

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

*Утверждено Министерством образования
Республики Беларусь в качестве учебника
для студентов машиностроительных
специальностей учреждений, обеспечивающих
получение высшего образования*



Минск
«ИВЦ Минфина»
2008

УДК 620.22(075.8)

ББК 30.3я73

М34

Авторы: *В.А. Струк, Л.С. Пинчук, В.А. Гольдаде, Н.К. Мышкин, П.А. Витязь*

Рецензенты: кафедра «Порошковые материалы, сварка и технология материалов» Учреждения образования «Белорусский национальный технический университет» (зав. кафедрой доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси *Ф.И. Пантелеенко*);
зав. кафедрой «Материаловедение и упрочнение материалов» Учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта» доктор технических наук, профессор *П.Н. Богданович*

Материаловедение : учебник / В.А. Струк [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 519 с.

ISBN 978-985-6847-35-9.

В учебнике изложены основы материаловедения машиностроительных материалов на основе металлов, полимеров, керамик, древесины и др. Приведены сведения о физико-химических процессах формирования структуры материалов при различных видах энергетических воздействий. Для всех типов материалов дан анализ взаимосвязи структуры и свойств материалов. Рассмотрены технико-экономические аспекты обоснованного выбора материалов при создании различных машин и механизмов.

В издании впервые изложена ведущая тенденция современного материаловедения: эволюция материалов от обычных к многофункциональным, далее к активным, а затем к «умным», уделено внимание специальным материалам, а также методам инженерии поверхности и высокоэнергетическим технологиям модифицирования поверхностных слоев машиностроительных изделий, высокоскоростной кристаллизации материалов, нанесению покрытий и др.

Предназначен для студентов машиностроительных специальностей вузов. Будет полезен магистрантам и аспирантам, а также студентам системы послевузовской подготовки.

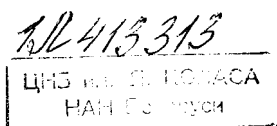
УДК 620.22(075.8)

ББК 30.3я73

ISBN 978-985-6847-35-9

© Оформление.

УП «ИВЦ Минфина», 2008



Оглавление

Предисловие	3
РАЗДЕЛ 1. ОСНОВЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ	5
Глава 1. Введение	6
1.1. Предмет материаловедения	6
1.2. История материаловедения	7
1.3. Проблемы и достижения материаловедения	11
Глава 2. Структура материалов	14
2.1. Атом	15
2.2. Химическая связь	16
2.3. Молекула	18
2.4. Фазовое состояние вещества	21
2.5. Газ и жидкость	22
2.6. Твердое тело	23
2.7. Дефекты в кристаллах	27
2.8. Моделирование структуры материалов	30
Глава 3. Основные свойства материалов	34
3.1. Механические свойства	35
3.2. Сопротивление материалов коррозии	43
3.3. Тепловые свойства	45
3.4. Электрические и магнитные свойства	48
3.5. Технологические свойства	53
3.6. Методы неразрушающего контроля	54
Глава 4. Технические материалы	64
4.1. Классификация	65
4.2. Основы стандартизации материалов	69
4.3. Базы данных по материалам	70
4.4. Материаловедение XXI века – наноматериалы и нанотехнологии	75
РАЗДЕЛ 2. ОСНОВЫ МЕТАЛЛОВЕДЕНИЯ	81
Глава 5. Общие сведения о металлах	82
5.1. Свойства и классификация металлов	82
5.2. Атомно-кристаллическое строение металлов	84
5.3. Кристаллизация из расплавов	84
5.4. Полиморфные превращения	89
5.5. Коррозия металлов	91
Глава 6. Теория сплавов	97
6.1. Фазы металлических сплавов	97
6.2. Сплавы с полной растворимостью компонентов	100
6.3. Сплавы с ограниченной растворимостью компонентов	102
6.4. Сплавы, образующие химические соединения	104
6.5. Связь между структурой и свойствами сплавов	107
6.6. Тройные сплавы	108

Глава 7. Прочность металлов и сплавов	110
7.1. Напряжение и деформации	110
7.2. Деформационное упрочнение и разрушение	113
7.3. Механические испытания	114
7.4. Конструкционная прочность	117
7.5. Пути повышения конструкционной прочности	119
Глава 8. Рекристаллизация в металлах и сплавах	122
8.1. Возврат и рекристаллизация	123
8.2. Структура рекристаллизованного металла	124
8.3. Холодное и горячее деформирование	126
Глава 9. Железо и его сплавы	128
9.1. Сплавы железа с углеродом	129
9.2. Диаграмма состояния системы «железо–углерод»	131
9.3. Влияние углерода и примесей на свойства стали	137
9.4. Легирование стали	139
Глава 10. Термическая обработка стали	142
10.1. Виды термической обработки	143
10.2. Превращение перлита в аустенит	146
10.3. Превращения переохлажденного аустенита	148
10.4. Перлитное превращение	149
10.5. Мартенситное превращение	151
10.6. Бейнитное превращение	153
10.7. Отпуск и старение стали	154
10.8. Влияние термической обработки на механические свойства стали	156
Глава 11. Технология термической обработки стали.....	158
11.1. Отжиг и нормализация	158
11.2. Закалка	161
11.3. Поверхностная закалка	166
11.4. Отпуск и искусственное старение	168
11.5. Термомеханическая и механотермическая обработка	169
Глава 12. Химико-термическая обработка стали	171
12.1. Механизм модифицирования поверхностных слоев	171
12.2. Цементация	172
12.3. Азотирование, нитроцементация и цианирование	175
12.4. Борирование, силицирование и диффузионная металлизация	178
12.5. Высокоэнергетические методы химического модифицирования	180
РАЗДЕЛ 3. МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ	183
Глава 13. Конструкционные стали и сплавы	184
13.1. Классификация сталей	184
13.2. Углеродистые конструкционные стали	189
13.3. Строительные низколегированные стали	190
13.4. Цементуемые легированные стали	190
13.5. Улучшаемые легированные стали	191
13.6. Высокопрочные стали	194
13.7. Пружинные стали	195

13.8. Износостойкие конструкционные стали	196
13.9. Коррозионно-стойкие стали и сплавы	197
13.10. Жаростойкие и жаропрочные стали и сплавы	198
13.11. Литейные стали	202
Глава 14. Чугуны	206
14.1. Структура чугуна	206
14.2. Серый и белый чугуны	208
14.3. Высокопрочный чугун	210
14.4. Ковкий чугун	211
14.5. Легированные чугуны	212
Глава 15. Инструментальные стали	213
15.1. Стали для режущего инструмента	214
15.2. Стали для измерительного инструмента	216
15.3. Стали для инструмента холодного деформирования	216
15.4. Стали для штампов горячего деформирования	217
Глава 16. Порошковая металлургия	218
16.1. Получение металлических порошков	219
16.2. Формование порошков	230
16.3. Спекание	236
16.4. Антифрикционные материалы	241
16.5. Фрикционные материалы	245
16.6. Пористые порошковые материалы	248
16.7. Электротехнические материалы	250
16.8. Конструкционные материалы	254
16.9. Тугоплавкие металлы и сплавы	260
16.10. Твердые сплавы	263
Глава 17. Алюминий и сплавы на его основе	265
17.1. Свойства алюминия и классификация его сплавов	265
17.2. Деформируемые сплавы	268
17.3. Литейные сплавы	271
17.4. Подшипниковые сплавы	273
Глава 18. Медь и сплавы на ее основе	274
18.1. Свойства меди и классификация медных сплавов	274
18.2. Латунни	276
18.3. Бронзы	279
Глава 19. Специальные сплавы на основе цветных металлов	283
19.1. Титан и его сплавы	283
19.2. Магний и сплавы на его основе	290
19.3. Антифрикционные сплавы на основе олова, свинца, цинка	292
19.4. Бериллий и его сплавы	295
Глава 20. Сплавы с особыми физическими свойствами	297
20.1. Проводниковые материалы	297
20.2. Сверхпроводники	298
20.3. Полупроводники	301
20.4. Магнитные материалы	303
20.5. Сплавы с «эффектом памяти»	307

20.6. Высокоомные сплавы	308
20.7. Сплавы с заданным коэффициентом линейного расширения	310
20.8. Стали и сплавы с особыми упругими свойствами	312
20.9. Сплавы для криогенной техники	313
РАЗДЕЛ 4. НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ	317
Глава 21. Пластмассы	318
21.1. Классификация полимеров	318
21.2. Основные свойства полимеров	325
21.3. Номенклатура конструкционных пластмасс	333
21.4. Технология переработки пластмасс	341
21.5. Полимерные пленки	344
Глава 22. Каучуки и резины.....	348
22.1. Натуральный и синтетический каучуки	348
22.2. Вулканизация каучуков	349
22.3. Классификация резин	351
22.4. Свойства резин	353
22.5. Клеи и герметики	355
Глава 23. Материалы на основе древесины	364
23.1. Структура и свойства древесины	364
23.2. Модифицирование цельной древесины	367
23.3. Классификация материалов на основе древесины	369
23.4. Бумага и картон	373
Глава 24. Минералы и материалы на их основе	375
24.1. Твердые и сверхтвердые материалы	376
24.2. Минеральные материалы на основе силикатов	378
24.3. Стекло и ситаллы	380
24.4. Техническая керамика	384
24.5. Графит и материалы на его основе	386
Глава 25. Технические жидкости и газы.....	389
25.1. Классификация технических жидкостей	390
25.2. Общая характеристика смазочных материалов	390
25.3. Смазочные масла	392
25.4. Пластичные смазочные составы	394
25.5. Рабочие тела и технологические среды	397
25.6. Специальные технические жидкости	399
25.7. Жидкие топлива	401
25.8. Технические газы и двухфазные среды	402
РАЗДЕЛ 5. КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ	405
Глава 26. Структура композитов	406
26.1. Основные определения и классификация	406
26.2. Критерии сочетания компонентов	413
26.3. Формирование структуры	419
26.4. Перспективы использования композитов	424

Глава 27. Композиционные пластики	427
27.1. Взаимодействие компонентов	427
27.2. Наполненные пластики	428
27.3. Армированные пластики	435
27.4. Смеси полимеров	443
Глава 28. Композиты на металлической матрице	448
28.1. Дисперсно-упрочненные материалы	449
28.2. Эвтектические композиты	452
28.3. Волокнистые материалы	455
Глава 29. Композиты на керамической матрице	461
29.1. Классификация	461
29.2. Выбор компонентов	462
29.3. Технология	463
29.4. Свойства и применение	465
Глава 30. Материалы для покрытий	468
30.1. Виды покрытий и способы их нанесения	468
30.2. Лакокрасочные материалы	473
30.3. Порошковые полимерные покрытия	477
30.4. Покрытия из металлов и сплавов	484
30.5. Неорганические неметаллические покрытия	486
РАЗДЕЛ 6. ОСНОВЫ ВЫБОРА МАТЕРИАЛОВ	489
Глава 31. Выбор материалов при подготовке производства	490
31.1. Разработка продукции	490
31.2. Технологическая подготовка производства	492
31.3. Стоимость и эксплуатационные свойства изделий	494
Глава 32. Экономическая эффективность материалов	496
32.1. Цены на материалы	497
32.2. Экономические критерии сравнения материалов	498
32.3. Методика определения эффективности материалов	500
Заключение	503
Литература	506
Предметный указатель	507