

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ КООРДИНАЦИОННЫЙ СОВЕТ ПО ФИЗИКЕ  
ПРОЧНОСТИ И ПЛАСТИЧНОСТИ МАТЕРИАЛОВ

ИНСТИТУТ ТЕХНИЧЕСКОЙ АКУСТИКИ  
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ

# **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ**

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

Минск  
«ИВЦ Минфина»  
2023

УДК 620.22  
ББК 30.3  
П 27

Авторский коллектив:

Антанович А.А., Аплеснин С.С., Арипова М.Х., Балыбин Д.В., Белоцерковский М.А., Блиников А.А., Блинова Е.Н., Буевич Т.В., Варюхин В.Н., Веремейчик А.И., Вовнова И.Г., Восмериков С.В., Глушаков А.Н., Григорьева Т.Ф., Девяткина Е.Т., Денисов Е.А., Дмитриевский А.А., Егоров М.Ю., Ефремова Н.Ю., Живулько А.М., Живулько В.Д., Кийко В.М., Киселева Т.Ю., Ковалев А.И., Ковалева С.А., Коваленко И.И., Константинов В.М., Коржов В.П., Корниенков Б.А., Костюкевич П.А., Кузей А.М., Кузнецова Т.В., Куранова Н.Н., Курилёнок А.А., Лебедев В.Я., Лецко А.И., Липатникова Я.Д., Ляхов Н.З., Макоед И.И., Максимович Е.С., Малашенко В.В., Малинин В.Г., Малинин Г.В., Малинина Н.А., Марукович Е.И., Митюк В.И., Мозжаров С.Е., Мудрый А.В., Насиров Т.З., Нечаев Ю.С., Овчинников В.И., Овчинников П.Н., Окулов А.В., Пайзуллаханов М.С., Панкратов Н.Ю., Плужникова Т.Н., Покровский А.И., Пушин В.Г., Ражаматов О.Т., Римский Г.С., Романова О.Б., Сакевич В.Н., Свирид А.Э., Соловьева Ю.В., Сосновский И.А., Старенченко В.А., Стеценко А.В., Стеценко В.Ю., Талако Т.Л., Терлецкий С.В., Толкачева О.А., Удалова Т.А., Федоров В.А., Филиппова В.П., Хвисевич В.М., Хина Б.Б., Холодарь Б.Г., Шерматов Ж.З., Шурыгина Н.А., Юсупова О.С., Яблонский Г.П., Янушкевич К.И.

Рецензенты:

академик Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук,  
профессор *Н.К. Мышкин*;  
академик Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук,  
профессор *Е.И. Марукович*

П27 **Перспективные материалы и технологии** / Антанович А. А. [и др.] ; под ред. В. В. Рубаника. –  
Минск : ИВЦ Минфина, 2023. – 403 с. : ил.  
ISBN 978-985-880-357-5.

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

УДК 620.22  
ББК 30.3

ISBN 978-985-880-357-5

© Институт технической акустики  
НАН Беларуси, 2023  
© Оформление.  
УП «ИВЦ Минфина», 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

Глава 1 СТРУКТУРНО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕЗОМЕХАНИКА СРЕД С МАРТЕНСИТНЫМ МЕХАНИЗМОМ МАССОПЕРЕНОСА <b>Малинин В.Г., Малинина Н.А., Малинин Г.В.</b> .....	3
Глава 2 ЭМУЛЬСИОННЫЕ СМАЗКИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИНТЕТИЧЕСКИХ И ПРИРОДНЫХ ВОЛОКОН ПРИ ИХ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ <b>Буевич Т.В., Максимович Е.С., Сакевич В.Н.</b> .....	15
Глава 3 ДЕАЛЛОИНГ В ЖИДКОМ МЕТАЛЛЕ КАК ПЕРСПЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ СИНТЕЗА ПРОЧНЫХ НИЗКОМОДУЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ БИМЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ <b>Окулов А.В., Юсупова О.С., Кузнецова Т.В.</b> .....	30
Глава 4 ОСОБЕННОСТИ МАГНИТНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ И МАГНИТОКАЛОРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В ТВЁРДЫХ РАСТВОРАХ $Mn_{2-x}Zn_xSb$ ( $0.6 \leq x \leq 1.0$ ) <b>Митюк В.И., Панкратов Н.Ю., Янушкевич К.И.</b> .....	45
Глава 5 ОПТИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК СО СТРУКТУРОЙ ХАЛЬКОПИРИТА $Cu(In,Ga)Se_2$ И КЕСТЕРИТА $Cu_2ZnSnSe_4$ <b>Живулько В.Д., Мудрый А.В., Яблонский Г.П.</b> .....	59
Глава 6 АЛМАЗНО-АБРАЗИВНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ С ГИБРИДНОЙ СТРУКТУРОЙ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СВЕРХТВЁРДЫХ МАТЕРИАЛОВ <b>Костюкевич П.А., Кузей А.М., Лебедев В.Я.</b> .....	75
Глава 7 ИССЛЕДОВАНИЕ РОЛИ ЛЕГИРОВАНИЯ, ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И МЕГАПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕДНЫХ СПЛАВОВ С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ <b>Свирид А.Э., Пушин В.Г., Куранова Н.Н.</b> .....	86
Глава 8 ГАРМОНИЗАЦИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ НА КОНСТРУКЦИОННЫЕ СТАЛИИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КРУГЛОГО ПРОКАТА В ОАО «БМЗ – УПРАВЛЯЮЩАЯ КОМПАНИЯ ХОЛДИНГА «БМК» <b>Покровский А.И., Хина Б.Б., Терлецкий С.В., Толкачева О.А., Глушаков А.Н.</b> .....	101
Глава 9 ПРОЧНОСТЬ И «ПЛАСТИЧНОСТЬ» КОМПОЗИЦИОННОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ <b>Дмитриевский А.А., Ефремова Н.Ю., Овчинников П.Н.</b> .....	116
Глава 10 ЕМКОСТНОЙ ДАТЧИК ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ЗЕРНА В ПОТОКЕ <b>Мозжаров С.Е., Насиров Т.З.</b> .....	132
Глава 11 СИНТЕЗ И ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В СЕЛЕНИДЕ МАРГАНЦА ЗАМЕЩЕННОГО 4f-ЭЛЕМЕНТАМИ <b>Романова О.Б., Аплеснин С.С., Живулько А.М.</b> .....	140
Глава 12 НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ В АЛЮМИНИЕВЫХ ПОКРЫТИЯХ, ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДОМ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ИНДУКЦИОННОЙ НАПЛАВКИ <b>Белоцерковский М.А., Сосновский И.А., Курилёнок А.А.</b> .....	156

Глава 13 СЛОИСТЫЕ И СЛОИСТО-ВОЛОКНИСТЫЕ КОМПОЗИТЫ С МАТРИЦЕЙ НА ОСНОВЕ ТИТАНА <b>Кийко В.М., Коржов В.П.</b> .....	167
Глава 14 ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ ПО УТИЛИЗАЦИИ ОРУЖЕЙНОГО ПЛУТОНИЯ В СОСТАВЕ МОКС-ТОПЛИВА В ТЕПЛОВЫХ РЕАКТОРАХ ВВЭР-1000 <b>Егоров М.Ю., Блинников А.А., Коваленко И.И.</b> .....	181
Глава 15 УСКОРЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПРИ БОРИРОВАНИИ И ЦИНКОВАНИИ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ <b>Константинов В.М.</b> .....	189
Глава 16 АНАЛИЗ НЕУПРУГИХ ПРОЦЕССОВ В ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МЕТАЛЛАХ И СПЛАВАХ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ДЕФОРМАЦИИ <b>Варюхин В.Н., Малашенко В.В.</b> .....	200
Глава 17 СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ И ЭФФЕКТЫ ЛОКАЛЬНОЙ ДЕФОРМАЦИИ В ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛАХ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ПОТОКА ПОРОШКОВЫХ МИКРОЧАСТИЦ <b>Овчинников В.И.</b> .....	207
Глава 18 НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ при ТЕРМОупрочнении МЕТАЛЛОИЗДЕЛИЙ <b>Веремейчик А.И., Хвисевич В.М., Холодарь Б.Г.</b> .....	218
Глава 19 ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ И ТЕХНИЧЕСКАЯ КЕРАМИКА, СИНТЕЗИРОВАННАЯ ИЗ РАСПЛАВА НА БОЛЬШОЙ СОЛНЕЧНОЙ ПЕЧИ <b>Шерматов Ж.З., Пайзуллаханов М.С., Арипова М.Х., Янушкевич К.И.</b> .....	237
Глава 20 ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СОСТОЯНИЙ В КАТИОНЗАМЕЩЕННОМ ФЕРРИТЕ ВИСМУТА <b>Макоед И.И., Римский Г.С., Янушкевич К.И.</b> .....	256
Глава 21 СИНТЕЗ ИЗНОСОСТОЙКОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН <b>Шерматов Ж.З., Пайзуллаханов М.С., Ражаматов О.Т., Янушкевич К.И.</b> .....	267
Глава 22 ПРОПИТКА ГРАФИТА ЖИДКИМИ МЕТАЛЛАМИ ПОД ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ <b>Антанович А.А.</b> .....	283
Глава 23 ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАНО-РАЗМЕРНЫХ УГЛЕРОДНЫХ СТРУКТУР ПО ДИФРАКЦИОННЫМ СПЕКТРАМ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ ОЖЕ-ЭЛЕКТРОНОВ <b>Филиппова В.П., Блинова Е.Н., Шурыгина Н.А.</b> .....	292
Глава 24 НЕОДНОРОДНОСТИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ В МОДЕЛИ СИНТЕЗА ДИСЛОКАЦИОННОЙ КИНЕТИКИ И МЕХАНИКИ ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА <b>Соловьева Ю.В., Липатникова Я.Д., Вовнова И.Г., Старенченко В.А.</b> .....	305
Глава 25 ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ СПЛАВОВ И СИЛУМИНОВ НА ОСОБЕННОСТИ ИХ СТРУКТУРЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ЗАГОТОВОК <b>Марукович Е.И., Стеценко В.Ю., Стеценко А.В.</b> .....	324



Глава 26 ОСОБЕННОСТИ КОРРОЗИОННОГО ПОВЕДЕНИЯ АМОΡФНЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА В ЩЕЛОЧНЫХ И КИСЛЫХ РАСТВОРАХ С ДОБАВКАМИ РОДАНИДА КАЛИЯ <b>Федоров В.А., Балыбин Д.В., Плужникова Т.Н.</b> .....	339
Глава 27 МЕХАНИЧЕСКИ АКТИВИРУЕМЫЙ САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩИЙСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ СИНТЕЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ СТРУКТУР Cu/ZrO <sub>2</sub> И Cu/TiO <sub>2</sub> <b>Григорьева Т.Ф., Лецко А.И., Талако Т.Л., Восмериков С.В.</b> .....	353
Глава 28 КЛАСТЕРНАЯ СТРУКТУРА АМОΡФНОГО СПЛАВА ТИПА 2HCP В ПРЕДКРИСТАЛЛИЗАЦИОННОМ СОСТОЯНИИ <b>Корниенков Б.А., Ковалев А.И., Филиппова В.П.</b> .....	362
Глава 29 ТЕПЛОВЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ МАРТЕНСИТНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЯХ В СПЛАВЕ TiNi С ПАМЯТЬЮ ФОРМЫ <b>Нечаев Ю.С., Денисов Е.А., Филиппова В.П.</b> .....	371
Глава 30 МЕХАНИЧЕСКОЕ СПЛАВЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗА С ТУГОПЛАВКИМИ МЕТАЛЛАМИ ТИТАНОМ И ЦИРКОНИЕМ <b>Григорьева Т.Ф., Ковалева С.А., Киселева Т.Ю., Девяткина Е.Т., Ляхов Н.З.</b> .....	379
Глава 31 МЕХАНОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ МОНОКАРБИДОВ НИОБИЯ, ТАНТАЛА, ГАФНИЯ И ТИТАНА <b>Удалова Т.А., Ковалева С.А., Восмериков С.В., Девяткина Е.Т.</b> .....	388
АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ .....	400