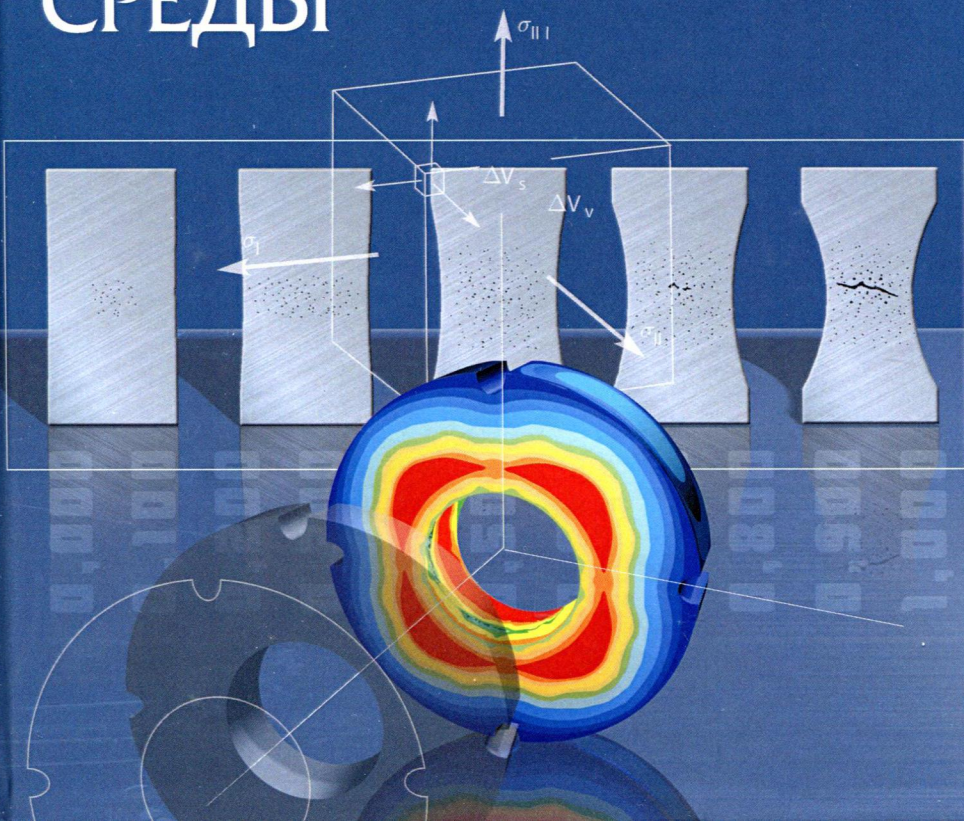


И.А. Волков
Л.А. Игумнов

ВВЕДЕНИЕ В КОНТИНУАЛЬНУЮ МЕХАНИКУ ПОВРЕЖДЕННОЙ СРЕДЫ



И.А. Волков
Л.А. Игумнов

ВВЕДЕНИЕ
В КОНТИНУАЛЬНУЮ
МЕХАНИКУ
ПОВРЕЖДЕННОЙ
СРЕДЫ



МОСКВА
ФИЗМАТЛИТ®
2017

УДК 539.3
ББК 22.251
В 67

Волков И. А., Игумнов Л. А. **Введение в континуальную механику поврежденной среды.** — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2017. — 304 с. + 8 с. цв. вкл. — ISBN 978-5-9221-1725-8.

В монографии рассматриваются основные механизмы деградации начальных прочностных свойств конструкционных материалов (металлов и их сплавов) при различных (квазистатических и динамических) режимах термосилового нагружения. Сформулированы основные понятия и положения механики поврежденной среды (МПС). Предложен один из возможных вариантов модели МПС. Обсуждается проблема, связанная с нахождением материальных параметров и скалярных функций развитых моделей МПС.

Методом численного моделирования исследуются процессы вязкопластического деформирования и разрушения конструкционных сплавов. Особое внимание уделяется вопросам моделирования сложных процессов деформирования, сопровождающихся вращением главных площадок тензоров напряжений и деформаций. Представлены результаты численного моделирования процессов вязкопластического деформирования и разрушения элементов и узлов несущих конструкций в ряде прикладных задач.

Монография представляет интерес для широкого круга научных работников, инженеров, аспирантов и специалистов в области механики деформируемого твердого тела.

Рецензенты:

д.т.н., профессор, академик РАН Ф. М. Митенков,
д.ф.-м.н., профессор Д. В. Тарлаковский

ISBN 978-5-9221-1725-8

© ФИЗМАТЛИТ, 2017

© И. А. Волков, Л. А. Игумнов, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5
Введение	8
Глава 1. Основные механизмы деградации конструкционных материалов (металлов и их сплавов)	18
1.1. Общие положения	18
1.2. Усталостное разрушение	26
1.2.1. Малоцикловая усталость	27
1.2.2. Многоцикловая усталость	33
1.3. Длительная прочность	36
1.4. Взаимное влияние малоцикловой усталости и длительной прочности	43
1.5. Термоциклическая усталость	46
1.6. Динамическое откольное разрушение	51
Глава 2. Основные понятия и положения механики поврежденной среды (МПС)	54
2.1. Общие положения	54
2.2. Основные гипотезы	59
2.3. Понятия поврежденной среды	63
2.4. Тензор скоростей деформаций в поврежденной среде	65
2.5. Тензоры средних и истинных напряжений. Тензор ослабления	66
2.6. Основные разрешающие уравнения механики поврежденной среды. Постановка краевых задач с начальными условиями	71
Глава 3. Уравнения состояния вязкоупругопластических сред с повреждениями	75
3.1. Требования к математическим моделям	75
3.2. Определяющие соотношения вязкопластического деформирования конструкционных материалов (металлов и их сплавов)	78
3.3. Варианты эволюционных уравнений накопления повреждений	86
3.4. Критерий прочности поврежденного материала	93
3.5. Интегрирование определяющих соотношений МПС	93
Глава 4. Экспериментально-теоретические методики определения материальных параметров и скалярных функций моделей механики поврежденной среды. Базовые эксперименты.	95
4.1. Определение материальных параметров и скалярных функций модели термовязкопластичности	95
4.2. Определение материальных параметров эволюционных уравнений накопления повреждений	108
4.3. Экспериментальное оборудование	123
4.4. Технологические особенности изготовления лабораторных образцов	131

4.5. Статистическая обработка результатов испытаний	133
4.6. Экспериментальные исследования	134
Глава 5. Оценка достоверности математических моделей механики поврежденной среды при статических и динамических режимах термомеханического нагружения	153
5.1. Численный анализ влияния средней деформации на усталостную долговечность металлов	154
5.2. Нелинейное суммирование повреждений при блочных циклических режимах нагружения	161
5.3. Численное исследование влияния вида траектории деформирования на усталостную долговечность металлов	170
5.4. Экспериментально-теоретическое исследование процессов накопления усталостных повреждений в конструкционных сталях при блочном малоцикловом нагружении (сравнение с моделью J.L. Chaboche [108, 109])	180
5.5. Оценка ресурсных характеристик конструкционных сталей при механизмах исчерпания ресурса, сочетающих усталость и ползучесть материала	188
5.6. Численное исследование процессов деформирования и разрушения жаропрочных сплавов при циклическом термомеханическом нагружении	196
5.7. Численный анализ сложного пластического деформирования и накопления усталостных повреждений в жаропрочных сплавах при комбинированном термомеханическом нагружении	204
5.8. Численное исследование откольного разрушения при плоском соударении пластин	214
Глава 6. Некоторые результаты численного моделирования усталостной долговечности элементов и узлов несущих конструкций	235
6.1. Общие положения	235
6.2. Численный анализ напряженного состояния полосы с круглым отверстием при малоцикловом нагружении	237
6.3. Расчет пластины с центральной и косой трещинами при циклическом упругопластическом деформировании материала	245
6.4. Оценка усталостной долговечности компактного образца с затупленным вырезом при блочном циклическом нагружении	253
6.5. Моделирование процесса накопления повреждений материала поверхности трубы при термопульсациях	257
6.6. Исследование усталостной долговечности компактного образца с концентраторами при термоциклическом нагружении в условиях неоднородного напряженного состояния	264
Глава 7. Методическое обеспечение и аппаратные средства диагностики разрушений ответственных инженерных объектов	279
7.1. Акустическая эмиссия	279
7.2. Средства определения топологии и геометрии трехмерных дефектов	286
7.3. Средства определения поврежденности материала	286
Заключение	289
Список литературы	291