

**ВЫСШЕЕ
ОБРАЗОВАНИЕ**

соответствует
ФГОС

**А.А. ЧЕРЕПАХИН, Т.И. БАЛЬКОВА,
А.А. СМОЛЬКИН**

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЕ И КОНСТРУКЦИОННОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ



ФЕНИКС

Серия «Высшее образование»

А. А. Черепяхин, Т. И. Балькова, А. А. Смолькин

Электротехническое и конструкционное материаловедение

*Рекомендовано Федеральным государственным автономным
учреждением «Федеральный институт развития образования»
(ФГАУ «ФИРО») в качестве учебника для использования в учебном
процессе образовательных учреждений, реализующих программы
высшего образования по направлениям подготовки бакалавров*

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника,

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника,

13.03.03 Энергетическое машиностроение

*(Протокол заседания Экспертного совета по профессиональному
образованию ФГАУ «ФИРО» от «23» июня 2016 г. № 6,
рецензия № 223 от «27» июня 2016 г.)*

Ростов-на-Дону

«Феникс»

2017

УДК 620.20:621.3(075.8)

ББК 31.23я73

КТК 230

Ч-46

к.т.н., доц. кафедры оборудования и технологии сварочного производства Московского политехнического ун-та, Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации *Ф.А. Черепяхин*;
к.т.н., доц. кафедры материаловедения Московского политехнического ун-та *Т.И. Балькова*;
к.т.н., проф. кафедры оборудования и технологии сварочного производства Московского политехнического ун-та *А.А. Смолькин*

Черепяхин А.А.

Ч-46 Электротехническое и конструкционное материаловедение : учебник / А.А. Черепяхин, Т.И. Балькова, А.А. Смолькин. — Ростов н/Д : Феникс, 2017. — 349, [1] с. — (Высшее образование).

ISBN 978-5-222-27669-3

Учебник предназначен для студентов направления подготовки бакалавриата 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» укрупненной группы направлений 13.00.00 «Электро- и теплоэнергетика».

В книге подробно рассмотрены виды и свойства конструкционных и электротехнических материалов (диэлектрики, полупроводники, проводники и т.д.), технологические процессы их производства и их применение как компонентов электроэнергетического, электротехнического и радиоэлектронного оборудования, теоретические и практические вопросы воздействия на их структуру и свойства различных факторов (температурных, силовых, физико-химических). Материал учебника подготовлен в соответствии с требованием Федерального государственного образовательного стандарта преподавания дисциплины «Электротехническое и конструкционное материаловедение».

Издание может быть полезно студентам направлений 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», а также студентам машиностроительных вузов конструкторских и технологических направлений.

1530599

УДК 620.20:621.3(075.8)
ББК 31.23я73
БИБЛИОТЕКА
Научно-техническое
отделение ЗНБ ЮФУ
© *И.Татаров*, А., Балькова Т.И.,
Смолькин А.А.: текст, 2016

ISBN 978-5-222-27669-3

© ООО «Феникс»: оформление, 2016

Оглавление

Предисловие	3
Введение	5
Глава 1. Основные сведения о строении веществ	10
1.1. Строение атома.....	10
Модель Томсона.....	10
Модель Резерфорда.....	10
Полуквантовая модель Бора.....	11
Корпускулярно-волновой дуализм элементарных частиц.....	13
Квантовая теория строения атома	14
1.2. Строение ядра	21
1.3. Создание единой теории строения микромира.....	22
Глава 2. Типы химических связей	25
2.1. Химическая связь.....	25
2.2. Ионная химическая связь	26
2.3. Ковалентная химическая связь	27
2.4. Металлическая связь	29
Глава 3. Зонная теория твердых тел	31
Глава 4. Строение твердых тел	37
4.1. Атомно-кристаллическая структура металлов.....	37
4.2. Дефекты кристаллической решетки.....	42
4.3. Строение реального твердого кристаллического тела	48
4.4. Особенности строения некристаллических материалов.....	51

Глава 5. Кристаллизация чистых металлов и сплавов	60
5.1. Кристаллизация чистых металлов	60
Гомогенная кристаллизация	60
Гетерогенная кристаллизация	64
Полиморфные превращения	65
5.2. Кристаллизация сплавов	66
Глава 6. Общая характеристика сплавов	71
6.1. Классификация сплавов	71
6.2. Структура сплавов	74
6.3. Диаграмма состояния сплавов	75
6.4. Построение диаграммы состояния сплавов, образующих механическую смесь	78
6.5. Диаграмма состояния сплавов, компоненты которых полностью растворимы в жидком и твердом состояниях	80
6.6. Диаграмма состояния сплавов, компоненты которых ограниченно растворимы в твердом состоянии и образуют эвтектику	83
6.7. Диаграмма состояния сплавов с полиморфным превращением компонентов и эвтектоидным превращением	86
Глава 7. Железоуглеродистые сплавы	88
7.1. Фазы и структуры в железоуглеродистых сплавах	88
7.2. Диаграмма состояния железо-углерод	90
7.3. Углеродистые стали	96
7.4. Чугуны	99

Глава 8. Термическая обработка сталей и поверхностное упрочнение деталей	112
8.1. Термическая обработка сталей	112
Превращение перлита в аустенит	113
Распад переохлажденного аустенита	114
Отжиг и нормализация стали	116
Закалка и отпуск стали	120
8.2. Поверхностное упрочнение стальных деталей	123
Упрочнение поверхности детали методом пластического деформирования	123
Химико-термическая обработка	124
Термомеханическая обработка стали (ТМО)	125
Контрольные вопросы	127
Глава 9. Легированные стали	128
9.1. Влияние легирующих элементов на свойства стали	128
9.2. Классификация легированных сталей	130
9.3. Маркировка легированных сталей	131
9.4. Легированные конструкционные стали	132
9.5. Легированные инструментальные стали	134
9.6. Стали с особыми свойствами	135
9.7. Литейные легированные стали	138
Контрольные вопросы	139
Глава 10. Цветные металлы и сплавы на их основе	140
10.1. Алюминий и алюминиевые сплавы	140
Деформируемые алюминиевые сплавы	142
Литейные алюминиевые сплавы	144
Спеченные алюминиевые сплавы	146
10.2. Магниеые сплавы	147
Деформируемые магниевые сплавы	147

Литейные магниевые сплавы	149
10.3. Медь и медные сплавы	150
Деформированные медные сплавы.....	151
Литейные медные сплавы.....	152
10.4. Титан и титановые сплавы	155
10.5. Цинковые сплавы	155
Глава 11. Неметаллические конструкционные материалы.....	157
11.1. Пластмассы.....	157
11.2. Резиновые материалы.....	160
11.3. Клеи и герметики.....	162
11.4. Лакокрасочные материалы.....	165
Глава 12. Композиционные и порошковые материалы.....	166
12.1. Композиционные материалы с металлической матрицей.....	167
Волокнистые композиционные материалы	167
Дисперсно-упрочненные композиционные материалы	169
12.2. Композиционные материалы с неметаллической матрицей.....	170
12.3. Конструкционные порошковые материалы.....	171
Пористые порошковые материалы	171
Компактные порошковые материалы	172
Глава 13. Основы нанотехнологии.....	174
13.1. Основные понятия нанотехнологии	174
Аппаратные средства нанотехнологии.....	174
Методы молекулярного дизайна.....	177
13.2. Графен, углеродные нанотрубки и фуллерены.....	178

Графен.....	179
Углеродные нанотрубки.....	180
Фуллерены.....	182
Глава 14. Проводниковые материалы.....	185
14.1. Классификация проводниковых материалов.....	185
14.2. Природа электропроводности металлов.....	192
Классическая теория электропроводности металлов Друде–Лоренца.....	192
Квантовая теория электропроводности.....	195
14.3. Зависимость электросопротивления металлов от температуры.....	199
Температурный коэффициент удельного сопротивления металлов.....	199
Температурная зависимость удельного сопротивления.....	201
14.4. Основные свойства металлических проводников материалов.....	206
Теплоемкость, теплопроводность и теплота плавления проводников.....	207
Температура и теплота плавления.....	210
Температурный коэффициент линейного расширения проводников (ТКЛР).....	212
Работа выхода электрона из металла.....	214
Термоэлектродвижущая сила (термо-ЭДС).....	215
14.5. Проводниковые материалы на основе металлов.....	217
Металлы с высокой удельной проводимостью.....	217
Сверхпроводники.....	223
Благородные металлы.....	233
Тугоплавкие металлы.....	236
14.6. Проводниковые материалы на основе сплавов металлов.....	244
Сплавы металлов с высокой удельной проводимостью.....	244
Припой.....	251

14.7. Неметаллические проводниковые материалы	252
Углеродистые материалы	252
Композиционные проводящие материалы	256
Проводящие материалы на основе оксидов	258
Глава 15. Полупроводниковые материалы.....	261
15.1. Классификация полупроводниковых материалов.....	261
15.2. Электропроводность полупроводников.....	265
Собственные полупроводники	265
Примесная проводимость полупроводников.....	269
15.3. Элементарные полупроводники	274
Кремний.....	274
Германий.....	279
15.4. Реализация структур на основе кремния и германия.....	282
Глава 16. Диэлектрические материалы.....	286
16.1. Классификация диэлектрических материалов.....	286
16.2. Поляризация диэлектриков.....	287
16.3. Электропроводность диэлектрических материалов.....	291
16.4. Пробой диэлектриков.....	293
16.5. Пассивные диэлектрики.....	294
Полимерные материалы.....	294
Пластические массы (пластмассы).....	298
Кремнийорганические смолы (полиорганосилоксаны, силоксаны)	300
Слоистые пластики.....	300
Резины.....	302

Стекла.....	304
Ситаллы	305
Керамические материалы	306
16.6. Активные диэлектрики.....	309
Сегнетоэлектрики	309
Пьезоэлектрики.....	312
Пироэлектрики	314
Глава 17. Электротехнические наноматериалы.....	317
Проводниковые наноматериалы	319
Полупроводниковые наноматериалы	322
Диэлектрические наноматериалы.....	324
Глоссарий.....	327
Список литературы.....	333

**ВЫСШЕЕ
ОБРАЗОВАНИЕ**



А.А. ЧЕРЕПАХИН, Т.И. БАЛЬКОВА, А.А. СМОЛЬКИН

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЕ И КОНСТРУКЦИОННОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Учебник предназначен для студентов направления подготовки бакалавриата 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» укрупненной группы направлений 13.00.00 «Электро- и теплоэнергетика».

В книге подробно рассмотрены виды и свойства конструкционных и электротехнических материалов (диэлектрики, полупроводники, проводники и т.д.), технологические процессы их производства и их применение как компонентов электроэнергетического, электротехнического и радиоэлектронного оборудования, теоретические и практические вопросы воздействия на их структуру и свойства различных факторов (температурных, силовых, физико-химических). Материал учебника подготовлен в соответствии с требованием Федерального государственного образовательного стандарта преподавания дисциплины «Электротехническое и конструкционное материаловедение».

Издание может быть полезно студентам направлений 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», а также студентам машиностроительных вузов конструкторских и технологических направлений.



Ф Е Н И К С

ISBN 978-5-222-27669-3



9 785222 276693