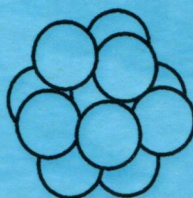
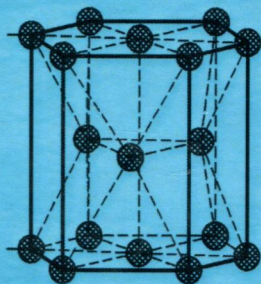
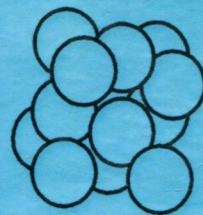
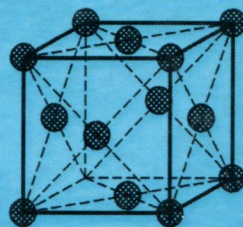
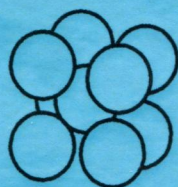
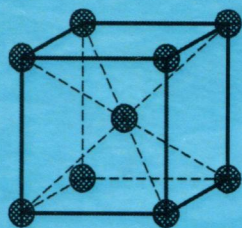


**С. И. Богодухов
Е. С. Козик**

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ



С. И. БОГОДУХОВ, Е. С. КОЗИК

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Рекомендовано федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН» в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям: «Машиностроение», «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Старый Оскол
«ТНТ»
2013

УДК 620.22

ББК 30.3

Б 74

Рецензенты:

Профессор, доктор технических наук *А. Н. Поляков*

Профессор, доктор технических наук *К. В. Щурин*

Богодухов С. И., Козик Е. С.

Б 74

Материаловедение: учебник / С. И. Богодухов, Е. С. Козик. —
Старый Оскол: ТНТ, 2013. — 536 с.

ISBN 978-5-94178-338-0

В учебнике рассмотрены вопросы кристаллического строения металлов, механические свойства, теория сплавов, диаграмма железо-углерод, углеродистые стали и чугуны, основы термической обработки, легированные стали и сплавы, инструментальные стали, цветные металлы и их сплавы. В разделе неметаллических материалов приведены основные свойства дерева, пластмасс, резины, лаков и красок, неорганических материалов.

Учебник предназначен для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлениям: «Машиностроение», «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

УДК 620.22

ББК 30.3

ISBN 978-5-94178-338-0

© Богодухов С. И., Козик Е. С., 2013

© Оформление. ООО «ТНТ», 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. РАЗВИТИЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ	5
1.1. Основные положения	5
1.2. Краткая историческая справка	6
1.2.1. Роль учёных в развитии материаловедения	6
1.2.2. Хронология открытий металлов и их использования	8
1.2.3. Мировой рынок металлов	12
1.3. Строение и свойства металлов	15
1.3.1. Типы атомных связей и их влияние на свойства материала	18
1.3.2. Методы исследования, применяемые в материаловедении	20
1.4. Классификация металлов	25
1.5. Атомно-кристаллическое строение металлов	26
1.5.1. Кристаллографические плоскости	28
1.5.2. Кристаллизация металлов	34
1.5.3. Полиморфные и магнитные превращения	39
Контрольные вопросы	40
2. ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ И СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ	41
2.1. Определение механических свойств материалов	41
2.2. Характеристика и виды механических испытаний	43
2.2.1. Статические и усталостные испытания	45
2.2.2. Динамические испытания	58
2.3. Испытания на усталость	60
2.4. Оценка механических свойств многофазных и композиционных материалов. Механическая спектроскопия	61
2.4.1. Технологические свойства	66
2.5. Деформация и рекристаллизация металлов	68
2.6. Упрочнение деталей методами пластической деформации	78
Контрольные вопросы	82
3. КОНСТРУКЦИОННАЯ ПРОЧНОСТЬ МАТЕРИАЛОВ	83
3.1. Эксплуатационные требования	83
3.2. Технологические требования	83
3.3. Экономические требования	84
3.4. Критерии конструкционной прочности	85
3.5. Критерии прочности и жёсткости	85
3.6. Критерии надёжности	87
3.7. Критерии долговечности	91
3.8. Методы повышения конструкционной прочности	92
Контрольные вопросы	95
4. ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ	96
4.1. Строение и свойства сплавов	96

4.2. Диаграммы состояния сплавов	101
4.2.1. Диаграмма состояния сплавов с практическим отсутствием растворимости компонентов в твёрдом состоянии	102
4.2.2. Диаграмма состояния сплавов с неограниченной растворимостью компонентов в твёрдом состоянии	105
4.2.3. Диаграмма состояния сплава с ограниченной растворимостью компонентов в твёрдом состоянии	108
4.2.4. Диаграмма состояния сплавов, образующих химическое соединение	111
4.3. Кристаллизация сплавов в неравновесных условиях	114
4.4. Понятие о диаграммах состояния тройных систем	116
4.4.1. Зависимость между свойствами сплавов и их диаграммами состояния	119
Контрольные вопросы	120
5. ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫЕ СПЛАВЫ	121
5.1. Компоненты и фазы в системе железо-углерод	121
5.2. Влияние углерода и примесей на свойства сталей	129
5.2.1. Влияние углерода	129
5.2.2. Влияние постоянных примесей	130
5.3. Углеродистая сталь общего назначения	132
5.3.1. Классификация сталей	133
5.3.2. Конструкционные углеродистые стали	135
5.3.3. Нагартованная сталь	138
5.3.4. Листовая сталь для холодной штамповки	139
5.3.5. Автоматные стали	139
5.4. Чугуны	140
5.4.1. Диаграмма состояния железо-графит	140
5.4.2. Влияние примесей на строение и свойства чугуна	143
5.5. Свойства и назначение различных марок чугуна	149
5.5.1. Нелегированный чугун	149
5.5.2. Легированные чугуны	155
Контрольные вопросы	157
6. ОСНОВЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ	159
6.1. Виды термической обработки	159
6.2. Превращения в стали при нагреве	162
6.2.1. Перлитное превращение аустенита	164
6.2.2. Изотермическое превращение	165
6.2.3. Мартенситное превращение	169
6.2.4. Бейнитное превращение аустенита	172
6.3. Отпуск сталей	173
6.3.1. Распад мартенсита (первое превращение)	173
6.3.2. Превращение остаточного аустенита (второе превращение)	174
6.3.3. Снятие внутренних напряжений и карбидное превращение (третье превращение)	174

6.3.4. Коагуляция карбидов (четвёртое превращение)	175
6.3.5. Влияние отпуска на механические свойства	175
6.3.6. Отпускная хрупкость	177
Контрольные вопросы	178
7. ПРАКТИКА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ	179
7.1. Понятие о технологическом процессе	179
7.2. Типизация технологических процессов термической обработки	180
7.3. Сущность термической обработки	181
7.3.1. Термическая обработка и диаграммы состояний	182
7.4. Сущность закалки	182
7.5. Нагревательные устройства	183
7.6. Практика и технология термической обработки (стали и чугуна)	189
7.6.1. Выбор температуры нагрева под закалку	190
7.6.2. Определение продолжительности нагрева	193
7.6.3. Закалочные среды	196
7.6.4. Термическая обработка чугуна	206
7.6.5. Термомеханическая обработка	207
7.6.6. Поверхностное упрочнение стальных изделий	212
7.7. Отжиг	218
7.7.1. Дефекты отжига и нормализации	222
7.7.2. Отжиг чугуна	224
7.8. Старение чугуна	225
7.9. Обработка холодом	227
7.10. Лазерная термообработка	228
7.11. Термоциклическая обработка	230
7.12. Особенности термической обработки крепёжных деталей	231
Контрольные вопросы	233
8. ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА	235
8.1. Общие сведения	235
8.2. Цементация	237
8.3. Азотирование	242
8.4. Цианирование	244
8.5. Химико-термическая обработка деталей сельскохозяйственного машиностроения	247
8.6. Диффузионная металлизация	248
8.6.1. Алитирование	249
8.6.2. Хромирование	250
8.6.3. Борирование	251
8.6.4. Силицирование	251
8.6.5. Технический контроль химико-термической обработки	252
Контрольные вопросы	252
9. МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ СТАЛИ И СПЛАВЫ	253
9.1. Общие сведения	253

9.2. Стали с высокой технологической пластичностью и свариваемостью ...	258
9.3. Материалы с высокими упругими свойствами	260
9.3.1. Рессорно-пружинные стали общего назначения	260
9.3.2. Пружинные сплавы специального назначения	262
9.4. Подшипниковые стали	262
9.5. Износостойкие материалы	264
9.6. Наплавочные материалы	267
9.7. Материалы, устойчивые к усталостному изнашиванию в условиях больших давлений и ударных нагрузок	270
Контрольные вопросы	271
10. ЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ	272
10.1. Классификация легированных сталей	278
10.2. Маркировка легированных сталей	282
10.3. Износостойкие и специальные стали и сплавы	285
Контрольные вопросы.....	287
11. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	288
11.1. Инструментальные стали	288
11.2. Углеродистые инструментальные стали	290
11.3. Легированные инструментальные стали	291
11.4. Быстрорежущие стали	292
11.4.1. Структура и свойства быстрорежущей стали	294
11.5. Штамповые стали для холодного деформирования	300
11.6. Штамповые стали для горячего деформирования	301
11.7. Твёрдые сплавы	304
11.7.1. Приготовление смесей	307
11.7.2. Прессование	309
11.7.3. Спекание	309
11.7.4. Пример изготовления твердосплавных пластин в условиях цеха машиностроительного завода	310
11.7.5. Микроструктура твёрдых сплавов	311
11.7.6. Пайка твердосплавных пластин	312
11.7.7. Литые и наплавочные твёрдые сплавы	313
11.8. Сверхтвёрдые материалы	314
Контрольные вопросы	317
12. СТАЛИ И СПЛАВЫ С ОСОБЫМИ СВОЙСТВАМИ	319
12.1. Жаростойкие и жаропрочные стали и сплавы	319
12.1.1. Теплоустойчивые и жаростойкие материалы	319
12.1.2. Жаропрочные материалы	324
12.2. Нержавеющие стали	332
12.2.1. Хладостойкие стали	340
12.2.2. Методы защиты металлов от коррозии	343
12.3. Сплавы с особыми тепловыми и упругими свойствами	346
12.3.1. Сплавы с заданным температурным коэффициентом линейного расширения	346

12.3.2. Материалы с высокими упругими свойствами	348
12.4. Стали и сплавы с высоким электросопротивлением	351
12.5. Магнитные стали и сплавы	352
12.6. Аморфные сплавы (металлические стёкла)	355
Контрольные вопросы	358
13. ТУГОПЛАВКИЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ НА ИХ ОСНОВЕ	359
13.1. Общие сведения	359
13.2. Материалы на основе тугоплавких металлов и их соединений	361
13.3. Титан и его сплавы	365
13.3.1. Получение титана	367
13.3.2. Влияние легирующих элементов на свойства титана	368
13.3.3. Области применения титановых сплавов	373
13.3.4. Термическая обработка сплава	375
Контрольные вопросы	376
14. СПЛАВЫ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	377
14.1. Влияние излучения на свойства металлов	377
14.2. Конструкционные материалы реактора. Теплоносители	378
Контрольные вопросы	381
15. ЛЁГКИЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ	382
15.1. Алюминий и его сплавы	382
15.1.1. Производство алюминия	384
15.1.2. Классификация, маркировка, химический состав и свойства алюминиевых сплавов	385
15.1.3. Термическая обработка алюминиевых сплавов	390
15.2. Магний и его сплавы	398
15.3. Бериллий и его сплавы	402
Контрольные вопросы	405
16. МЕДЬ И ЕЁ СПЛАВЫ	406
16.1. Латунь	408
16.2. Бронзы	412
16.3. Припой и флюсы	420
Контрольные вопросы	423
17. АНТИФРИКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ	424
17.1. Сплавы на основе меди	425
17.2. Сплавы на основе олова (оловянистые баббиты)	426
17.3. Сплавы на основе свинца (свинцовистые баббиты)	428
17.4. Сплавы на основе цинка (цинковые баббиты)	430
17.5. Сплавы на основе алюминия	431
Контрольные вопросы	433

18. ПОРОШКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ	434
18.1. Технология получения порошковых сталей	434
18.2. Термическая обработка порошковых сталей	437
18.3. Антифрикционные пористые материалы	442
18.3.1. Материалы на основе железа	443
18.3.2. Материалы на основе меди	445
18.4. Порошковые фрикционные материалы	447
18.4.1. Материалы на основе железа	447
18.4.2. Материалы на основе меди	449
18.5. Методы получения наноструктурных порошков	450
Контрольные вопросы	452
19. БЛАГОРОДНЫЕ ЦВЕТНЫЕ СПЛАВЫ	453
19.1. Благородные металлы	453
Контрольные вопросы	459
20. ДРЕВЕСИНА	460
20.1. Основные свойства древесины	460
20.2. Контрольные вопросы	463
21. ПЛАСТМАССЫ И ПОЛИМЕРЫ	464
21.1. Основные сведения о пластмассах	464
21.2. Общие сведения о полимерах	467
21.3. Молекулярное строение полимеров	468
21.3.1. Надмолекулярная структура полимеров	470
21.4. Полярность полимеров	471
21.5. Реакция полимера на нагрев	471
21.6. Свойства пластмасс и области их применения	472
21.7. Термопластичные материалы	472
21.7.1. Неполярные термопластичные пластмассы	472
21.7.2. Полярные термопластичные пластмассы	476
21.8. Термореактивные материалы	479
21.9. Композиционные материалы. Их общие характеристики	481
21.9.1. Пластмассы с порошковыми наполнителями	481
21.9.2. Слоистые композиционные материалы	482
21.9.3. Волокнистые композиционные материалы	484
Контрольные вопросы	486
22. РЕЗИНОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ОБЛАСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ	487
22.1. Состав и классификация резин	489
22.2. Формообразование деталей из резины	491
Контрольные вопросы	493
23. ЛАКИ, КЛЕИ И ГЕРМЕТИКИ	494
23.1. Лакокрасочные покрытия	494
23.2. Клеи и герметики	495

23.2.1. Классификация клеев	496
23.2.2. Конструкционные смоляные и резиновые клеи	496
23.2.3. Неорганические клеи	500
23.2.4. Герметики	500
Контрольные вопросы	501
24. НЕОРГАНИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ	502
24.1. Графит	502
24.2. Неорганическое стекло	506
24.3. Ситаллы (стеклокристаллические материалы)	507
24.4. Керамические материалы	509
24.4.1. Безкислородная керамика	510
24.5. Прокладочные материалы	512
24.6. Изоляционные материалы	513
Контрольные вопросы	514
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	515
ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	519
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	525