



ДЛЯ ВУЗОВ

*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»



**МОСКВА
«МАШИНОСТРОЕНИЕ»
2015**

УДК 620.22(075.8)

ББК 30.3я73

Б74

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

профессор, доктор технических наук А.Н. Поляков

профессор, доктор технических наук К.В. Щурин

Богодухов С. И., Козик Е.С.

Б74 Материаловедение: учебник. М.: Машиностроение, 2015. — 504 с.

ISBN 978-5-94275-775-5

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 немаetalлических материалов приведены основные свойства дерева, пластмасс, резины, лаков и красок, неорганических материалов.

Учебник предназначен для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по специальности 150205 — Оборудование и технология повышения износостойкости и восстановление деталей машин и аппаратов, 151001 — Технология машиностроения, 151002 — Металлообработывающие станки и комплексы, 190601 — Автомобили и автомобильное хозяйство, 240801 — Машины и аппараты химических производств.

УДК 620.22 (075.8)

ББК 30.3 я 73

ISBN 978-5-94275-775-5

© ООО «Издательство Машиностроение», 2015

© Богодухов С. И., Козик Е. С., 2015

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, опубликованных в данной книге, допускаются только с разрешения издательства и со ссылкой на источник информации.

Содержание

Введение.....	9
Глава 1. Материаловедение как наука о взаимосвязи и изменениях состава и свойств материалов	11
1.1. Основные положения	11
1.2. Строение и свойства металлов.....	16
1.2.1 Типы атомных связей и их влияние на свойства материала.....	17
1.2.2. Методы исследования, применяемые в материаловедении	20
1.3. Классификация металлов.....	26
1.4. Атомно-кристаллическое строение металлов	27
1.4.1. Кристаллографические плоскости.....	29
1.4.2. Кристаллизация металлов.....	37
1.4.3. Полиморфные и магнитные превращения	42
Контрольные вопросы	44
Глава 2. Основные свойства материалов и влияние на них деформации и рекристаллизации	45
2.1. Определение механических свойств материалов	45
2.2. Виды и характеристика механических испытаний	47
2.2.1. Статические испытания	49
2.2.2. Динамические испытания	58
2.2.3. Испытания на усталость	60
2.3. Оценка механических свойств многофазных материалов	62
2.4. Технологические и эксплуатационные свойства.....	66
2.5. Деформация и рекристаллизация металлов	68
2.6. Упрочнение деталей методами пластической деформации	80
Контрольные вопросы	83
Глава 3. Конструкционная прочность материалов	84
3.1. Требования к материалу	84
3.2. Критерии конструкционной прочности	86
3.3. Критерии прочности и жёсткости	86
3.4. Критерии надёжности.....	88
3.5. Критерии долговечности	91
3.6. Методы повышения конструкционной прочности	92
Контрольные вопросы	94

Глава 4. Диаграммы состояния	95
4.1. Строение и свойства сплавов	95
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 сплавов с ограниченной растворимостью компонентов в твёрдом состоянии	108
4.2.4. Диаграмма состояния сплавов, образующих химическое соединение	112
4.2.5. Диаграмма состояния сплавов с полиморфными превращениями	113
4.3. Кристаллизация сплавов в неравновесных условиях	115
4.4. Понятие о диаграммах состояния тройных систем	116
4.5. Зависимость между свойствами сплавов и их диаграммами состояния	120
Контрольные вопросы	121
Глава 5. Железоуглеродистые сплавы	123
5.1. Компоненты и фазы в системе железо—углерод	123
5.2. Влияние углерода и примесей на свойства сталей	132
5.2.1. Влияние углерода	132
5.2.2. Влияние постоянных примесей	133
5.3. Углеродистая сталь общего назначения	136
5.3.1. Классификация сталей	136
5.3.2. Конструкционные углеродистые стали	137
5.3.3. Нагартованная сталь	141
5.3.4. Листовая сталь для холодной штамповки	142
5.3.5. Автоматные стали	142
5.4. Чугуны	143
5.4.1. Диаграмма состояния железо—графит	143
5.4.2. Влияние примесей на строение и свойства чугуна	152
5.5. Свойства и назначение различных марок чугуна	153
5.5.1. Нелегированный чугун	154
5.5.2. Легированные чугуны	159
Контрольные вопросы	162
Глава 6. Основы теории термической обработки	163
6.1. Виды термической обработки	163
6.2. Превращения в стали при нагреве	166
6.2.1. Перлитное превращение аустенита	168
6.2.2. Изотермическое превращение	170
6.2.3. Мартенситное превращение	175
6.2.4. Бейнитное превращение аустенита	179
6.3. Отпуск сталей	179
6.3.1. Распад мартенсита при нагреве	181

6.3.2. Влияние отпуска на механические свойства	182
6.3.3. Отпускная хрупкость	184
Контрольные вопросы	185
Глава 7. Практика термической обработки.	186
7.1. Понятие о технологическом процессе.	186
7.2. Типизация технологических процессов термической обработки	188
7.3. Сущность термической обработки.	189
7.4. Закалка.	190
7.4.1. Термическая обработка и диаграммы состояний	190
7.4.2. Определение продолжительности нагрева	193
7.4.3. Закалочные среды.	196
7.4.4. Нагревательные устройства	205
7.4.5. Термомеханическая обработка.	211
7.4.6. Поверхностное упрочнение стальных изделий	213
7.5. Отжиг	221
7.5.1. Дефекты отжига и нормализации.	225
7.5.2. Термическая обработка чугуна	226
7.6. Старение сталей	228
7.7. Лазерная термообработка	230
Контрольные вопросы	233
Глава 8. Химико-термическая обработка.	234
8.1. Общие сведения.	234
8.2. Цементация.	236
8.3. Азотирование	242
8.4. Цианирование	244
8.5. Диффузионная металлизация	246
Контрольные вопросы	250
Глава 9. Машиностроительные стали и сплавы	251
9.1. Общие сведения.	251
9.2. Стали с высокой технологической пластичностью и свариваемостью	257
9.3. Материалы с высокими упругими свойствами.	259
9.3.1. Рессорно-пружинные стали общего назначения	259
9.3.2. Пружинные сплавы специального назначения	261
9.4. Материалы, устойчивые к усталостному изнашиванию в условиях больших давлений и ударных нагрузок	262
9.5. Износостойкие материалы.	264
9.6. Наплавочные материалы	266
Контрольные вопросы	267
Глава 10. Легированные стали	268
10.1. Классификация легированных сталей.	276
10.2. Маркировка легированных сталей	282
Контрольные вопросы	284

Глава 11. Инструментальные материалы	285
11.1. Инструментальные стали	285
11.2. Углеродистые инструментальные стали	287
11.3. Легированные инструментальные стали	288
11.4. Быстрорежущие стали	288
11.5. Штамповые стали для холодного деформирования	294
11.6. Штамповые стали для горячего деформирования	295
11.7. Твёрдые сплавы	297
11.7.1. Литые и наплавочные твёрдые сплавы	301
11.8. Сверхтвёрдые материалы	302
Контрольные вопросы	304
Глава 12. Стали и сплавы с особыми свойствами	305
12.1. Жаростойкие и жаропрочные стали и сплавы	305
12.1.1. Теплоустойчивые и жаростойкие материалы	305
12.1.2. Жаропрочные материалы	310
12.2. Коррозионно-стойкие стали	318
12.2.1. Хладостойкие стали	326
12.3. Сплавы с особыми тепловыми и упругими свойствами	330
12.3.1. Сплавы с заданным температурным коэффициентом линейного расширения	330
12.3.2. Материалы с высокими упругими свойствами	331
12.4. Стали и сплавы с высоким электросопротивлением	335
12.5. Магнитные стали и сплавы	336
12.6. Аморфные сплавы (металлические стёкла)	340
Контрольные вопросы	342
Глава 13. Тугоплавкие металлы и сплавы на их основе	343
13.1. Общие сведения	343
13.2. Материалы на основе тугоплавких металлов и их соединений	345
13.3. Титан и его сплавы	348
13.3.1. Получение титана	350
13.3.2. Влияние легирующих элементов на свойства титана	352
Контрольные вопросы	356
Глава 14. Сплавы атомной энергетики	357
14.1. Влияние излучения на свойства металлов	357
14.2. Конструкционные материалы. Теплоносители	359
Контрольные вопросы	362
Глава 15. Лёгкие металлы и сплавы	363
15.1. Алюминий и его сплавы	363
15.1.1. Производство алюминия	365
15.1.2. Классификация, маркировка, химический состав и свойства алюминиевых сплавов	367
15.1.3. Термическая обработка алюминиевых сплавов	374

15.2. Магний и его сплавы	377
15.3. Бериллий и его сплавы.....	381
Контрольные вопросы	385
Глава 16. Медь и её сплавы. Припой и флюсы	386
16.1. Латунь	388
16.2. Бронзы	392
16.3. Припой и флюсы	399
Контрольные вопросы	403
Глава 17. Антифрикционные материалы.....	404
17.1. Сплавы на основе меди	406
17.2. Сплавы на основе олова (оловянистые баббиты)	406
17.3. Сплавы на основе свинца (свинцовистые баббиты)	408
17.4. Сплавы на основе цинка (цинковые баббиты)	409
17.5. Сплавы на основе алюминия	410
Контрольные вопросы	413
Глава 18. Порошковые материалы.....	414
18.1. Технология получения порошковых сталей	414
18.2. Термическая обработка порошковых сталей	418
18.3. Методы получения наноструктурных порошков.....	420
Контрольные вопросы	422
Глава 19. Благородные цветные сплавы	423
Контрольные вопросы	429
Глава 20. Древесина	430
Контрольные вопросы	434
Глава 21. Пластмассы и полимеры	435
21.1. Основные сведения о пластмассах.....	435
21.2. Полимеры	438
21.2.1. Общие сведения	438
21.2.2. Молекулярное строение полимеров	439
21.2.3. Полярность полимеров	442
21.2.4. Реакция полимера на нагрев	443
21.3. Свойства пластмасс и области их применения	443
21.4. Термопластичные материалы	444
21.5. Терморективные материалы	452
21.6. Композиционные материалы	455
Контрольные вопросы	460
Глава 22. Резиновые материалы.....	461
22.1. Состав и классификация резин	463
22.2. Формообразование деталей из резины.....	466
Контрольные вопросы	469

Глава 23. Лаки, клеи и герметики	470
23.1. Лакокрасочные покрытия	470
23.2. Клеи и герметики	471
23.2.1. Конструкционные смоляные и резиновые клеи	472
23.2.2. Неорганические клеи	477
23.2.3. Герметики	477
Контрольные вопросы	478
Глава 24. Неорганические конструкционные материалы	479
24.1. Графит	479
24.2. Неорганическое стекло	483
24.3. Ситаллы (стеклокристаллические материалы)	484
24.4. Керамические материалы	487
24.5. Прокладочные материалы	490
24.6. Изоляционные материалы	491
Контрольные вопросы	492
Список литературы	493
Электронные ресурсы	494
Термины и определения	495
Предметный указатель	501

Введение

Учебник предназначен для изучения курса «Материаловедение» студентами, обучающимся по направлениям подготовки «Машиностроение», «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств», дипломированных специалистов — «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

Учебник содержит основные разделы материаловедения: строение и свойства металлов, пластическая деформация, критерии конструкционной прочности, в нем рассмотрены различные диаграммы состояния, в том числе диаграммы состояния железоуглеродистых сплавов, основы и практика термической обработки и химико-термическая обработка; машиностроительные стали и сплавы, инструментальные материалы, легированные стали, цветные и порошковые материалы, различные группы сплавов, пластмассы, резины, клеи, герметики. Показана взаимосвязь комплекса физико-механических свойств материалов со структурой.

Каждый раздел учебника представляет группу материалов, и в нём рассмотрены способы получения материалов и изделий из них, приведены физико-механические и технологические свойства, способы их повышения. Заканчивается раздел контрольными вопросами.

Учебник содержит термины и определения курса, справочные данные по широкому кругу металлических и неметаллических материалов, применяемых в современных приборах и машинах, которые могут оказаться полезными при самостоятельной работе студентов над домашними заданиями, при выполнении курсовых и дипломных работ.

Учебник написан в соответствии с рабочей программой курса «Материаловедение», который авторы на протяжении многих лет читают в Оренбургском государственном университете.

Учебник не претендует на универсальность и всеобъемлющее раскрытие курса «Материаловедение», однако является полезным дополнением к ранее изданным литературным источникам.

Авторы выражают благодарность преподавателям и сотрудникам кафедры материаловедения и технологии материалов ОГУ к.т.н., доценту Р.М. Сулейманову, к.т.н., доценту А.С. Килову, Ю.С. Гамаюновой, Л.И. Борисовой, О.И. Кирпичевскому, А.О. Стрижову за помощь в подготовке и оформлении данного учебника.