

УДК 539.37; 620.22; 537.5
ББК 34.663:2я7
И20

*Печатается по решению редакционно-издательского совета
Казанского национального исследовательского технологического университета*

Рецензенты:

*гл. науч. сотр. ФКП «ГосНИИХП», д-р техн. наук Н. С. Латфуллин
нач. лаб. АО «З-д «Электрон» канд. техн. наук Д. И. Хамидуллин*

Иванов Н. Б.

И20 Физика и химия материалов и покрытий : учебное пособие /
Н. Б. Иванов, М. Р. Файзуллина; Минобрнауки России, Казан. нац.
исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2017. – 320 с.

ISBN 978-5-7882-2214-1

Рассмотрены вопросы теории и технологии получения различных по природе материалов и покрытий, факторы, влияющие на их структуру, физико-механические и эксплуатационные характеристики. Изложены физические основы пластичности, прочности и разрушения кристаллических материалов при их деформировании.

Приведены широко используемые методы упрочнения материалов и покрытий, а также основные методы измерения и контроля традиционных и наноразмерных пленочных покрытий.

Предназначено для обучающихся по специальностям 150100.62 «Материаловедение и технологии материалов» и 240300.65 «Химическая технология ЭНМ и изделий».

Подготовлено на кафедре технологии твердых химических веществ.

**УДК 539.37; 620.22; 537.5
ББК 34.663:2я7**

ISBN 978-5-7882-2214-1

© Иванов Н. Б., Файзуллина М. Р., 2017

© Казанский национальный исследовательский
технологический университет, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ТВЕРДОФАЗНЫЕ МАТЕРИАЛЫ. КЛАССИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ ПО СОСТАВУ, СТРУКТУРЕ И СВОЙСТВАМ ...	5
1.1. Классификация материалов по составу.....	5
1.2. Классификация материалов по структуре.....	8
2. ТВЕРДОЕ ТЕЛО И ЕГО СТРУКТУРА.....	11
2.1. Классификация дефектов кристаллической решетки	12
2.1.1. Точечные дефекты.....	13
2.1.2. Поверхностные дефекты	15
2.1.3. Дислокации	17
2.1.4. Некоторые свойства дислокаций.....	19
2.2. Дислокационные представления об упрочнении.....	28
2.2.1. Упругое взаимодействие скользящих дислокаций с неподвижными дислокациями	36
2.2.2. Пересечение скользящих дислокаций с дислокациями «леса» ...	37
2.2.3. Взаимодействие скользящей дислокации с барьерами различной протяженности	37
3. ТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ МАТЕРИАЛОВ И ПУТИ ЕЕ УВЕЛИЧЕНИЯ	41
3.1. Методы упрочнения металлов.....	49
3.2. Механическая и кинетическая теории прочности материалов.....	64
4. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О РАЗРУШЕНИИ МАТЕРИАЛОВ.....	77
4.1. Дислокационные механизмы зарождения трещин	84
4.2. Некоторые проблемы прочности материалов.....	86
4.3. Материалы с демпфирующей структурой.....	93
5. КЛАССИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ ПО СВОЙСТВАМ И ФУНКЦИЯМ.....	98
5.1. Материалы с электрическими функциями	98
5.2. Материалы с магнитными функциями.....	104
5.3. Материалы с оптическими свойствами.....	106
5.4. Фотонные кристаллы	106
5.5. Материалы с биологическими функциями	107
6. НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ.....	109
6.1. Классификация наноматериалов	116
6.2. Основные типы структур наноматериалов	118

6.3. Разновидности нанотехнологий	118
6.4. Основные области применения наноматериалов	121
7. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ	132
7.1. Чугуны	135
7.2. Стали	136
7.3. Алюминиевые сплавы	138
7.4. Медные сплавы	140
7.5. Титановые сплавы	141
7.6. Магниеые сплавы	142
7.7. Никелевые сплавы	143
8. МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ С ОСОБЫМИ СВОЙСТВАМИ	145
8.1. Сплавы с особыми тепловыми и упругими свойствами	145
8.2. Сплавы с регламентируемым температурным коэффициентом линейного расширения	145
8.3. Сплавы с постоянным модулем упругости	146
8.4. Металлы с памятью формы	147
9. АМОРФНЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ СПЛАВЫ	150
9.1. Методы и условия образования аморфных структур	151
9.2. Области применения аморфных материалов	152
9.3. Сверхпроводящие материалы	156
10. КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ	158
10.1. Свойства и области применения керамических материалов	161
11. КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ	165
11.1. Дисперсно-упрочненные композиционные материалы	167
11.2. Волокнистые композиционные материалы	168
11.3. Слоистые композиционные материалы	172
12. ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	175
12.1. Пластические массы	176
12.2. Некоторые свойства пластмасс	178
12.3. Термопласты	179
12.4. Реактопласты	182
13. РЕЗИНЫ	185
14. КЛЕЯЩИЕ МАТЕРИАЛЫ	188
15. ПОКРЫТИЯ. РОЛЬ И МЕСТО ПОКРЫТИЙ В СОВРЕМЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	193
15.1. Проблемы при нанесении покрытий в машиностроении и возможные пути их решения	195

16. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОКРЫТИЙ И МЕТОДОВ ИХ НАНЕСЕНИЯ.....	200
16.1. Методы нанесения покрытий, объединенные по фазовому состоянию среды:	201
16.2. Методы нанесения покрытий по состоянию наносимого материала.....	201
16.3. Методы нанесения покрытий по совокупности процессов, происходящих при нанесении покрытий	202
17. СОСТОЯНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ НАНЕСЕНИИ ПОКРЫТИЙ.....	205
17.1. Вещества, адсорбируемые на поверхности материалов и изделий	211
18. МЕТОДЫ ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ИЗДЕЛИЙ ПЕРЕД НАНЕСЕНИЕМ ПОКРЫТИЙ	216
19. МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ПОКРЫТИЙ. ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ	226
19.1. Упрочнение покрытий электронно-лучевой обработкой	234
19.1.1. <i>Физические основы упрочнения при электронно-лучевой обработке.....</i>	235
19.2. Газодетонационный метод нанесения покрытий	238
19.2.1. <i>Физические процессы в покрытии при ГДМ.....</i>	240
19.3. Взрывная обработка покрытий.....	243
19.4. Технологические особенности плазменного напыления	245
19.4.1. <i>Механизм формирования покрытий при плазменном напылении</i>	249
19.5. Нанесение покрытий из расплавленного состояния	251
19.6. Метод физического осаждения из паровой фазы (PVD-метод)	256
19.7. Химическое осаждение из газовой фазы(CVD – метод).....	260
20. ЛАЗЕРНОЕ НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЙ И ИХ УПРОЧНЕНИЕ.....	267
20.1. Лазерное упрочнение покрытий	272
21. НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ	278
21.1. Лакокрасочные покрытия	284
21.2. Методы определения качества покрытий	286
22. ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПОКРЫТИЙ.....	288
22.1. Методы испытаний на адгезионную прочность.....	289
22.2. Остаточные напряжения.....	292

22.3. Несплошности в покрытиях (пористость).....	294
22.4. Определение толщины и равномерности покрытий.....	296
22.5. Методы оценки функциональных свойств покрытий.....	299
22.6. Методы контроля качества вакуумно-плазменных покрытий	304
22.7. Измерение внутренних напряжений в покрытиях	309
22.8. Исследование поверхности пленок с помощью атомно-силового микроскопа	310
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	313
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	315

Ответственный за выпуск доц. Т. П. Евсеева

Подписано в печать 08.08.2017

Формат 60×84 1/16

Бумага офсетная

Печать ризографическая

18,6 усл. печ. л.

20,0 уч.-изд. л.

Тираж 100 экз.

Заказ

Издательство Казанского национального исследовательского
технологического университета

Отпечатано в офсетной лаборатории Казанского национального
исследовательского технологического университета

420015, Казань, К. Маркса, 68