

Ю.М. ЛАХТИН, В.П. ЛЕОНТЬЕВА

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Допущено
Государственным комитетом
по народному образованию
в качестве **учебника**
для высших технических учебных заведений

Третье издание, переработанное и дополненное

Репринтное издание

ЭКОЛИТ
2011

УДК 620.22(075.8)

ББК 30.3я73

Л29

Рецензент

кафедра «Металловедение и химия» Московского станкоинструментального института
(д-р техн. наук, проф. Л.С. Кремнев)

Лахтин Ю.М.

Л29 Материаловедение : учебник / Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева. — 3-е изд., перераб. и доп. / Репринтное воспроизведение издания 1990 г. — М. : ЭКОЛИТ, 2011. — 528 с. : ил.

ISBN 978-5-4365-0025-6

Рассмотрены кристаллическое строение металлов, процессы пластической деформации и рекристаллизации. Изложены современные методы испытания и критерии оценки конструктивной прочности материалов, определяющие их надежность и долговечность. Описаны фазы, образующиеся в сплавах, и диаграммы состояния.

Большое внимание уделено теории и технологии термической обработки и другим видам упрочнения. Рассмотрены все классы сталей, цветные металлы и неметаллические соединения.

УДК 620.22(075.8)

ББК 30.3я73

Лахтин Юрий Михайлович
Леонтьева Валентина Петровна

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Изд. № 4113. Подписано в печать 30.08.2011. Формат 60×90/16.

Гарнитура «Литературная». Печать офсетная.

Усл. печ. л. 33,0. Тираж 300 экз. Заказ №

ООО «Эколит».

115088, Москва, ул. Новоостاپовская, д. 4, корп. 2.

Отпечатано в полном соответствии с качеством
предоставленного издательством электронного оригинал-макета
в ГУП МО «Коломенская типография».

140400, Московская обл., г. Коломна, ул. III Интернационала, 2а.

Тел.: 8 (496) 618-69-33, 618-60-16. E-mail: bab40@yandex.ru.

ISBN 978-5-4365-0025-6

© Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П., 1990

© ООО «Эколит», 2011

Курс «Материаловедение», в котором изучаются закономерности, определяющие строение и свойства материалов в зависимости от их состава и условий обработки, является одним из основных в цикле дисциплин, определяющих подготовку инженеров-машиностроителей.

Ускорение развития машиностроения — основной отрасли народного хозяйства — во многом зависит от успехов в создании и реализации эффективных и ресурсосберегающих материалов и технологий. Поэтому выпускники машиностроительных вузов должны обладать достаточными знаниями для правильного выбора материала, метода его упрочнения и снижения металлоемкости изделия при одновременном достижении наиболее высокой технико-экономической эффективности. Это основная задача курса «Материаловедение».

Учебник написан в соответствии с программой курса «Материаловедение» для высших учебных заведений. Курс «Материаловедение» включает две самостоятельные части: металловедение и термическая обработка металлов; неметаллические материалы (полимеры, керамика, стекло, резина, древесина и т. д.).

Несмотря на все более широкое использование неметаллических материалов, металлы и сплавы останутся и в ближайшем будущем основным конструкционным и инструментальным материалом. Поэтому в учебнике основное внимание уделено металлам.

Часть I «Металловедение и термическая обработка» в третьем издании претерпела значительные изменения. Помимо внесения изменений, связанных с развитием науки о металлах, в учебник введены новые разделы.

Сделана попытка дать некоторые исходные соображения о выборе стали и метода упрочнения типовых деталей машин, конструкции и инструмента. Описаны основные виды повреждения деталей машин (хрупкое и вязкое разрушение, деформация, изнашивание и др.). Рассмотрены принципы выбора комплекса прочностных свойств, которые определяют работоспособность металла (стали) при эксплуатации деталей машин. Дана классификация критериев оценки конструктивной прочности стали,

определяющих ее долговечность и надежность. Систематизированы пути повышения прочности металлов и сплавов.

В книге описаны новые технологические процессы термической и химико-термической обработки.

Большое внимание уделено порошковым материалам, сплавам с эффектом памяти, высокопрочным мартенситно-стареющим сталям и т. д.

В авиации и космонавтике нашли широкое применение композиционные материалы на основе металлов, полимеров и керамики. Нет сомнения, что в недалеком будущем они получат применение и в других отраслях машиностроения (автомобильной, станкостроения, в химическом машиностроении и др.). Поэтому в учебнике дано подробное их описание.

Впервые введен раздел, посвященный поверхностному деформационному упрочнению, широко применяемому в машиностроении для повышения долговечности деталей машин. Указаны возможности использования ЭВМ для металлургических исследований, решения технологических вопросов и управления оборудованием в термических цехах.

Часть II книги посвящена неметаллическим материалам. Этот раздел учебника также претерпел значительные изменения. Расширены сведения о старении полимеров, действии радиации, освещен процесс абляции. Переработан раздел термостойких пластиков, приведены новые виды стеклопластиков и сотопласты, описаны металлокерамические материалы, износостойкие резины и новые теплостойкие клеи, работающие длительно при температуре до 600 °С и кратковременно при температуре до 1200 °С.

Учебник будет полезен при выполнении курсовых и дипломных проектов.

В третьем издании учтены замечания, сделанные по второму изданию. Авторы признательны всем коллегам, сделавшим свои замечания по книге, направленные на ее улучшение, и приносят глубокую благодарность доктору технических наук, профессору, зав. кафедрой «Металловедение и химия» Московского станкоинструментального института Л. С. Кремневу, сделавшему ряд ценных замечаний при рецензировании рукописи учебника.

Часть I «Металловедение и термическая обработка металлов» написана проф. Ю. М. Лахтиным, а часть II «Неметаллические материалы» — доц. В. П. Леонтьевой.

Предисловие		3
ЧАСТЬ I. МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА		5
Введение		5
Глава I. Кристаллическое строение металлов		7
1. Общая характеристика и структурные методы исследования металлов		7
2. Атомно-кристаллическая структура металлов		11
3. Дефекты кристаллической решетки металлов		17
Вопросы для самопроверки		24
Глава II. Формирование структуры металла при кристаллизации		24
1. Гомогенная (самопроизвольная) кристаллизация		24
2. Гетерогенное образование зародышей		32
3. Строение металлического слитка		33
4. Полиморфные превращения		35
Вопросы для самопроверки		37
Глава III. Фазы и структура в металлических сплавах		37
1. Твердые растворы		37
2. Химические соединения		40
3. Структура сплавов		42
Вопросы для самопроверки		45
Глава IV. Формирование структуры сплавов при кристаллизации		45
1. Процесс кристаллизации и фазовые превращения в сплавах		45
2. Диаграммы фазового равновесия		48
3. Диаграммы состояния сплавов, образующих неограниченные твердые растворы		51
4. Диаграммы состояния сплавов, образующих ограниченные твердые растворы		56
5. Диаграммы состояния сплавов, компоненты которых имеют полиморфные превращения		63
6. Понятие о диаграммах состояния тройных сплавов		65
Вопросы для самопроверки		67
Глава V. Деформация и разрушение металлов		68
1. Виды напряжений		68
2. Упругая и пластическая деформации металлов		69
3. Сверхпластичность металлов и сплавов		75
4. Разрушение металлов		77
Вопросы для самопроверки		80
Глава VI. Влияние нагрева на структуру и свойства деформированного металла		81

	1. Возврат и полигонизация	81
	2. Рекристаллизация	82
	3. Холодная и горячая деформации	86
	Вопросы для самопроверки	87
Глава	VII. Механические свойства металлов	87
	1. Общая характеристика механических свойств	87
	2. Механические свойства, определяемые при статических испытаниях	88
	3. Твердость металлов	95
	4. Механические свойства, определяемые при динамических испытаниях	98
	5. Механические свойства при переменных (циклических) нагрузках	101
	6. Изнашивание металлов	104
	7. Пути повышения прочности металлов	110
	Вопросы для самопроверки	117
Глава	VIII. Железо и сплавы на его основе	118
	1. Компоненты и фазы в системе железо — углерод	118
	2. Диаграмма состояния железо — цементит (метастабильное равновесие)	120
	3. Диаграмма состояния железо — графит (стабильное равновесие)	129
	4. Влияние углерода и постоянных (технологических) примесей на свойства стали	131
	5. Легирующие элементы в стали	134
	6. Структурные классы легированных сталей	141
	Вопросы для самопроверки	143
Глава	IX. Чугун	144
	1. Серый и белый чугуны	144
	2. Высокочерный чугун с шаровидным графитом	150
	3. Ковкий чугун	153
	4. Специальные чугуны	155
	Вопросы для самопроверки	155
Глава	X. Фазовые превращения в сплавах железа (теория термической обработки стали)	156
	1. Превращение ферритно-карбидной структуры в аустенит при нагреве	156
	2. Рост зерна аустенита при нагреве	159
	3. Общая характеристика превращения переохлажденного аустенита (диаграмма изотермического превращения аустенита)	165
	4. Перлитное превращение	167
	5. Мартенситное превращение в стали	170
	6. Промежуточное (бейнитное) превращение	176
	7. Изотермическое превращение аустенита в легированных сталях	178
	8. Превращение аустенита при непрерывном охлаждении	180
	9. Термокинетические диаграммы превращения переохлажденного аустенита	182
	10. Превращение мартенсита и остаточного аустенита при нагреве (отпуск стали)	183
	11. Термическое и деформационное старение углеродистой стали	189
	Вопросы для самопроверки	191

Глава	XI. Технология термической обработки стали	191
	1. Отжиг I рода	192
	2. Отжиг II рода (фазовая перекристаллизация)	194
	3. Закалка	200
	4. Отпуск	215
	5. Термомеханическая обработка	217
	6. Дефекты, возникающие при термической обработке стали	219
	7. Поверхностная закалка	220
	Вопросы для самопроверки	227
Глава	XII. Химико-термическая обработка стали	228
	1. Цементация	231
	2. Нитроцементация	238
	3. Азотирование	239
	4. Цианирование	244
	5. Борирование	246
	6. Силицирование	247
	7. Диффузионное насыщение металлами	247
	Вопросы для самопроверки	249
Глава	XIII. Поверхностная пластическая деформация	249
	Вопросы для самопроверки	252
Глава	XIV. Конструкционные стали и сплавы	252
	1. Углеродистые конструкционные стали	256
	2. Легированные конструкционные стали	259
	3. Строительные низколегированные стали	262
	4. Арматурные стали	266
	5. Стали для холодной штамповки	266
	6. Конструкционные (машиностроительные) цементуемые (нитроцементуемые) легированные стали	267
	7. Конструкционные (машиностроительные) улучшаемые легированные стали	275
	8. Стали с повышенной обрабатываемостью резанием	281
	9. Мартенситно-стареющие высокопрочные стали	283
	10. Высокопрочные стали с высокой пластичностью (ТРИП- или ПНП-стали)	285
	11. Рессорно-пружинные стали общего назначения	285
	12. Шарикоподшипниковые стали	288
	13. Износостойкие стали	290
	14. Коррозионно-стойкие и жаростойкие стали и сплавы	291
	15. Криогенные стали	299
	16. Жаропрочные стали и сплавы	300
	Вопросы для самопроверки	312
Глава	XV. Основы рационального выбора стали (чугуна) и методов упрочнения деталей машин	313
	1. Выбор стали для деталей машин	313
	2. Примеры термической и химико-термической обработки деталей машин	326
	3. Упрочнение поверхностным пластическим деформированием	345
	4. Износостойкие и коррозионно-стойкие покрытия	345
	Вопросы для самопроверки	348
Глава	XVI. Инструментальные стали и твердые сплавы	349
	1. Стали для режущего инструмента	350
	2. Стали для измерительного инструмента	357

	3. Стали для штампов холодного деформирования	358
	4. Стали для штампов горячего деформирования	361
	5. Твердые сплавы	364
	Вопросы для самопроверки	366
Глава	XVII. Стали и сплавы с особыми физическими свойствами	367
	1. Магнитные стали и сплавы	367
	2. Металлические стекла (аморфные сплавы)	371
	3. Стали и сплавы с высоким электрическим сопротивлением для нагревательных элементов	373
	4. Сплавы с заданным температурным коэффициентом линейного расширения	374
	5. Сплавы с эффектом «памяти формы»	375
	Вопросы для самопроверки	376
Глава	XVIII. Тугоплавкие металлы и их сплавы	376
	Вопросы для самопроверки	378
Глава	XIX. Титан и сплавы на его основе	378
	1. Титан	378
	2. Сплавы на основе титана	379
	Вопросы для самопроверки	384
Глава	XX. Алюминий и сплавы на его основе	384
	1. Алюминий	384
	2. Классификация алюминиевых сплавов	385
	3. Термическая обработка алюминиевых сплавов	388
	4. Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые термической обработкой	392
	5. Деформируемые алюминиевые сплавы, не упрочняемые термической обработкой	395
	6. Литейные алюминиевые сплавы	396
	Вопросы для самопроверки	401
Глава	XXI. Магний и сплавы на его основе	401
	1. Магний	401
	2. Сплавы на основе магния	401
	Вопросы для самопроверки	406
Глава	XXII. Медь и сплавы на ее основе	406
	1. Медь	406
	2. Сплавы на основе меди	408
	Вопросы для самопроверки	417
Глава	XXIII. Антифрикционные (подшипниковые) сплавы на оловянной, свинцовой, цинковой и алюминиевой основах	418
	Вопросы для самопроверки	422
Глава	XXIV. Композиционные материалы с металлической матрицей	422
	Вопросы для самопроверки	427
Глава	XXV. Конструкционные порошковые материалы	428
	Вопросы для самопроверки	431
	Список литературы	432
ЧАСТЬ II. НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ		434
Глава	XXVI. Общие сведения о неметаллических материалах	434
	1. Понятие о неметаллических материалах и классификация полимеров	434

	2. Особенности свойств полимерных материалов	439
	Вопросы для самопроверки	449
Глава XXVII.	Пластические массы	449
	1. Состав, классификация и свойства пластмасс	449
	2. Термопластичные пластмассы	451
	3. Термореактивные пластмассы	462
	4. Газонаполненные пластмассы	470
	5. Экономическая эффективность применения пластмасс	473
	Вопросы для самопроверки	474
Глава XXVIII.	Композиционные материалы с неметаллической матрицей	475
	1. Общие сведения, состав и классификация	475
	2. Карбоволокниты	476
	3. Бороволокниты	480
	4. Органоволокниты	481
	Вопросы для самопроверки	481
Глава XXIX.	Резиновые материалы	482
	1. Общие сведения, состав и классификация резин	482
	2. Резины общего назначения	485
	3. Резины специального назначения	486
	4. Влияние факторов эксплуатации на свойства резин	491
	Вопросы для самопроверки	494
Глава XXX.	Клеящие материалы и герметики	494
	1. Общие сведения, состав и классификация пленкообразующих материалов	494
	2. Конструкционные смоляные и резиновые клеи	496
	3. Неорганические клеи	499
	4. Свойства клеевых соединений	500
	5. Герметики	502
	Вопросы для самопроверки	504
Глава XXXI.	Неорганические материалы	504
	1. Графит	505
	2. Неорганическое стекло	508
	3. Ситаллы (стеклокристаллические материалы)	512
	4. Керамические материалы	514
	Вопросы для самопроверки	520
	Список литературы	520
	Предметный указатель	521