

А. А. Лепешев

ПЛАЗМЕННОЕ НАПЫЛЕНИЕ
АМОРФНЫХ
И НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ
МАТЕРИАЛОВ

Монография

Научно-образовательный центр ЮНЕСКО



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

Министерство образования и науки Российской Федерации
Сибирский федеральный университет

Российская академия наук (Сибирское отделение)
Красноярский научный центр

А. А. Лепешев

**ПЛАЗМЕННОЕ НАПЫЛЕНИЕ
АМОРФНЫХ
И НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ**

Монография

Красноярск
СФУ
2013

УДК 539.213
ББК 22.371.24
Л481

Рецензент В. Ф. Шабанов, академик, председатель КНЦ СО РАН

Лепешев, А. А.

Л481 Плазменное напыление аморфных и нанокристаллических материалов : монография / А. А. Лепешев. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2013. – 224 с.

ISBN 978-5-7638-2803-0

Рассмотрена физикохимия процессов формирования аморфных и нанокристаллических материалов при плазменном напылении. Описаны теплофизические особенности высокоскоростной закалки расплава при формировании материалов с неравновесной структурой. Предложена критериальная оценка структурного состояния напыляемых слоев. Особое внимание уделено комплексным исследованиям структурного состояния и физико-химических свойств широкого спектра соединений металлов (Fe–B, Co–Fe–Ni–B–Si, Al–Fe–Cu) и керамик (ферритов и композиций на их основе, высокотемпературных сверхпроводников). Приведены примеры практического применения напыленных аморфных и нанокристаллических материалов.

Предназначена для научных работников и инженеров, специализирующихся в области физики конденсированного состояния, получения аморфных и нанокристаллических материалов, и может быть рекомендована для магистрантов и аспирантов физических и физико-технических специальностей.

**УДК 539.213
ББК 22.371.24**

ISBN 978-5-7638-2803-0

© Сибирский федеральный университет, 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
Глава 1. ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ И КИНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ АМОРФНЫХ И НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПЛАЗМЕННОМ НАПЫЛЕНИИ.....	9
1.1. Основные принципы и способы высокоскоростной закалки расплава при плазменном распылении.....	10
1.2. Анализ тепловых процессов при высокоскоростном охлаждении капель расплава.....	19
1.3. Условия формирования аморфных и нанокристаллических фаз при послойном напылении материала.....	31
1.4. Особенности кристаллизации аморфных сплавов при высокоскоростном нагреве.....	40
Глава 2. ФОРМИРОВАНИЕ АМОРФНЫХ И НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ПЛАЗМЕННОМ НАПЫЛЕНИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ ПМ–М.....	50
2.1. Экспериментальное исследование теплового состояния напыляемых покрытий.....	51
2.2. Морфологические особенности и магнитные свойства покрытий.....	58
2.3. Анализ технологических этапов изготовления аморфных и нанокристаллических покрытий методами магнитоструктурного анализа.....	76
2.4. Эффективные эксплуатационные магнитные параметры пористых напыленных покрытий из аморфных и нанокристаллических материалов.....	90
2.5. Экранирующие покрытия на основе аморфных и нанокристаллических магнитных сплавов.....	97
2.6. Композитные магнитодиэлектрики на основе аморфных и нанокристаллических сплавов.....	103

Глава 3. КВАЗИКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ СПЛАВА AL–CU–FE: ФАЗОВЫЙ СОСТАВ, СТРУКТУРА И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА	110
3.1. Получение и анализ исходных порошков.....	111
3.2. Морфологические особенности квазикристаллических покрытий, полученных плазменным напылением.....	117
3.3. Структура, фазовый и химический состав квазикристаллических покрытий.....	120
3.4. Физико-механические свойства квазикристаллических покрытий на основе Al–Cu–Fe, полученных плазменным напылением.....	126
Глава 4. СТРУКТУРА И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА БЫСТРОЗАКАЛЕННЫХ ФЕРРИТОВ И КОМПОЗИЦИЙ НА ИХ ОСНОВЕ.....	134
4.1. Морфологические, структурные и фазовые изменения ферритов при плазменном распылении.....	135
4.2. Структурное разупорядочение и магнитное состояние ферритов-шпинелей после высокоскоростной закалки.....	145
4.3. Магнитные и резонансные свойства аморфных и нанокристаллических ферритовых композиций.....	158
4.4. Особенности напыления, структура и магнитные свойства ферритовых покрытий.....	168
4.5. Мишени ионно-плазменного распыления	177
4.6. Спекание аморфных и нанокристаллических ферритовых порошков.....	182
4.7. Постоянные магниты на основе феррита бария с повышенными эксплуатационными характеристиками	190
4.8. Сверхпроводящие керамические покрытия, полученные плазменным напылением	196
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	208