

Национальная академия наук Беларуси



# Перспективные материалы и технологии

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

## Том 2

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.2. – 509 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:

Алифанов А.В., Ануфрик С.С., Белявин К.Е., Бледнова Ж.М., Быстренков В.М., Валько Н.Г., Вегера И.И., Веремейчик А.И., Вечер А.К., Витязь П.А., Волочко А.Т., Гарбачевский В.В., Глезер А.М., Говор Г.А., Дашкевич В.Г., Жарин А.Л., Жорник В.И., Ильющенко А.Ф., Классен Н.В., Клубович В.В., Комаров А.И., Комаров Ф.Ф., Громыко Г.Ф., Константинов В.М., Константинов С.В., Кудря А.В., Кузнецов А.В., Кузнечик О.О., Кулак М.М., Леванцевич М.А., Левкович В.В., Лукашик О.А., Мачихо Д.В., Милюкова А.М., Минько Д.В., Мышляев М.М., Немцев В.Н., Новаш И.В., Овчинников В.И., Пантелеенко Е.Ф., Пантелеенко Ф.И., Пермякова И.Е., Петришин Г.В., Подболотов К.Б., Польшаев А.В., Романюк Ф.А., Русинов П.О., Савенков Г.Г., Сакевич В.Н., Свистун А.И., Сенюць В.Т., Ситкевич М.В., Соколовская Э.А., Степаненко В.Н., Телуценко Е.А., Ткаченко Г.А., Томило В.А., Сосновский И.А., Судник Л.В., Тявловский А.К., Хвисевич В.М., Хорт А.А., Ционенко Д.А., Шелег В.К., Щербаков В.Г., Янушкевич К.И.

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>Минько Д.В., Белявин К.Е., Шелег В.К.</b> ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ПОРОШКОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ГРАДИЕНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ТИТАНА ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ЛАЗЕРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ	5
Глава 2.	<b>Алифанов А.В., Ционенко Д.А., Милюкова А.М.</b> ФИЗИКА ПРОЦЕССА МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОГО УПРОЧНЕНИЯ СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ, РАСЧЕТ ИНДУКТОРОВ И ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА	31
Глава 3.	<b>Глезер А.М., Пермязова И.Е.</b> ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ Cu-Nb: ПОЛУЧЕНИЕ, СВОЙСТВА, ПРИМЕНЕНИЕ	54
Глава 4.	<b>Савенков Г.Г., Кузнецов А.В.</b> ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЯЗКИХ МЕТАЛЛОВ С МОДИФИЦИРОВАННЫМ ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ ПОВЕРХНОСТНЫМ СЛОЕМ	73
Глава 5.	<b>Мачихо Д.В., Сакевич В.Н.</b> УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ВИБРОУДАРНАЯ РАЗБОРКА ПРЕЦИЗИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ НА СОСТАВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ	90
Глава 6.	<b>Белявин К.Е., Сосновский И.А., Кузнецик О.О.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ИНДУКЦИОННОЙ И ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ НАПЛАВКИ ПОРОШКОВЫХ ИЗНОСОСТОЙКИХ АНТИФРИКЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ	106
Глава 7.	<b>Овчинников В.И., Ильющенко А.Ф., Судник Л.В.</b> ВЛИЯНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ПОТОКОВ МИКРОЧАСТИЦ НА МАТЕРИАЛЫ	129
Глава 8.	<b>Тявловский А.К., Жарин А.Л., Свистун А.И.</b> МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОТЫ ВЫХОДА ЭЛЕКТРОНА	150
Глава 9.	<b>Подболотов К.Б., Волочко А.Т., Хорт А.А.</b> ПОЛУЧЕНИЕ НАНОПОРОШКОВ МЕТАЛЛОВ И КОМПОЗИТОВ В РЕЖИМЕ ГОРЕНИЯ РАСТВОРОВ	171
Глава 10.	<b>Русинов П.О., Бледнова Ж.М.</b> ИНЖЕНЕРИЯ ПОВЕРХНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ	189
Глава 11.	<b>Классен Н.В., Клубович В.В., Кулак М.М., Мышляев М.М.</b> ОСОБЕННОСТИ НАНОСТРУКТУР, САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ ПРИ ДЕФОРМАЦИОННЫХ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ	214
Глава 12.	<b>Клубович В.В., Томило В.А., Левкович В.В.</b> СТАН ПОПЕРЕЧНО-ВИНТОВОЙ ПРОКАТКИ С РЕВЕРСИВНОЙ КАЛИБРОВКОЙ	230
Глава 13.	<b>Пантелеенко Ф.И., Петришин Г.В., Пантелеенко Е.Ф., Быстренков В.М.</b> НОВЫЕ ДИФфуЗИОННО-БОРИРОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ	241
Глава 14.	<b>Витязь П.А., Сенють В.Т., Жорник В.И.</b> НАНОСТРУКТУРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ КУБИЧЕСКОГО НИТРИДА БОРА	254

Глава 15.	<b>Говор Г.А., Вечер А.К., Янушкевич К.И.</b> ОСОБЕННОСТИ МАГНИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОРОШКОВ ЖЕЛЕЗА	278
Глава 16.	<b>Комаров Ф.Ф., Константинов С.В.</b> МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И РАДИАЦИОННАЯ СТОЙКОСТЬ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ TiN, TiAlN, TiAlYN	300
Глава 17.	<b>Константинов В.М., Ткаченко Г.А., Щербаков В.Г.</b> КОМПЛЕКСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОРПУСА ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПЛУГА ПОВЕРХНОСТНЫМ И ОБЪЕМНЫМ УПРОЧНЕНИЕМ БЫСТРОИЗНАШИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ	324
Глава 18.	<b>Вегера И.И., Польшаев А.В.</b> НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНДУКЦИОННОЙ ТЕРМООБРАБОТКИ ТРУБ	342
Глава 19.	<b>Константинов В.М., Дашкевич В.Г., Ситкевич М.В.</b> ИСКРОБЕЗОПАСНЫЕ ТЕРМОДИФфуЗИОННЫЕ СЛОИ НА СТАЛЯХ	363
Глава 20.	<b>Леванцевич М.А., Громько Г.Ф.</b> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ДЕФОРМАЦИОННОМ ПЛАКИРОВАНИИ ГИБКИМ ИНСТРУМЕНТОМ	378
Глава 21.	<b>Немцев В.Н., Степаненко В.Н., Телуценко Е.А.</b> ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ	406
Глава 22.	<b>Комаров А.И.</b> ИЗНОСОСТОЙКИЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МНО-ПОКРЫТИЯ, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ УГЛЕРОДНЫМИ И КЕРАМИЧЕСКИМИ НАНОЧАСТИЦАМИ	418
Глава 23.	<b>Кудря А.В., Соколовская Э.А.</b> НАБЛЮДЕНИЕ И ИЗМЕРЕНИЕ РАЗРУШЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ С НЕОДНОРОДНОЙ СТРУКТУРОЙ	435
Глава 24.	<b>Ануфрик С.С., Валько Н.Г., Лукашик О.А.</b> МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЗАЩИТНЫХ СПЛАВОВ ЦИНКА ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ	453
Глава 25.	<b>Новаш И.В., Романюк Ф.А.</b> ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И ИСПЫТАНИЙ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ	471
Глава 26.	<b>Хвисевич В.М., Веремейчик А.И., Гарбачевский В.В.</b> ТЕОРИЯ ПОТЕНЦИАЛА И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В ПРОЧНОСТНЫХ РАСЧЕТАХ ОДНОРОДНЫХ ИЗОТРОПНЫХ ТЕЛ ПРИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ	491
Содержание.....		508