

В. И. НАУМОВ, А. А. ХЛЫБОВ, Г. В. ПАЧУРИН

ВЛИЯНИЕ СРЕД, ТЕМПЕРАТУР И ИЗЛУЧЕНИЙ НА МАТЕРИАЛЫ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Рекомендовано федеральным государственным бюджетным учреждением
«Федеральный институт развития образования» (ФГБУ «ФИРО»)
в качестве учебного пособия для использования
в образовательном процессе образовательных организаций,
реализующих программы высшего образования по направлениям подготовки
бакалавриата и магистратуры «Ядерная энергетика и теплофизика»,
«Материаловедение и технологии материалов»

Старый Оскол
ТНТ
2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Принятые сокращения	6
Основные металлургические и физические термины и величины	9
Введение	11
ГЛАВА 1. ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	16
1.1. Ядерные установки и режимы их работы	19
1.2. Условия эксплуатации материалов в атомной энергетике и контроль за их состоянием	27
Контрольные вопросы	31
ГЛАВА 2. ОСНОВЫ ДИФФУЗИИ В МЕТАЛЛАХ И СПЛАВАХ	32
2.1. Самодиффузия и диффузия примесей в твердых телах	32
2.2. Радиационно-стимулированная диффузия	37
2.3. Особенности диффузии примесей в сплавах	40
Контрольные вопросы	42
ГЛАВА 3. ТИПЫ, СТРОЕНИЕ, ПРОЧНОСТЬ И ЖАРОСТОЙКОСТЬ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ	43
3.1. Строение металлических сплавов	43
3.2. Сплавы железо-углерод	46
3.3. Механизмы упрочнения сталей	50
3.3.1. Влияние размеров зерна на прочностные свойства сталей	53
3.3.2. Твердорастворное упрочнение сталей	57
3.3.3. Дисперсионное и дисперсное упрочнение сталей	60
3.3.4. Упрочнение сплавов	64
3.3.5. Влияние примесей и лигатур на прочностные свойства сталей	66
3.3.6. Основы обеспечения жаростойкости и жаропрочности сталей	70
Контрольные вопросы	80

ГЛАВА 4. ОСНОВЫ КОРРОЗИИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ	81
4.1. Коррозия в газовых средах	83
4.2. Коррозия сталей в жидкометаллических расплавах	85
4.3. Электрохимическая коррозия	89
4.4. Влияние механических напряжений, неоднородности материала и облучения на коррозию	94
4.5. Устойчивость различных типов сталей к коррозии	102
4.6. Коррозионная стойкость сталей при наличии примесей атомов деления	111
Контрольные вопросы	114
ГЛАВА 5. ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ОБЛУЧАЕМЫХ МАТЕРИАЛАХ.....	116
5.1. Энергетический спектр нейтронов и их взаимодействие с веществом	116
5.2. Замедление и поглощение нейтронов веществом	125
5.2.1. Замедление нейтронов веществом	125
5.2.2. Поглощение нейтронов веществом	133
5.2.3. Отражение нейтронов веществом	140
Контрольные вопросы	144
ГЛАВА 6. ВЛИЯНИЕ ОБЛУЧЕНИЯ НА ПРОЧНОСТНЫЕ, ТЕРМИЧЕСКИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТАЛЕЙ.....	145
6.1. Виды и механизмы образования радиационных повреждений	145
6.2. Радиационное упрочнение и охрупчивание	152
6.2.1. Радиационное упрочнение	152
6.2.2. Радиационное охрупчивание и его виды	159
6.2.3. Радиационное распухание материалов	177
6.2.4. Радиационная ползучесть	198
6.2.5. Радиационный рост материалов	202
6.2.6. Радиационная эрозия поверхности	207
Контрольные вопросы	224
ГЛАВА 7. ВЛИЯНИЕ ВОДОРОДА И ГЕЛИЯ НА СВОЙСТВА СТАЛЕЙ	226
7.1. Абсорбция водорода и образование гидридов в переходных металлах	229
7.2. Влияние гелия на свойства сталей	236
Контрольные вопросы	246

ГЛАВА 8. МАЛОАКТИВИРУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ РЕАКТОРОВ ДЕЛЕНИЯ И СИНТЕЗА.....	247
8.1. Металлические малоактивируемые материалы.....	247
8.2. Неметаллические малоактивируемые материалы	266
8.3. Композиционные малоактивируемые материалы.....	271
8.4. Керамические материалы. Прочностные и радиационные свойства.....	283
8.5. Полимерные материалы и их свойства при облучении.....	288
Контрольные вопросы	295
ГЛАВА 9. МАТЕРИАЛЫ КОРПУСОВ И ВНУТРИКОРПУСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ РЕАКТОРОВ ДЕЛЕНИЯ	296
9.1. Принципы выбора материалов корпусов реакторов	296
9.2. Водно-водяные реакторы.....	302
9.3. Реакторы на быстрых нейтронах.....	312
9.4. Реакторы с ядерным перегревом пара	322
9.5. Реакторы с газовым охлаждением.....	327
9.6. Жидкосолевые реакторы	335
9.7. Материалы ТВЭЛов, ПЭЛов и тепловыделяющих сборок.....	340
9.8. Материалы трубопроводов и парогенераторов ядерных реакторов	361
Контрольные вопросы	375
ГЛАВА 10. МАТЕРИАЛЫ ТЕРМОЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ.....	376
Контрольные вопросы	395
ГЛАВА 11. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	397
11.1. Аморфные материалы.....	397
11.2. Наноматериалы в ядерной энергетике	408
Контрольные вопросы	419
ГЛАВА 12. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ И РЕЦИКЛИНГ МЕТАЛЛОВ	420
Контрольные вопросы	445
Заключение	446
Библиографический список.....	447