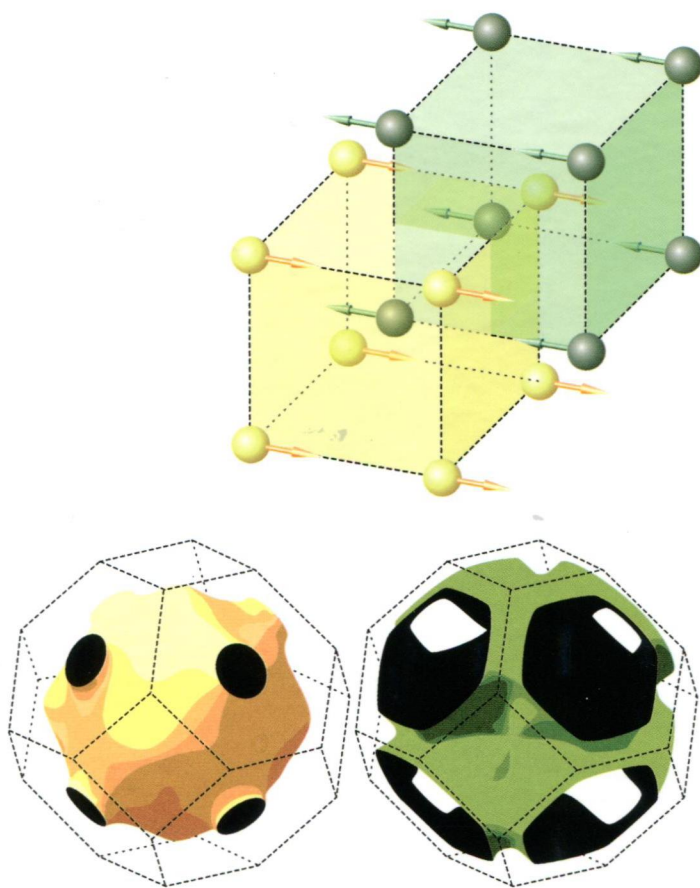


В.М. Счастливец
В.И. Зельдович

Физические основы металловедения



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ МЕТАЛЛОВ

НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СЕРИЯ
ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

В.М. Счастливец, В.И. Зельдович

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТАЛЛОВЕДЕНИЯ

ЕКАТЕРИНБУРГ
2015

УДК 669.01
ББК 34.2
С93

Рекомендовано к изданию Ученым Советом
Института физики металлов и НИСО УрО РАН

С93 Счастливец В.М., Зельдович В.И.
Физические основы металловедения / В.М. Счастливец, В.И. Зельдович.
Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2015. 224 с. (Научно-образовательная серия
«Физика конденсированных сред»; 9).
ISBN 978-5-8295-0371-0

Излагаются основные положения и фактические данные о фазовых равновесиях и фазовых превращениях в металлах и сплавах. Рассматриваются диаграммы состояния металлических систем, основы кристаллизации и диффузии в металлах, пластическая деформация и рекристаллизация, фазовые превращения в твердом состоянии (мартенситные превращения, распад пересыщенных твердых растворов, упорядочение), превращения в стали.

Книга предназначена для студентов-физиков старших курсов, аспирантов, а также научных работников, которые не изучали курсы «Металловедение» и «Термическая обработка металлов». Может быть полезна для общего знакомства с учением о фазовых равновесиях и фазовых превращениях.

УДК 669.01
ББК 34.2

Ответственный редактор
доктор физико-математических наук, профессор **В.Г. Пушкин**

Рецензент
доктор технических наук **М.В. Дегтярев**

ISBN 978-5-8295-0371-0

© Авторы, 2015
© ООО «Издательство УМЦ УПИ»,
2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5
Глава 1. История развития физического металловедения	7
1.1. Металловедение физическое и прикладное	7
1.2. История развития физического металловедения	8
1.3. Состав курса	18
Глава 2. Диаграммы состояния	19
2.1. Правило фаз	19
2.2. Термодинамическое обоснование построения диаграмм состояния	21
2.3. Диаграмма с неограниченной растворимостью. Правило рычага	23
2.4. Диаграмма с эвтектикой	27
2.5. Экспериментальное построение диаграмм состояния	30
2.6. Диаграмма с ограниченной растворимостью в твердом состоянии	32
2.7. Диаграмма с перитектикой	34
2.8. Диаграммы с промежуточными фазами	36
2.9. Диаграммы с превращениями в твердом состоянии	38
2.10. Тройные диаграммы состояния	41
2.11. T - P -диаграммы состояния	47
2.12. Метастабильные диаграммы	49
Глава 3. Кристаллизация	51
3.1. Жидкое и твердое состояние металла	51
3.2. Теория гомогенного зародышеобразования	52
3.3. Гетерогенное зародышеобразование	55
3.4. Кинетика кристаллизации	57
3.4.1. Кинетика роста зародышевых центров	57
3.4.2. Механизмы роста	59
3.4.3. Формальная кинетика	60
3.4.4. О величине зерна	61
3.5. Дендритный рост	62
3.6. Понятие о структуре слитка	63
3.7. Ликвация	65
3.8. Кристаллизация эвтектик	66
3.9. Аморфные сплавы	68
Глава 4. Диффузия в металлах	73

4.1. Феноменологическая теория диффузии. Законы Фика	73
4.2. Коэффициент диффузии	75
4.3. Примеры решения диффузионных задач	76
4.3.1. Оценка путей диффузии	78
4.4. Диффузия в поле напряжений	79
4.5. Атомная теория диффузии. Коэффициент диффузии	80
4.5.1. Случайные перемещения и коэффициент диффузии	80
4.6. Атомные механизмы диффузии	82
4.6.1. Междоузельный механизм	82
4.6.2. Вакансионный механизм	83
4.6.3. Диффузия по междоузлиям путем вытеснения и механизм скоплений (краудинный)	84
4.6.4. Кольцевой механизм	85
4.7. Пути ускоренной диффузии	86
4.7.1. Неравновесные (избыточные) вакансии	86
4.7.2. Дислокации	87
4.7.3. Границы зерен	88
4.7.4. Поверхность	90
4.8. Диффузия и диаграммы равновесия	91
4.8.1. Коэффициент диффузии в бинарных сплавах	91
4.8.2. О движущих силах диффузии. Опыт Даркена	93
4.8.3. О диффузионном росте фаз	94
4.8.4. Эффект Киркендалла	96
Глава 5. Пластическая деформация и рекристаллизация	97
5.1. Деформация упругая и пластическая. Определения	97
5.2. Пластическая деформация монокристаллов	99
5.2.1. Скольжение	99
5.2.2. Закон Шмида	100
5.2.3. Двойникование	101
5.2.4. Полосы сброса	103
5.2.5. Кривые напряжение – деформация	103
5.3. Пластическая деформация поликристаллов	105
5.4. Большие пластические деформации	107
5.5. Образование точечных дефектов при деформации	111
5.6. Текстуры деформации	112
5.7. Влияние пластической деформации на свойства металлов	114
5.8. Явления, происходящие при нагреве деформированных металлов	117
5.9. Возврат: отдых, полигонизация	118
5.10. Рекристаллизация	122
5.11. Первичная рекристаллизация	123

5.12. Собирательная и вторичная рекристаллизация.....	130
5.13. Текстуры рекристаллизации	132
5.14. Динамическая рекристаллизация	133
5.15. Влияние отдыха, рекристаллизации на свойства металлов	134
Глава 6. Фазовые превращения в твердом состоянии.....	137
6.1. Фазовые переходы первого и второго рода	137
6.2. Мартенситные превращения.....	139
6.2.1. Термодинамика мартенситных превращений.....	140
6.2.2. Кинетика мартенситных превращений	142
6.2.3. Проблема зарождения при мартенситном превращении.....	146
6.2.4. Феноменологическая кристаллографическая теория мартенситных превращений	147
6.2.5. Микроструктура мартенсита.....	152
6.2.6. Эффекты памяти формы, сверхупругость, реактивные напряжения.....	153
6.2.7. Массивные превращения	157
6.3. Распад пересыщенных твердых растворов.....	158
6.3.1. Непрерывный и спинодальный распад	160
6.3.2. Формирование микроструктуры	163
6.3.3. Прерывистый распад.....	167
6.4. Упорядочение	169
Глава 7. Превращения в стали.....	177
7.1. Диаграмма железо—цементит.....	177
7.2. Диаграммы распада переохлажденного аустенита (ТТТ-диаграммы)....	179
7.3. Основные превращения в стали	180
7.4. Перлитное превращение.....	181
7.5. Мартенситное превращение	186
7.6. Промежуточное (бейнитное) превращение	196
7.7. Отпуск закаленной стали	201
7.8. Образование аустенита.....	210
Заключение.....	219
Список литературы	220