



Г.В. Пачурин, С.М. Шевченко,
В.Н. Дубинский

Сопротивление материалов

Усталость и ползучесть материалов
при высоких температурах

Г.В. Пачурин, С.М. Шевченко,
В.Н. Дубинский

СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

**Усталость и ползучесть материалов
при высоких температурах**

*Допущено УМО высших заведений РФ по образованию
в области материаловедения, технологии материалов и покрытий
в качестве учебного пособия для академических
и прикладных бакалавров, магистрантов и специалистов,
обучающихся по направлениям подготовки (укрупненные группы)
13.00.00 «Электро- и теплоэнергетика», 15.00.00 «Машиностроение»,
20.00.00 «Техносферная безопасность и природоустройство»,
22.00.00 «Технологии металлов»,
23.00.00 «Техника и технологии наземного транспорта»*



УДК 539.3/.4
ББК 30.121
П21

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»

Рецензент:

Г.Н. Гаврилов — доктор технических наук, профессор

Пачурин Г.В., Шевченко С.М., Дубинский В.Н.

П21 Протiwивление материалов. Усталость и ползучесть материалов при высоких температурах : учебное пособие / Г.В. Пачурин, С.М. Шевченко, В.Н. Дубинский / под общей ред. Г.В. Пачурина. — М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2015. — 128 с. — (Высшее образование).

ISBN 978-5-00091-053-5 (ФОРУМ)

ISBN 978-5-16-010776-9 (ИНФРА-М, print)

ISBN 978-5-16-102644-1 (ИНФРА-М, online)

В учебном пособии рассмотрена проблема повышения эксплуатационной надежности металлических материалов в изделиях инженерных конструкций, работающих в условиях ползучести и циклических нагрузок при повышенных температурах. На основании аналитического обзора, изучения теории вопроса, систематизации экспериментальных данных, комплексных структурно-механических и фрактографических исследований определены основные микромеханизмы и закономерности разрушения металлов и сплавов разных классов при высокотемпературной усталости и ползучести. Даны практические рекомендации по повышению эксплуатационных свойств, стабильности механических свойств и качества деталей из металлов и сплавов при повышенных температурах.

Учебное пособие предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки (укрупненные группы) 13.00.00 «Электро- и теплоэнергетика», 15.00.00 «Машиностроение», 20.00.00 «Техносферная безопасность и природоустройство», 22.00.00 «Технологии металлов», 23.00.00 «Техника и технологии наземного транспорта», также будет полезно при подготовке специалистов по обработке металлов давлением и термической обработке металлов.

**Электронно-
Библиотечная
znanium.com**

*Соответствует
Федеральному государственному
образовательному стандарту
3-го поколения*

**УДК 539.3/.4
ББК 30.121**

ISBN 978-5-00091-053-5 (ФОРУМ)
ISBN 978-5-16-010776-9 (ИНФРА-М, print)
ISBN 978-5-16-102644-1 (ИНФРА-М, online)

© Пачурин Г.В., Шевченко С.М.,
Дубинский В.Н., 2015
© Издательство «ФОРУМ», 2015

Оглавление

Введение	3
Глава 1. УСТАЛОСТЬ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ	5
1.1. Механические свойства материалов при статическом нагрузении	5
1.2. Развитие процесса усталости в материалах при разных температурах	8
1.2.1. Термически обработанные материалы	8
1.2.2. Материалы после технологической обработки	14
Глава 2. ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ПОЛЗУЧЕСТЬ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ	26
2.1. Высокотемпературная деформация	26
2.1.1. Общее представление о зернограничном проскальзывании (ЗГП)	27
2.1.2. Факторы, влияющие на величину ЗГП	28
2.1.3. Механизмы проскальзывания	32
2.2. Структурные изменения при высокотемпературной деформации при одноосном растяжении	35
2.2.1. Ползучесть и ЗГП	39
2.2.2. Микромеханизмы разрушения	47
Глава 3. ТЕМПЕРАТУРНО-ВРЕМЕННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ПРОЧНОСТИ И ПЛАСТИЧНОСТИ МЕТАЛЛОВ ПРИ ДВУХОСНОМ РАСТЯЖЕНИИ	55
3.1. Долговечность и ползучесть металлов при $0,2 \leq T \leq 0,4T_{пл}$...	56
3.2. Анализ структурных исследований	67
3.2.1. Структурно-чувствительный параметр и его микроструктурные характеристики	67
3.2.2. Микромеханизмы разрушения	74

3.3. Высокотемпературное разрушение алюминия	78
3.4. Эквивалентные напряжения при плоском напряженном состоянии	84
3.4.1. Влияние двухосного растяжения на процессы скольжения в металлах	84
3.4.2. Определение эквивалентного напряжения при двухосном напряженном состоянии	90
Глава 4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ	98
4.1. Прогнозирование длительной прочности металлов и сплавов в области повышенных температур	98
4.2. Методика расчета рабочего давления мембран	102
4.3. Поверхностное упрочнение металлоорганическими соединениями хрома с целью повышения жаропрочности сталей	105
4.4. Прогнозирование сопротивления усталости при высоких температурах деформированных металлов и сплавов	110
Основные выводы	116
Литература	120