

УДК 669.017.11(075.8)  
Д 44

Коллектив авторов

Е. Е. Корниенко, А. И. Смирнов, А. А. Никулина, А. А. Руктуев

Рецензенты

*Д. В. Лазуренко*, д-р техн. наук, доцент

*И. П. Гуляев*, канд. физ.-мат. наук, ст. научн. сотр. ИТПМ СО РАН

Д 44

**Диаграммы состояния двойных систем** : учебное пособие / Е. Е. Корниенко, А. И. Смирнов, А. А. Никулина, А. А. Руктуев. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2022. – 156 с.

ISBN 978-5-7782-4824-3

В учебном пособии рассматриваются основные типы диаграмм состояния двойных систем с непрерывными жидкими и твердыми растворами, эвтектическим и перитектическим равновесием, промежуточными фазами и полиморфными превращениями, а также ограниченной растворимостью в жидком состоянии. Теоретический материал иллюстрируется подробными схемами фазовых превращений и фотографиями структур.

Материалы учебного пособия подготовлены по курсу лекций, которые читаются в Новосибирском государственном техническом университете для студентов направлений 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов», 28.03.02 «Нанотехнологии» и 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов».

Работа подготовлена на кафедре материаловедения в машиностроении

УДК 669.017.11(075.8)

## ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ ДВОЙНЫХ СИСТЕМ

**Корниенко Елена Евгеньевна  
Смирнов Александр Игоревич  
Никулина Аэлита Александровна  
Руктуев Алексей Александрович**

**Учебное пособие**

Редактор *Е. Е. Татарникова*  
Выпускающий редактор *И. П. Брованова*  
Дизайн обложки *А. В. Ладыжская*  
Компьютерная верстка *Л. А. Веселовская*

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции  
Издание соответствует коду 95 3000 ОК 005-93 (ОКП)

---

Подписано в печать 12.12.2022. Формат 60 × 84 1/16. Бумага офсетная. Тираж 30 экз.  
Уч.-изд. л. 9,06. Печ. л. 9,75. Изд. № 199. Заказ № 331. Цена договорная

---

Отпечатано в типографии  
Новосибирского государственного технического университета  
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20

ISBN 978-5-7782-4824-3

© Коллектив авторов, 2022  
© Новосибирский государственный  
технический университет, 2022

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	6
<b>Глава 1. Знакомство с фазовыми равновесиями .....</b>	<b>7</b>
1.1. Основные определения.....	7
1.2. Правило фаз.....	9
1.3. Классификация диаграмм состояния .....	10
Контрольные вопросы к главе 1 .....	12
<b>Глава 2. Непрерывные твердые растворы .....</b>	<b>13</b>
2.1. Условия образования непрерывных твердых растворов.....	13
2.2. Диаграмма состояния .....	14
2.3. Кристаллизация сплавов .....	16
2.4. Ликвация.....	21
2.5. Диаграммы состояния систем с точками экстремума на кривых ликвидуса и солидуса.....	24
2.6. Диаграммы состояния с бинодальной кривой.....	26
2.7. Диаграммы состояния систем с упорядоченными твердыми растворами.....	29
Контрольные вопросы к главе 2 .....	32
<b>Глава 3. Диаграммы состояния систем с эвтектическим         и перитектическим равновесием .....</b>	<b>33</b>
3.1. Эвтектическое равновесие .....	33
3.1.1. Диаграммы состояния.....	33
3.1.2. Кристаллизация эвтектического сплава.....	37
3.1.3. Кристаллизация доэвтектических и заэвтектических сплавов .....	42
3.1.4. Неравновесная кристаллизация .....	50
3.1.5. Гомогенизация.....	53

3.1.6. Модификация эвтектики .....	55
3.1.7. Предельные случаи эвтектики .....	56
3.2. Перитектическое равновесие .....	57
3.2.1. Диаграмма состояния систем с перитектическим равновесием .....	58
3.2.2. Кристаллизация и структура сплавов.....	59
3.2.3. Неравновесная кристаллизация .....	66
3.2.4. Гомогенизационный отжиг .....	69
3.2.5. Предельные случаи перитектики .....	70
Контрольные вопросы к главе 3 .....	71
<b>Глава 4. Диаграммы состояния систем с промежуточными фазами .....</b>	<b>73</b>
4.1. Классификация промежуточных фаз .....	74
4.2. Диаграммы состояния систем с конгруэнтно плавящимися промежуточными фазами .....	75
4.3. Дальтониды и бертоллиды .....	81
4.4. Диаграммы состояния систем с инконгруэнтно плавящимися промежуточными фазами .....	83
4.5. Диаграммы состояния систем с промежуточными фазами, образующимися в твердом состоянии .....	87
4.6. Диаграммы состояния систем с упорядоченными промежуточными фазами .....	90
Контрольные вопросы к главе 4 .....	92
<b>Глава 5. Диаграммы состояния систем с полиморфными     превращениями .....</b>	<b>93</b>
5.1. Полиморфизм .....	93
5.2. Диаграммы состояния систем с непрерывными растворами на основе полиморфных элементов .....	94
5.3. Диаграммы состояния систем с трехфазными равновесиями.....	99
5.3.1. Диаграммы состояния систем с эвтектоидным равновесием .....	100
5.3.2. Неравновесная кристаллизация .....	109
5.4. Монотектоидное равновесие.....	111
5.5. Метатектическое равновесие .....	114
5.6. Полиморфные промежуточные фазы .....	119
Контрольные вопросы к главе 5 .....	123

<b>Глава 6. Ограниченная растворимость в жидком состоянии .....</b>	<b>125</b>
6.1. Условия ограниченной растворимости металлов в жидком состоянии.....	125
6.2. Компоненты, кристаллизующиеся из собственных расплавов.....	126
6.3. Монотектическое равновесие .....	130
6.4. Синтектическое равновесие.....	138
Контрольные вопросы к главе 6 .....	143
<b>Глава 7. Комплексные диаграммы состояния .....</b>	<b>144</b>
7.1. Свойства сплавов различных систем .....	144
7.1.1. Свойства сплавов с неограниченной растворимостью .....	144
7.1.2. Свойства эвтектических сплавов.....	145
7.1.3. Свойства перитектических сплавов .....	146
7.1.4. Свойства эвтектоидных сплавов.....	147
7.1.5. Свойства промежуточных фаз .....	147
7.2. Анализ комплексных диаграмм состояния.....	147
7.2.1. Обобщение пройденного материала .....	148
7.2.2. Комбинированные диаграммы состояния .....	151
7.2.3. Правила построения диаграмм состояния .....	151
7.3. Анализ диаграмм состояния .....	154
Контрольные вопросы к главе 7 .....	155
Библиографический список .....	156