

УДК 620.22 + 621.7(075)

ББК 30.3я73 + 34.5я73

Т66

Издание доступно в электронном виде по адресу

<https://bmstu.press/catalog/item/6646/>

Рецензенты:

заведующий кафедрой «Технология конструкционных материалов» МАИ (национального исследовательского университета), председатель научно-методического совета «Материаловедение и технология конструкционных материалов» д-р техн. наук, профессор

Г.П. Фетисов;

чл.-корр. РАН, д-р техн. наук, профессор МГТУ «Станкин»

А.М. Дмитриев

Третьяков, А. Ф.

Т66 Материаловедение и технологии обработки материалов : учебное пособие / А. Ф. Третьяков, Л. В. Тарасенко. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2021. — 557, [3] с. : ил.

ISBN 978-5-7038-4921-7

Изложены закономерности формирования строения материалов в процессе кристаллизации, пластического деформирования, термической обработки и сварки. Приведены технологические способы управления строением и свойствами сплавов, основные свойства конструкционных и инструментальных материалов. Рассмотрены физико-химические процессы, протекающие при изготовлении изделий в парогазовой, жидкой, твердожидкой и твердой фазах, принципы выбора оптимальной марки материала и метода получения проектируемых изделий. Даны примеры изготовления деталей машин обработкой давлением и резанием, литьем и сваркой.

Второе издание (1-е изд. — 2014 г.) дополнено сведениями по аддитивным технологиям, формированию фасонных изделий из твердожидких заготовок, а также о новом технологическом процессе — сварке трением с перемешиванием.

Для студентов технических университетов, обучающихся по машиностроительным направлениям подготовки, а также для преподавателей и инженеров.

УДК 620.22 + 621.7(075)

ББК 30.3я73 + 34.5я73

© Третьяков А.Ф., Тарасенко Л.В., 2014

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021,
с изменениями

© Оформление. Издательство
МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021

ISBN 978-5-7038-4921-7

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	11
Раздел I. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ	15
Глава 1. Классификация машиностроительных материалов, их свойства и характеристики	15
1.1. Классификация материалов	15
1.2. Основные свойства конструкционных материалов	18
1.2.1. Механические свойства	19
1.2.2. Физические и химические свойства	23
1.2.3. Технологические и эксплуатационные свойства	26
Вопросы для самоконтроля	28
Глава 2. Классификация материалов в зависимости от природы химической и физической связей	29
2.1. Типы химической и физической связей в веществах	29
2.2. Материалы с химической связью различных типов. Свойства материалов, способы их получения	31
2.2.1. Полимеры	33
2.2.2. Керамика	34
2.2.3. Металлы и сплавы	36
2.2.4. Карбиды и интерметаллиды	39
Вопросы для самоконтроля	41
Глава 3. Строение металлов и сплавов	42
3.1. Методы исследования структуры и состава материалов	42
3.2. Пространственные объекты в сплаве, состоящие из групп атомов	43
3.2.1. Кристаллическая решетка металлов	43
3.2.2. Дендриты, волокна, зерна, гранулы, порошки	47
3.3. несовершенства кристаллической структуры	52
3.4. Наноструктура	58
Вопросы для самоконтроля	60

Глава 4. Основы теории сплавов	61
4.1. Химический состав сплавов	61
4.2. Фазовый состав сплавов	62
4.3. Понятие о равновесных фазовых диаграммах (диаграммах состояния)	65
4.4. Фазовые превращения в сплавах в твердом состоянии	74
Вопросы для самоконтроля	77
Раздел II. МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО. ОСНОВНАЯ ПРОДУКЦИЯ	79
Глава 5. Физико-химические процессы производства чугуна и стали	79
5.1. Современное металлургическое производство	79
5.2. Производство чугуна	80
5.3. Производство стали	82
5.4. Внедоменное получение стали	87
Вопросы для самоконтроля	88
Глава 6. Кристаллизация и строение стальных слитков	90
6.1. Формирование структуры литых заготовок	90
6.2. Форма кристаллов и строение стальных слитков	98
Вопросы для самоконтроля	101
Глава 7. Способы повышения качества слитков	102
7.1. Непрерывная разливка стали	102
7.2. Внепечная обработка стали	104
7.3. Переплавные процессы	105
Вопросы для самоконтроля	109
Глава 8. Производство цветных металлов	110
8.1. Производство меди	110
8.2. Производство алюминия	111
8.3. Производство магния	112
8.4. Производство титана	113
Вопросы для самоконтроля	115
Глава 9. Основная продукция металлургического производства	116
9.1. Виды машиностроительных профилей	116
9.2. Производство прокатанных профилей	117
9.3. Производство прессованных профилей	122
9.4. Волочение машиностроительных профилей	125
9.5. Производство гнутых профилей	126
Вопросы для самоконтроля	127
Раздел III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ СТРОЕНИЕМ И СВОЙСТВАМИ СПЛАВОВ	129
Глава 10. Требования к свойствам конструкционных сплавов	129
Вопросы для самоконтроля	134

Глава 11. Холодное пластическое деформирование и рекристаллизация	135
Вопросы для самоконтроля	140
Глава 12. Термическая обработка сплавов	141
12.1. Виды термической обработки	141
12.2. Виды универсального отжига I рода	144
12.3. Упрочняющая термическая обработка	146
12.4. Химико-термическая обработка	149
12.4.1. Химико-термическая обработка с диффузионным насыщением углеродом и азотом	150
12.4.2. Химико-термическая обработка с диффузионным насыщением металлами	152
12.5. Поверхностная лазерная обработка	153
Вопросы для самоконтроля	155
Раздел IV. КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ	156
Глава 13. Формирование строения машиностроительных сталей	156
13.1. Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов. Область сталей	156
13.2. Фазовые превращения в сталях при медленном охлаждении из аустенитной области	159
13.3. Термическая обработка сталей	162
13.4. Закалка сталей на мартенсит	170
13.5. Отпуск сталей	177
13.6. Химико-термическая обработка сталей	180
Вопросы для самоконтроля	186
Глава 14. Конструкционные машиностроительные стали	187
14.1. Классификация машиностроительных сталей	187
14.2. Влияние легирующих элементов на свойства сталей	190
14.3. Стали с различным уровнем прочности	193
14.4. Рессорно-пружинные стали	200
14.5. Износостойкие стали	204
14.6. Подшипниковые стали	208
14.7. Автоматные стали	211
Вопросы для самоконтроля	213
Глава 15. Стали с особыми физико-химическими свойствами	214
15.1. Жаропрочные стали	214
15.2. Стали с повышенной поверхностной стойкостью	221
Вопросы для самоконтроля	231
Глава 16. Сплавы железа с углеродом. Чугуны	232
16.1. Химический состав и виды чугунов	232

16.2. Механические и технологические свойства чугунов	236
16.3. Серые чугуны	237
16.4. Высокопрочные чугуны	238
16.5. Чугуны с вермикулярным графитом	240
16.6. Ковкие чугуны	241
16.7. Специальные чугуны	242
Вопросы для самоконтроля	243
Глава 17. Сплавы цветных металлов	244
17.1. Алюминиевые сплавы	244
17.2. Магниевого сплавы	250
17.3. Титановые сплавы	252
17.4. Медные сплавы	256
17.4.1. Латунь	258
17.4.2. Бронзы	260
17.5. Антифрикционные материалы	262
17.6. Никелевые жаропрочные сплавы	265
Вопросы для самоконтроля	267
Глава 18. Пластмассы и композиционные конструкционные материалы	269
18.1. Пластмассы	269
18.1.1. Термопластичные пластмассы	272
18.1.2. Термореактивные пластмассы	275
18.2. Композиционные конструкционные материалы	277
18.2.1. Композиционные материалы на металлической основе	283
18.2.2. Композиционные материалы на полимерной основе	287
Вопросы для самоконтроля	290
Раздел V. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	291
Глава 19. Условия работы и требования к свойствам инструментальных материалов	291
Вопросы для самоконтроля	294
Глава 20. Материалы для изготовления металлорежущих инструментов	295
Вопросы для самоконтроля	299
Глава 21. Стали для изготовления инструментов обработки металлов давлением и измерительных инструментов	300
21.1. Общая характеристика материалов для инструментов обработки металлов давлением	300
21.2. Валковые стали	302
21.3. Штамповые стали	304

21.3.1. Стали для инструментов горячего деформирования	304
21.3.2. Стали для инструментов холодного деформирования	307
21.4. Стали для измерительных инструментов	311
Вопросы для самоконтроля	312
Раздел VI. МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК	313
Глава 22. Технологические процессы формообразования заготовок	313
22.1. Термины и определения	313
22.2. Основные виды заготовок и их характеристики	315
22.3. Качество и технологичность заготовок	318
22.4. Формообразующие технологические процессы	320
Вопросы для самоконтроля	321
Глава 23. Получение заготовок и их обработка в парогазовой, жидкой и твердой фазах	322
23.1. Процессы физического и химического осаждения материалов. Основные области их применения	322
23.2. Получение заготовок и их обработка в жидкой фазе	331
23.3. Получение заготовок и их обработка в твердой фазе	341
Вопросы для самоконтроля	351
Глава 24. Выбор метода получения заготовки проектируемой детали	352
24.1. Основные принципы выбора метода получения заготовки	352
24.2. Технологические возможности основных методов получения заготовок	353
24.3. Факторы, определяющие выбор метода получения заготовки	355
Вопросы для самоконтроля	362
Раздел VII. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ИЗДЕЛИЙ ОБРАБОТКОЙ ДАВЛЕНИЕМ И РЕЗАНИЕМ	363
Глава 25. Физико-механические основы изготовления заготовок обработкой давлением	363
25.1. Особенности получения заготовок обработкой давлением	363
25.2. Пластичность и сопротивление деформированию	365
25.3. Общая характеристика кузнечно-штамповочного производства	367
Вопросы для самоконтроля	369
Глава 26. Технологические особенности изготовления заготовок обработкой давлением	370
26.1. Изготовление заготовок ковкой	370
26.2. Разновидности объемной штамповки	373

26.3. Тиксоштамповка	377
26.4. Общая характеристика технологических процессов получения изделий из листовых заготовок	380
26.5. Основные технологические операции листовой штамповки	381
26.6. Обработка поверхностей пластическим деформированием	386
Вопросы для самоконтроля	388
Глава 27. Проектирование технологичных конструкций изделий, изготавливаемых обработкой давлением	389
27.1. Классификация поковок	389
27.2. Проектирование заготовок, получаемых ковкой и объемной штамповкой	390
27.3. Обеспечение технологичности конструкции штампованной заготовки	395
27.4. Проектирование технологичных конструкций изделий, изготавливаемых листовой штамповкой	396
Вопросы для самоконтроля	401
Глава 28. Физико-механические основы обработки заготовок резанием	402
28.1. Особенности технологических процессов обработки заготовок резанием	402
28.2. Физические закономерности механической обработки резанием	404
28.3. Свойства поверхности, обработанной резанием	407
28.4. Силы резания и тепловые явления при обработке резанием	409
Вопросы для самоконтроля	412
Глава 29. Обрабатываемость материалов резанием и способы ее улучшения	414
29.1. Обрабатываемость материалов	414
29.2. Основные способы улучшения обрабатываемости	416
29.3. Технологические особенности механической обработки заготовок из основных конструкционных материалов	421
Вопросы для самоконтроля	425
Глава 30. Технологические особенности обработки заготовок резанием	426
30.1. Обработка точением поверхностей заготовок	426
30.2. Поперечное, продольное строгание и долбление заготовок	428
30.3. Обработка заготовок протягиванием	430
30.4. Обработка заготовок осевым режущим инструментом	431
30.5. Обработка заготовок фрезерованием	434
30.6. Обработки поверхностей заготовок шлифованием	436
30.7. Технологические процессы отделочной обработки поверхностей заготовок	438
Вопросы для самоконтроля	442

Глава 31. Технологические процессы обработки резанием основных поверхностей заготовок	444
31.1. Обработка поверхностей тел вращения	444
31.2. Обработка плоских поверхностей	449
31.3. Нарезание резьбы на заготовках	451
31.4. Обработка поверхностей заготовок деталей с периодически повторяющимся профилем	452
Вопросы для самоконтроля	456
Глава 32. Проектирование деталей, изготавливаемых с использованием обработки давлением и резанием	458
32.1. Общие технологические требования к деталям	458
32.2. Конструктивные и технологические мероприятия, обеспечивающие повышение технологичности конструкции детали ...	462
32.3. Примеры проектирования и изготовления типовых деталей с использованием обработки давлением и резанием	467
Вопросы для самоконтроля	475
Раздел VIII. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ИЗДЕЛИЙ ЛИТЬЕМ И СВАРКОЙ	477
Глава 33. Литейные свойства сплавов и области их рационального применения	477
33.1. Основные особенности процессов получения отливок	477
33.2. Литейные свойства сплавов и их влияние на размеры и форму отливок	478
33.3. Области рационального применения литейных сплавов	486
Вопросы для самоконтроля	487
Глава 34. Технологические особенности изготовления отливок	488
34.1. Техничко-экономические показатели основных способов получения отливок	488
34.2. Формирование фасонных изделий из твердожидких заготовок	496
34.3. Выбор рационального способа литья заготовки проектируемой детали	500
34.4. Изготовление отливок из основных конструкционных материалов	503
34.5. Термическая и механическая обработки отливок	506
Вопросы для самоконтроля	510
Глава 35. Проектирование технологичных конструкций отливок	511
35.1. Классификация отливок	511
35.2. Общие принципы проектирования литых деталей	512
35.3. Особенности проектирования заготовок, изготавливаемых специальными способами литья	518
35.4. Обеспечение технологичности конструкции отливки	519
Вопросы для самоконтроля	526

Глава 36. Физико-механические основы технологических процессов сварки и пайки	527
36.1. Технологические особенности изготовления сварных и паяных заготовок	527
36.2. Формирование соединений при сварке	532
36.3. Напряжения и деформации при сварке	533
Вопросы для самоконтроля	537
Глава 37. Технологические особенности изготовления сварных заготовок	538
37.1. Свариваемость материалов	538
37.2. Технологические особенности получения сварных соединений из основных конструкционных материалов	540
37.3. Дефекты в сварных соединениях и методы контроля	543
Вопросы для самоконтроля	544
Глава 38. Проектирование технологичных конструкций сварных изделий	546
38.1. Общие принципы проектирования сварных заготовок	546
38.2. Технологичность конструкций сварных заготовок	547
38.3. Примеры проектирования и изготовления типовых деталей с использованием литья и сварки	554
Вопросы для самоконтроля	558
Заключение	559
Литература	560