическим объединением
по образованию в области металлургии в качестве учебного
пособия для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлению Металлургия



Москва 2015

УДК 669.017.3
Б43

Рецензенты

канд. техн. наук, доц. каф. «Материаловедение» МГТУ им. Н.Э. Баумана
Е.А. Наумова; д-р техн. наук, проф. *А.В. Павлов*

Белов Н.А.

Б43 Фазовые превращения в многокомпонентных системах : практикум / Н.А. Белов, М.Е. Самошина. – М. : Изд. Дом МИСиС, 2015. – 63 с.
ISBN 978-5-87623-842-9

Практикум содержит описание четырех домашних заданий, выполнение которых позволяет освоить методику анализа фазовых равновесий и фазовых превращений в многокомпонентных сплавах реальных систем. Этот анализ включает идентификацию фазового состава при заданной температуре, определение реакций при кристаллизации и последующем охлаждении, построение изотермических и политермических разрезов, а также расчет по программе Thermo-Calc (включая расчет количества и химического состава фаз, а также критических температур).

Адресовано студентам-магистрантам по направлению «Металлургия» при изучении курса «Фазовые превращения в многокомпонентных системах».

УДК 669.017.3

ISBN 978-5-87623-842-9

© Н.А. Белов,
М.Е. Самошина, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| Предисловие..... | 4 |
| Домашнее задание № 1. Анализ фазовых превращений в реальных сплавах тройных систем с областью неограниченной растворимости в твердом состоянии | 5 |
| Домашнее задание № 2. Анализ фазовых превращений в реальных сплавах тройных систем с неинвариантным эвтектическим превращением | 16 |
| Домашнее задание № 3. Графический анализ реальных фазовых диаграмм тройных систем с неинвариантными эвтектическими и перитектическими превращениями | 33 |
| Домашнее задание № 4. Количественный анализ реальных фазовых диаграмм многокомпонентных систем с использованием программы Thermo-Calc | 43 |
| Приложение А. Средний состав и плотности некоторых фаз, присутствующих в алюминиевых сплавах..... | 51 |
| Приложение Б. Краткое руководство по использованию программы Thermo-Calc..... | 52 |

ПРЕДИСЛОВИЕ

Фазовый состав, структурные составляющие и характер кристаллизации любого промышленного сплава являются важнейшими показателями, которые определяют его эксплуатационные и технологические свойства: прочность и 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 исследователем 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 актуальным является использование расчетных методик. В связи с этим в данном пособии 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 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 и поэтому 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.

Домашнее задание № 1

АНАЛИЗ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В РЕАЛЬНЫХ СПЛАВАХ ТРОЙНЫХ СИСТЕМ С ОБЛАСТЬЮ НЕОГРАНИЧЕННОЙ РАСТВОРИМОСТИ В ТВЕРДОМ СОСТОЯНИИ

1.1. Цель работы

Получение навыков графического анализа фазовых превращений в реальных сплавах тройных систем с областью неограниченной растворимости 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. 1.1–1.3). Диаграммы такого типа различаются видом линий ликвидуса и солидуса. В одних системах, например так называемого «сигарообразного» типа, имеется монотонное понижение этих линий от тугоплавкого компонента и легкоплавкому (рис. 1.1). При этом диаграмма может быть узкоинтервальной или, наоборот, широкоинтервальной. Например, в системе Au–Ag максимальный интервал составляет 2 °С (см. рис. 1.1, *a*), а в системе Au–Pt он достигает 300 °С (см. рис. 1.1, *d*). Во многих системах имеется точка минимума, в которой линии ликвидуса и солидуса сходятся (рис. 1.2, 1.3). Если элементы такой системы имеют только одну модификацию, то на таких диаграммах имеются (как и в предыдущем случае) только две линии: ликвидуса и солидуса (см. рис. 1.2). Все сплавы таких систем имеют два фазовых превращения в процессе кристаллизации: в начале и конце. Только сплав, отвечающий точке минимума, кристаллизуется при постоянной температуре подобно чистому компоненту.

В системах, в которых по крайней мере один из компонентов обладает полиморфизмом, диаграмма имеет более сложный вид. Примером являются системы Cu–Mn (рис. 1.3, *a*) и Mn–Ni (рис. 1.3, *b*).