

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ. МЕХАНИЧЕСКИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов учреждений
высшего образования по специальностям
«Технологии высокотемпературной обработки металлов»,
«Инженерно-техническое проектирование
и производство материалов и изделий из них»*

Минск
РИВШ
2025

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Глава 1. НАПРЯЖЕНИЯ И ДЕФОРМАЦИИ	5
1.1. Напряженное и деформированное состояние.....	5
1.1.1. Общие понятия. Тензор напряжений.....	5
1.1.2. Схемы напряженного состояния.....	9
1.1.3. Деформации.....	11
1.1.4. Методы обнаружения и измерения деформаций.....	13
1.2. Упругие свойства материалов.....	15
1.2.1. Закон Гука и константы упругости.....	15
1.2.2. Влияние различных факторов на величину модулей упругости.....	19
1.3. Неполная упругость металлов и сплавов.....	22
1.3.1. Эффект Баушингера.....	23
1.3.2. Обратное (упругое) последствие.....	24
1.3.3. Внутреннее трение.....	26
1.4. Пластическая деформация металлов и сплавов.....	28
1.4.1. Пластическая деформация скольжением.....	29
1.4.2. Двойникование и его особенности.....	35
Глава 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ	38
2.1. Классификация механических свойств по условиям эксплуатации.....	38
2.2. Классификация и условия подбора механических испытаний.....	40
2.3. Определение показателей механических свойств материалов.....	44
2.3.1. Испытания на растяжение.....	44
2.3.2. Испытания на сжатие.....	48
2.3.3. Испытания на изгиб.....	50
2.3.4. Испытания на кручение.....	53
2.3.5. Технологические испытания (пробы).....	55
2.3.6. Испытания на ударную вязкость.....	59
2.3.7. Определение критической температуры хрупкости.....	63
2.3.8. Измерение твердости.....	67
2.3.9. Методы определения модулей упругости.....	83

2.3.10. Испытания при циклическом нагружении	85
2.3.11. Определение характеристик сопротивления ползучести	89
2.3.12. Определение характеристик трещиностойкости	92
Глава 3. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗРУШЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ	95
3.1. Понятие о разрушении.....	95
3.1.1. Вязкое разрушение материалов.....	99
3.1.2. Хрупкое разрушение материалов	101
3.1.3. Принципы механики разрушения материалов	103
3.1.4. Переход из вязкого состояния в хрупкое	109
3.1.5. Зарождение и распространение трещин.....	114
3.1.6. Усталостное и циклическое разрушение материалов.....	119
3.1.7. Ползучесть материалов	127
3.2. Исследование процессов механического разрушения материалов.....	132
Глава 4. ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТАВА	159
4.1. Исследование материалов методами оптической и электронной микроскопии	159
4.2. Химический анализ состава материалов.....	177
4.2.1. Качественный анализ	180
4.2.2. Количественный анализ	182
4.2.3. Физико-химические и физические методы анализа	197
4.2.4. Электрохимические методы анализа	209
4.3. Анализ состава материалов методами атомно-спектрометрического анализа.....	214
4.3.1. Эмиссионный спектральный анализ.....	216
4.3.2. Рентгенофлуоресцентный анализ	227
4.3.3. Масс-спектральный метод анализа	233
4.3.4. Атомно-абсорбционная спектрометрия	242
4.4. Газовый анализ состава материалов	254
4.5. Рентгеноструктурный анализ материалов.....	270
4.6. Анализ материалов ядерно-физическими методами.....	282
4.6.1. Ядерно-физические методы анализа	283
4.6.2. Активационные методы анализа	295
4.7. Радиоспектроскопия.....	304

Глава 5. КОМПЬЮТЕРНАЯ ДИАГНОСТИКА МАТЕРИАЛОВ И МОДЕЛИРОВАНИЕ В МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ	317
5.1. Компьютерные методы исследования дефектов и структуры материалов	317
5.2. Интроскопия материалов	388
5.3. Применение компьютерной техники в разработке и изучении материалов	397
5.3.1. Квантомеханические модели	400
5.3.2. Атомистическое моделирование	408
5.3.3. Мезоструктурное и континуальное моделирование материалов	434
5.4. Поиск новых многокомпонентных сплавов методом перебора и с помощью машинного обучения	450
Глава 6. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ	455
6.1. Электрические свойства материалов	455
6.1.1. Классическая теория электропроводности металлов	456
6.1.2. Основы зонной теории твердых тел	460
6.1.3. Влияние различных факторов на электрическое сопротивление металлов и сплавов	464
6.1.4. Применение электрического анализа в материаловедении	469
6.2. Магнитные свойства твердых тел	471
6.2.1. Природа диамагнетизма	474
6.2.2. Парамагнетизм («пара» пер. – около)	477
6.2.3. Магнетизм электронов проводимости	481
6.2.4. Природа ферромагнетизма	483
6.2.5. Антиферромагнетизм и ферримагнетизм	488
6.2.6. Магнитные материалы	490
6.3. Плотность и термическое расширение	495
6.3.1. Методы определения плотности металлов и сплавов	495
6.3.2. Изменение плотности железа и стали	497
6.3.3. Термическое расширение металлов	498
6.3.4. Дилатометрия (от лат. <i>«dilato»</i> – расширяю)	500
6.4. Теплофизические свойства материалов	503
6.5. Исследование электрических и магнитных свойств материалов	517
6.5.1. Определение электрических свойств материалов	517
6.5.2. Основные методы определения магнитных свойств материалов	522
6.6. Исследование показателей теплофизических свойств материалов	527
6.6.1. Теоретические основы и классификация методов определения теплофизических свойств	527

6.6.2. Стационарные методы измерения теплопроводности.....	531
6.6.3. Динамические методы измерения теплофизических характеристик.....	540
6.6.4. Классические методы измерения теплоемкости.....	550
6.6.5. Метрологическое обеспечение единства и правильности измерений теплофизических характеристик.....	563
Глава 7. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОВОГО РАЗРУШЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ.....	567
7.1. Критерии теплового разрушения материалов.....	567
7.2. Методы тепловой защиты.....	569
7.3. Поведение материалов при тепловом разрушении.....	574
7.4. Эффективная энтальпия теплозащитных материалов.....	581
7.5. Решение практических задач.....	588
Глава 8. РАЗРУШЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ И КОРРОЗИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ.....	596
8.1. Трещиностойкость материалов при различных условиях эксплуатации оборудования.....	596
8.2. Наводороживание металлических материалов и их разрушение.....	604
8.3. Разрушение металлических материалов в условиях коррозионной усталости.....	611
8.4. Разрушение металлических материалов в условиях коррозионного растрескивания.....	616
Глава 9. МЕХАНИЗМЫ УПРОЧНЕНИЯ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ.....	622
9.1. Классификация основных механизмов упрочнения.....	622
9.2. Твердорастворное упрочнение.....	623
9.3. Дислокационное упрочнение.....	631
9.4. Зернограничное упрочнение.....	634
9.5. Дисперсионное упрочнение.....	638
9.6. Сравнительный анализ эффективности действия основных механизмов упрочнения.....	645
Список использованных источников.....	648