

Национальная академия наук Беларуси



# Перспективные материалы и технологии

*под редакцией  
заслуженного деятеля науки Республики Беларусь,  
академика В.В.Клубовича*

## Том 1

Витебск, Беларусь  
2017

УДК 539.2  
ББК 22.25

Перспективные материалы и технологии / Под редакцией  
В.В.Клубовича. В 2 т. / Витебск: Изд-во УО «ВГТУ», 2017. -Т.1. – 467 с.

В монографии опубликованы результаты исследований конструкционных и функциональных материалов. Представлены инновационные разработки по проблемам материаловедения, обработки материалов, создания композиционных материалов. Обсуждены механизмы формирования структуры, результаты исследования структурно-фазовых состояний и дефектной субструктуры материалов, а также воздействия ультразвука, электромагнитного излучения, интенсивной пластической деформации на свойства различных материалов.

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

Авторский коллектив:

Андреев В.А., Антанович А.А., Аплеснин С.С. Батурин А.А., Белоцерковский М.А., Викарчук А.А., Волков Г.А., Волынец А.С., Вьюненко Ю.Н., Галин Р.Г., Галыго А.В., Гришков В.Н., Гутев А.П., Грызунов А.М., Грызунова Н.Н., Дема Р.Р., Джежора А.А., Живулько А.М., Жолнин А.Г, Звягина Е.Ю. Кийко В.М., Клубович В.В., Кляцкина Е.А., Колесников С.А., Коржов В.П., Кулак М.М., Куранова Н.Н., Лотков А.И., Лукьянов А.В., Марукович Е.И., Матросов В.Н., Мишеньян А.Р., Некит В.А., Овчинников В.И., Огарков Н.Н., Орешкин В.И., Перкас М.М., Петушко И.В., Платов С.И., Прохоров Д.В., Пушкин А.В., Пушкин В.Г., Романов А.Е., Рубаник В.В., Русских А.Г., Саркисян С.О., Свирид А.Э., Сосновский А.В., Стеценко В.Ю., Столяров В.В., Трусов Д.И., Укусников А.Н., Ушеренко С.М, Ушеренко Ю.С., Филиппов В.Г., Филиппов Г.А., Хаймович П.А., Хина Б.Б., Хлопков Е.А., Царенко Ю.В., Чайковский С.А., Чевская О.Н., Черняева Е.В., Шабалов И.П., Юркевич С.Н., Юсупов В.С., Якушевич Н.В., Янушкевич К.И., Яснов В.В.

Рецензенты:

Марукович Е.И. – академик НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор  
Белый А.В. – член-корреспондент НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор

© Издательство УО «ВГТУ»  
© Авторы, текст, 2017

ISBN ??????????????????

## Содержание

Введение .....		3
Глава 1.	<b>Клубович В.В., Кулак М.М., Хина Б.Б.</b> УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕМ БОРИДОВ ТИТАНА В ВОЛНЕ СВС	6
Глава 2.	<b>Джежора А.А., Рубаник В.В., Царенко Ю.В.</b> ЭЛЕКТРОЕМКОСТНЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ В СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ	17
Глава 3.	<b>Юркевич С.Н., Яснов В.В.</b> ИССЛЕДОВАНИЯ НАНЕСЕНИЯ БРОНЗОВЫХ ПОКРЫТИЙ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СТАЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ	41
Глава 4.	<b>Андреев В.А., Юсупов В.С., Перкас М.М., Якушевич Н.В.</b> ГОРЯЧАЯ РОТАЦИОННАЯ КОВКА ПРУТКОВ ДИАМЕТРОМ 2-20 ММ ИЗ СПЛАВОВ С ПАМЯТЬЮ ФОРМЫ НА ОСНОВЕ НИКЕЛИДА ТИТАНА	61
Глава 5.	<b>Марукович Е.И., Стеценко В.Ю., Гутев А.П.</b> СИЛУМИН С ГЛОБУЛЯРНЫМ КРЕМНИЕМ. ПОЛУЧЕНИЕ, СВОЙСТВА, ПРИМЕНЕНИЕ	70
Глава 6.	<b>Саркисян С.О.</b> СТРУКТУРНЫЕ И КОНТИНУАЛЬНЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ОДНОСЛОЙНЫХ СРЕД	80
Глава 7.	<b>Столяров В.В., Жолнин А.Г., Кляцкина Е.А.</b> СТРУКТУРА И СВОЙСТВА НАНОКОМПОЗИТА $Al_2O_3 + \Gamma$ , ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ ПЛАЗМЕННО-ИСКРОВОГО СПЕКАНИЯ	92
Глава 8	<b>Чайковский С.А., Русских А.Г., Орешкин В.И.</b> РАДИОГРАФИЯ КОРОТКОЖИВУЩИХ ПЛАЗМЕННЫХ ОБЪЕКТОВ	108
Глава 9.	<b>Белоцерковский М.А., Сосновский А.В., Трусов Д.И.</b> ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ГИПЕРЗВУКОВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ СТАЛЬНЫХ ИЗНОСО- И КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ	127
Глава 10.	<b>Пушин В.Г., Куранова Н.Н.</b> ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВЫСОКОПРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ, ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ	144
Глава 11.	<b>Петушко И.В.</b> СТАБИЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СВАРКИ	162
Глава 12.	<b>Хаймович П.А., Черняева Е.В.</b> ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ БАРОКРИОДЕФОРМИРОВАНИЯ МЕТАЛЛОВ	182
Глава 13.	<b>Антанович А.А., Колесников С.А.</b> ИЗОСТАТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ УГЛЕРОДНЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	203
Глава 14.	<b>Шабалов И.П., Филиппов В.Г., Чевская О.Н.</b> ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТРУБ И СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ	217
Глава 15.	<b>Матросов В.Н.</b> ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КРИСТАЛЛОВ	23

	СТЕХИОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА, ИНКОНГРУЭНТНО ПЛАВЯЩИХСЯ СОЕДИНЕНИЙ И ОКСИДНЫХ ЭВТЕКТИК МЕТОДОМ ЧОХРАЛЬСКОГО	
Глава 16.	<b>Аплеснин С.С., Живулько А.М., Янушкевич К.И.</b> ЭЛЕКТРОННЫЕ И МАГНИТНЫЕ ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В ХАЛЬКОГЕНИДНЫХ СИСТЕМАХ С МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ЭФФЕКТОМ	256
Глава 17.	<b>Галин Р.Г., Дема Р.Р., Звягина Е.Ю.</b> ДИФФУЗИОННОЕ ЦИНКОВАНИЕ СТАЛЕЙ В НАНОКРИСТАЛЛИЗОВАННЫХ ПОРОШКАХ ЦИНКА С ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ	280
Глава 18.	<b>Платов С.И., Некит В.А., Огарков Н.Н.</b> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОХЛАЖДЕНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ ПОКАТКЕ НА МЕЛКОСОРТНОМ ПРОВОЛОЧНОМ СТАНЕ	295
Глава 19.	<b>Викарчук А.А., Грызунова Н.Н., Романов А.Е.</b> МЕХАНИЗМЫ ОБРАЗОВАНИЯ И РОСТА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЕНТАГОНАЛЬНЫХ ЧАСТИЦ И КРИСТАЛЛОВ С ДЕФЕКТНОЙ СТРУКТУРОЙ И РАЗВИТОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ	311
Глава 20.	<b>Грызунова Н.Н., Викарчук А.А., Грызунов А.М.</b> МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ФРАГМЕНТИРОВАННЫЕ СТРУКТУРЫ: ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ И ИХ ЭВОЛЮЦИЯ В ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЯХ	325
Глава 21.	<b>Лотков А.И., Гришков В.Н., Батулин А.А.</b> ВЫСОКИЕ ОБРАТИМЫЕ НЕУПРУГИЕ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ НИКЕЛИДА ТИТАНА	341
Глава 22.	<b>Коржов В.П., Кийко В.М., Прохоров Д.В.</b> СТРУКТУРА И ЖАРОПРОЧНОСТЬ СЛОИСТЫХ КОМПОЗИТОВ ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛЛОВ ТВЕРДОФАЗНОГО СПОСОБА ПРИГОТОВЛЕНИЯ	358
Глава 23.	<b>Лукьянов А.В., Свирид А.Э., Уксусников А.Н.</b> ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ КРУЧЕНИЕМ НА СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ И СВОЙСТВА СПЛАВОВ Cu-Al-Ni С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ	382
Глава 24.	<b>Пушин А.В., Куранова Н.Н., Пушин В.Г.</b> УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТЫЕ СПЛАВЫ С ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫМ ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ НА ОСНОВЕ Ti-Ni-Cu и Ti-Ni-Hf	391
Глава 25.	<b>Вьюненко Ю.Н., Хлопков Е.А., Волков Г.А.</b> МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА «МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЫШЦ» ИЗ МАТЕРИАЛОВ С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ	412
Глава 26.	<b>Шабалов И.П., Мишетьян А.Р., Филиппов Г.А.</b> ХЛАДОСТОЙКОСТЬ И СКЛОННОСТЬ К ДЕФОРМАЦИОННОМУ СТАРЕНИЮ СТАЛЕЙ ДЛЯ ГАЗОПРОВОДНЫХ ТРУБ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ	430
Глава 27.	<b>Марукович Е.И., Ушеренко Ю.С., Ушеренко С.М., Галыго А.В., Волюнец А.С., Овчинников В.И.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ И РЕГИСТРАЦИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ СОУДАРЕНИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРЕГРАД С ВЫСОКОСКОРОСТНЫМИ СГУСТКАМИ	453
Содержание.....		466