

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ  
ИНСТИТУТ ТЕХНИЧЕСКОЙ АКУСТИКИ**

# **Актуальные проблемы прочности**

Под редакцией  
члена – корреспондента НАН Беларуси  
В.В.Рубаника

Молодечно  
Типография «Победа»  
2020

**Актуальные проблемы прочности** / В.А. Андреев [и др.] ; под ред.  
В.В. Рубаника. – Молодечно : ОАО «Типография «Победа», 2020. – 453 с. – ISBN 978-985-6967-43-9

В монографии опубликованы результаты исследований конструкционных, функциональных и «smart» материалов. Представлены инновационные разработки в области материаловедения. Обсуждены механизмы формирования структуры, результаты исследования фазовых состояний и дефектной субструктуры материалов, а также влияние воздействия мощных ультразвуковых колебаний, электромагнитного излучения, интенсивной пластической деформации на свойства различных материалов.

Книга предназначена для широкого круга специалистов: научных работников, инженеров, а также преподавателей, аспирантов и студентов, специализирующихся в области материаловедения и физики конденсированного состояния.

Табл. 72. Ил. 351. Библиограф.: 750 назв.

Авторский коллектив:

В.А. Андреев, А.А. Антанович, Э.Ю. Балаев, Е.С. Белослудцева, К.Е. Белявин, О.Б. Бердник, Ж.М. Бледнова, Е.Н. Блинова, Ю.М. Бойко, И.Ш. Валеев, А.Х. Валеева, В.Н. Варюхин, И.И. Вегера, А.И. Веремейчик, А.А. Викарчук, П.А. Витязь, В.А. Гольцов, М.В. Гольцова, Т.Ф. Григорьева, Н.Н. Грызунова, О.И. Данейко, Е.Б. Демченко, А.П. Дысин, А.Р. Егоров, В.И. Жорник., О.П. Жуков, Р.Р. Ильясов, В.М. Кийко, С.В. Кириков, С.А. Ковалева, Т.А. Ковалевская, Г.В. Кожевникова, С.А. Колесников, В.П. Коржов, М.А. Кравчук, Л.А. Кривина, А.С. Критченков, Н.Ю. Кропачева, А.М. Кузей, В.П. Кузнецов, Н.Н. Куранова, А.А. Курилёнок, В.Н. Курлов, С.Д. Латушкина, М.А. Леванцевич, В.В. Макаров, Д.С. Максимова, Н.Н. Максимченко, В.В. Малашенко, В.А. Марихин, М.А. Марков, Е.И. Марукович, Е.Б. Марченкова, К.Б. Масленников, О.В. Матвиенко, В.В. Михайлов, Л.П. Мясникова, А.А. Назаров, Ю.А. Николайчик, Е.В. Овчинников, Г.В. Павилайнен, М.М. Перкас, Е.В. Пилипчук, С.И. Платов, О.И. Посылкина, А.В. Пушин, В.Г. Пушин, И.М. Романов, В.В. Рубаник мл., В.В. Рубаник, М.И. Сазонов, С.О. Саркисян, А.Э. Свирид, И.А. Сосновский, В.В. Столяров, В.Г. Сурсаева, Н.В. Урцев, С.М. Ушеренко, Ю.С. Ушеренко, В.П. Филиппова, В.М. Хвисевич, Хоу Ябо, И.Н. Царева, П.Ю. Цыкунов, Н.М. Чекан, В.К. Шелег, В.С. Юсупов

Рецензенты:

доктор физико-математических наук, профессор В.И. Бетехтин (Санкт-Петербург, Россия);  
доктор физико-математических наук, профессор А.М. Глезер (Москва, Россия);  
академик Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук,  
профессор Е.И. Марукович;  
академик Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук,  
профессор Н.К. Мышкин

## Содержание

Глава 1	<b>Сурсаева В.Г.</b> ВЛИЯНИЕ ЗЕРНОГРАНИЧНЫХ ДЕФЕКТОВ НА РОСТ ЗЁРЕН	3
Глава 2	<b>Столяров В.В., Кузнецов В.П.</b> ФЕНОМЕНОЛОГИЯ И СТРУКТУРНЫЕ АСПЕКТЫ ФРЕТТИНГ-ТРЕНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	19
Глава 3	<b>Марков М.А.</b> КОМБИНИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ АВИАЦИОННОЙ И МОРСКОЙ ТЕХНИКИ	34
Глава 4	<b>Марукович Е.И., Демченко Е.Б.</b> О ПРОЧНОСТИ НАЧАЛЬНОЙ КОРКИ ОТЛИВКИ НА МЕНИСКЕ РАСПЛАВА В КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ ЛИТЬЕ	39
Глава 5	<b>Белявин К.Е., Сосновский И.А., Курилёнок А.А.</b> ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ АДГЕЗИОННОЙ СВЯЗИ МЕЖДУ НАНОСИМЫМ ПОКРЫТИЕМ И ОСНОВОЙ	44
Глава 6	<b>Гольцова М.В., Гольцов В.А.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДОРОДОУПРУГОСТИ И ВОДОРОДОПЛАСТИЧНОСТИ	57
Глава 7	<b>Саркисян С.О.</b> ТЕОРИЯ МАЛЫХ УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ МИКРОПОЛЯРНЫХ МАТЕРИАЛОВ	72
Глава 8	<b>Филиппова В.П., Блинова Е.Н., Жуков О.П.</b> ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТОЧЕЧНЫХ ДЕФЕКТОВ И РАСТВОРЕННЫХ АТОМОВ В КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКЕ $\alpha$ -Fe	81
Глава 9	<b>Марукович Е.И., Николайчик Ю.А., Хоу Ябо</b> ФОРМИРОВАНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПРОЧНОСТИ ПРОТИВОПРИГАРНЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ МОДИФИЦИРОВАНИИ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ	93
Глава 10	<b>Бойко Ю.М., Марихин В.А., Мясникова Л.П.</b> НОВЫЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ СТАТИСТИЧЕСКИ ДОСТОВЕРНЫХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСОКОПРОЧНЫХ ВЫСОКОМОДУЛЬНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ	103
Глава 11	<b>Леванцевич М.А., Максимченко Н.Н., Шелег В.К., Пилипчук Е.В., Кравчук М.А.</b> ФОРМИРОВАНИЕ ГЕТЕРОГЕННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ХРОМА ДЕФОРМАЦИОННЫМ ПЛАКИРОВАНИЕМ ГИБКИМ ИНСТРУМЕНТОМ	116

Глава 12	<b>Валеев И. Ш., Валеева А.Х., Ильясов Р.Р.</b> СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ХОЛОДНОКАТАНОГО НИКЕЛЯ ПОСЛЕ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ	131
Глава 13	<b>Латушкина С.Д., Романов И.М., Посылкина О.И.</b> ФОРМИРОВАНИЕ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ДИСИЛИЦИДА МОЛИБДЕНА МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ОПТИЧЕСКИХ ГАЗОАНАЛИЗАТОРАХ	144
Глава 14	<b>Антанович А.А., Колесников С.А., Максимова Д.С.</b> ДЕФОРМАЦИЯ И РАЗРУШЕНИЕ УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	156
Глава 15	<b>Викарчук А.А., Грызунова Н.Н., Назаров А.А.</b> ФУЛЛЕРЕНОПОДОБНЫЕ МЕДНЫЕ МИКРОЧАСТИЦЫ: МЕХАНИЗМЫ РОСТА, СТРУКТУРА И СВОЙСТВА	166
Глава 16	<b>Ковалева С.А., Витязь П.А., Григорьева Т.Ф.</b> МЕХАНОХИМИЧЕСКИЙ ПОДХОД К УВЕЛИЧЕНИЮ МИКРОТВЕРДОСТИ МЕДНО-ОЛОВЯННЫХ МАТЕРИАЛОВ ТРИБОТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ	177
Глава 17	<b>Марукович Е.И., Ушеренко Ю.С., Ушеренко С.М.</b> ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ДИНАМИЧЕСКОГО ЛЕГИРОВАНИЯ	190
Глава 18	<b>Бердник О.Б., Царева И.Н., Кириков С.В., Кривина Л.А.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СПЛАВОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ГАЗОВЫХ ТУРБИН	204
Глава 19	<b>Павилайнен Г.В., Кропачева Н.Ю.</b> ПЛАСТИЧЕСКАЯ АНИЗОТРОПИЯ СТАЛЬНЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ОПОР БУРОВЫХ ПЛАТФОРМ ПРИ ГИДРОСТАТИЧЕСКОМ И ЛЕДОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ	221
Глава 20	<b>Витязь П.А., Жорник В.И., Ковалёва С.А.</b> ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ И СВОЙСТВ МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫХ ПОРОШКОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ МЕДИ И ЖЕЛЕЗА	243
Глава 21	<b>Варюхин В.Н., Малашенко В.В.</b> КОЛЛЕКТИВНЫЕ ЭФФЕКТЫ ДИНАМИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СТРУКТУРНЫХ ДЕФЕКТОВ ПРИ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ	259
Глава 22	<b>Кожевникова Г. В.</b> ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИОННАЯ ТЕОРИЯ РАЗРУШЕНИЯ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОМ ТЕЧЕНИИ МЕТАЛЛА	269
Глава 23	<b>Кийко В.М., Коржов В.П., Курлов В.Н.</b> ПОЛУЧЕНИЕ, СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ КОМПОЗИТОВ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ МАТРИЦАМИ И МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИМИ ВОЛОКНАМИ САПФИРА	287

Глава 24	<b>Веремейчик А.И., Сазонов М.И., Хвисевич В.М.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ДВИЖУЩЕЙСЯ ПЛАЗМЕННОЙ ДУГОЙ В ПОТОКЕ АЗОТА	301
Глава 25	<b>Коржов В.П.</b> ЖАРОПРОЧНЫЕ СЛОИСТЫЕ КОМПОЗИТЫ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ФОЛЬГ С ПИРОУГЛЕРОДНЫМИ, КРЕМНИЙ-УГЛЕРОДНЫМИ И КАРБИДНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ	316
Глава 26	<b>Матвиенко О.В., Данейко О.И., Ковалевская Т.А.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ТРУБЫ ИЗ ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЁННОГО СПЛАВА	330
Глава 27	<b>Овчинников Е.В., Михайлов В.В., Чекан Н.М.</b> ТЕХНОЛОГИЯ СИНТЕЗА НАНОСТРУКТУР ПРИ ЭЛЕКТРОИСКРОВОМ ЛЕГИРОВАНИИ	345
Глава 28	<b>Критченков А.С., Дысин А.П., Егоров А.Р., Рубаник В.В., Рубаник В.В. мл.</b> УЛЬТРАЗВУК В ХИМИИ ПОЛИМЕРОВ	359
Глава 29	<b>Пушин В.Г., Куранова Н.Н., Макаров В.В., Марченкова Е.Б., Белослудцева Е.С., Пушин А.В., Свирид А.Э.</b> ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ СПЛАВОВ С ЭФФЕКТАМИ ПАМЯТИ ФОРМЫ	369
Глава 30	<b>Бледнова Ж.М., Балаев Э.Ю.</b> ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ ИЗ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ТЕРМОУПРУГИМИ ФАЗОВЫМИ ПРЕВРАЩЕНИЯМИ ПУТЕМ ВНЕШНИХ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ОБРАБОТКИ	391
Глава 31	<b>Андреев В.А., Юсупов В.С., Перкас М.М.</b> ПОЛУЧЕНИЕ ПРОВОЛОКИ ИЗ СПФ НА ОСНОВЕ НИКЕЛИДА ТИТАНА ДИАМЕТРОМ 0,1 – 2,5 ММ МЕТОДОМ ГОРЯЧЕГО ВОЛОЧЕНИЯ	408
Глава 32	<b>Вегера И.И., Кузей А.М., Цыкунов П.Ю.</b> РАЗРАБОТКА ВЫСОКОПРОЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПРИПОЕВ ДЛЯ ИНДУКЦИОННОЙ ПАЙКИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА	423
Глава 33	<b>Платов С.И., Масленников К.Б., Урцев Н.В.</b> СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ В МИКРОЛЕГИРОВАННОМ ТРУБНОМ ПРОКАТЕ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ СОВРЕМЕННОГО ТОЛСТОЛИСТОВОГО СТАНА	434
Авторский указатель		449
Содержание.....		450