

Г. В. Пачурин, В. В. Галкин, В. Г. Пачурин

**ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ
ДОЛГОВЕЧНОСТЬ
ДЕФОРМИРОВАННЫХ
КОНСТРУКЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ**

Г. В. Пачурин, В. В. Галкин, В. Г. Пачурин

**ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ДОЛГОВЕЧНОСТЬ
ДЕФОРМИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ**

Под общей редакцией Г. В. Пачурина

*Допущено УМО высших учебных заведений РФ по образованию
в области материаловедения, технологии материалов и покрытий
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлениям подготовки специалистов 15.00.00
«Машиностроение» и 22.00.00 «Технологии материалов»*

92

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2022

УДК 620.178.3+620.194

ББК 34.2

П21

Рецензент:

доктор технических наук, профессор *О. С. Кошелев*

Пачурин, Г. В.

П21 Эксплуатационная долговечность деформированных конструкционных материалов : учебное пособие / Г. В. Пачурин, В. В. Галкин, В. Г. Пачурин ; под общ. ред. Г. В. Пачурина. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. – 184 с. : ил., табл.
ISBN 978-5-9729-0799-1

Освещены вопросы повышения эксплуатационной долговечности металлоизделий, полученных методами холодной штамповки и работающих в условиях циклических нагрузок как на воздухе при разных температурах, так и в присутствии коррозионной среды.

Для студентов машиностроительных специальностей. Может быть полезно при подготовке специалистов по материаловедению и металлургии, а также для научных и инженерно-технических работников предприятий автомобильной, авиационной, судостроительной и других металлообрабатывающих областей машиностроения.

УДК 620.178.3+620.194

ББК 34.2

ISBN 978-5-9729-0799-1

© Пачурин Г. В., Галкин В. В., Пачурин В. Г., 2022

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2022

© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2022

Оглавление

Введение	5
1. ОБЩИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ	7
1.1. Статическое растяжение.....	7
1.2. Усталостные испытания.....	9
1.2.1. Основные термины и определения.....	10
1.2.2. Параметры и формы циклов при усталостном нагружении.....	12
1.2.3. Стандартные образцы и схемы циклического нагружения.....	13
1.2.4. Машины для усталостных испытаний.....	15
1.2.5. Построение кривых усталости и вероятностных кривых распределения циклической долговечности.....	17
1.2.6. Процесс усталостного разрушения.....	20
1.2.7. Фрактография усталостных изломов.....	23
2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТОДИКЕ ИСПЫТАНИЙ	28
2.1. Материалы образцов и их обработка.....	28
2.2. Микроструктура, шероховатость, микротвердость и остаточные напряжения образцов.....	30
2.3. Математическое планирование экспериментов и оценка точности определения напряжений.....	32
2.4. Статистический анализ результатов экспериментов.....	34
2.5. Испытания на статическое растяжение.....	38
2.5.1. Стандартные образцы.....	39
2.5.2. Плоские образцы со сварным швом.....	42
2.5.3. Плоские образцы с выточкой.....	43
2.6. Испытания материалов при циклическом нагружении.....	44
2.6.1. Построение кривых изменения текущего прогиба.....	44
2.6.2. Определение скорости роста трещин и построение кинетических диаграмм усталостного разрушения (КДУР).....	45
2.6.3. Фрактографические исследования.....	47
2.6.4. Усталостные испытания.....	48
3. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРИ СТАТИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ МАТЕРИАЛОВ ПОСЛЕ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ	55
3.1. Цельные образцы.....	55
3.2. Образцы со сварным швом.....	60
4. ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ЦИКЛИЧЕСКУЮ ДОЛГОВЕЧНОСТЬ	64
4.1. Примеры испытаний образцов на усталость.....	64
4.1.1. Испытания на воздухе при разных температурах.....	64

4.1.2. Испытания в коррозионных средах	69
4.2. Влияние технологической обработки на долговечность металлов и сплавов	74
4.2.1. Комнатная температура	74
4.2.1.1. Термическая обработка.....	74
4.2.1.2. Механотермическая обработка	74
4.2.1.3. Степень объемного пластического деформирования.....	75
4.2.1.4. Скорость объемной пластической деформации.....	80
4.2.1.5. Поверхностная пластическая деформация (ППД).....	89
4.2.1.6. Сварные соединения	93
4.2.2. Испытания на воздухе при криогенных и повышенных температурах	101
5. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ	107
5.1. Комнатная температура	107
5.1.1. Эксплуатация на воздухе	107
5.1.2. Эксплуатация в 3%-ном водном растворе морской соли.....	111
5.1.3. Эксплуатация в физиологическом растворе Рингера-Локка	122
5.2. Пониженные и повышенные температуры	130
6. ПРИМЕРЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В КОНКРЕТНЫХ ИЗДЕЛИЯХ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ.....	134
6.1. Примерная структура комплексного исследования.....	136
6.2. Исследование эксплуатационных характеристик листа малолистоной рессоры автомобиля «ГАЗель»	137
6.3. Исследование эксплуатационных характеристик листовых гофрированных заготовок из титанового сплава ВТ-20.....	157
6.4. Исследование эксплуатационных характеристик листовых гофрированных заготовок из титанового сплава ОТ4-1	164
7. ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ.....	171
8. ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ	174
Библиографический список.....	176