

УДК 539.3, 620.23, 620.22
А21, Ф50

Интернет-магазин

MATHESS

<http://shop.rcd.ru>

- физика
 - математика
 - биология
 - нефтегазовые технологии
-

Троицкий О.А., Баранов Ю.В., Авраамов Ю.С., Шляпин А.Д.

Физические основы и технологии обработки современных материалов (теория, технология, структура и свойства). В 2-х томах. Т. II. – Москва–Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004, 468 стр.

Исследовано механическое деформирование высокотемпературной сверхпроводящей иттриевой керамики (ВТСП), а также впервые выполненное детектирование сверхпроводящего перехода в ВТСП с помощью импульсного тока и установленные дозиметрические свойства ВТСП.

Рассмотрены новые композитные материалы на основе несмешивающихся компонент и способы их производства и обработки, в частности методом прокатки с использованием ЭПЭ.

Рассмотрено контактное легирование как альтернативный метод производства сплавов из несмешивающихся компонент, новые технологические возможности метода контактного легирования, структура и свойства новых материалов.

В заключительной главе дополнительно рассмотрены технологические приложения ЭПЭ, особенности электропластической прокатки стальной полосы, а также повышение электропластичности металла в скрещенных электромагнитных полях. Дан ответ на критические замечания в статьях в отношении ЭПЭ.

ISBN 5-93972-336-5

© О.А. Троицкий, Ю.В. Баранов, Ю.С. Авраамов, А.Д. Шляпин, 2004

© Институт компьютерных исследований, 2004

<http://rcd.ru>

<http://ics.org.ru>

Содержание

| | |
|--|----------|
| ГЛАВА IX. ДЕФОРМИРОВАНИЕ И ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ВТСП С ПОМОЩЬЮ ИМПУЛЬСНОГО ТОКА И УЛЬТРАЗВУКА | 7 |
| 9.1. ВВЕДЕНИЕ | 7 |
| 9.2. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВЕРХПРОВОДНИКАХ | 9 |
| 9.2.1. Физические и химические свойства $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ | 9 |
| 9.2.2. Способы синтеза $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ и технологии получения изделий из него | 13 |
| 9.3. МЕХАНИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВТСП | 18 |
| 9.3.1. Материалы и методики исследований | 18 |
| 9.3.2. Механические свойства иттриевой керамики при активном нагружении в интервале температур 4,2–300°K | 23 |
| 9.3.3. Механическое поведение иттриевой керамики в условиях ползучести | 26 |
| 9.3.4. Электрические свойства тонких образцов иттриевой керамики при низких температурах | 29 |
| 9.3.5. Выводы | 32 |
| 9.4. ДЕТЕКТИРОВАНИЕ N-S-ПЕРЕХОДА С ПОМОЩЬЮ ИМПУЛЬСНОГО ТОКА | 33 |
| 9.4.1. Аналоговый измеритель отклика ВТСП на импульсное токовое воздействие | 33 |
| 9.4.2. Методика измерения отклика ВТСП на импульсное токовое воздействие | 37 |
| 9.4.3. Детектирование n-s-перехода с помощью импульсного тока | 39 |
| 9.4.4. Выводы | 47 |
| 9.5. УСТАНОВКИ УЗ-ПЛОЩЕНИЯ, ПРЕССОВАНИЯ И ВОЛОЧЕНИЯ ОБРАЗЦОВ ВТСП | 47 |
| 9.5.1. Перспективы использования ультразвуковых колебаний для получения длинномерных заготовок из ВТСП | 47 |
| 9.5.2. Экспериментальная установка для УЗ-плющения | 49 |
| 9.5.3. Экспериментальная установка для УЗ-прессования ВТСП | 51 |
| 9.5.4. Матрица для УЗ-волочения оболочек с ВТСП | 55 |
| 9.5.5. Выводы | 58 |
| 9.6. ДЕФОРМИРОВАНИЕ ВТСП С ПОМОЩЬЮ УЗ И ИМПУЛЬСНОГО ТОКА | 58 |
| 9.6.1. Введение | 58 |
| 9.6.2. Методики экспериментов | 59 |
| 9.6.3. Изменение плотности ВТСП | 60 |
| 9.6.4. Изменение механических свойств ВТСП | 61 |
| 9.6.5. Изменение структуры ВТСП | 68 |
| 9.6.6. Электрические и магнитные свойства ВТСП | 70 |
| 9.6.7. Акустические свойства ВТСП | 72 |
| 9.6.8. Выводы | 75 |
| 9.7. ПРОКАТКА С ТОКОМ ДЛИННОМЕРНЫХ ЗАГОТОВОК, ЗАПОЛНЕННЫХ ВТСП | 76 |
| 9.8. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ И ДЕМОНСТРАЦИЯ СВОЙСТВ ВТСП | 79 |
| 9.8.1. Области применения ВТСП | 79 |
| 9.8.2. Демонстрация свойств ВТСП | 80 |
| 9.9. ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИКИ $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7g}$ | 83 |
| 9.10. ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 88 |
| ЛИТЕРАТУРА К ГЛАВЕ IX | 90 |

ГЛАВА X. СИСТЕМЫ НЕСМЕШИВАЮЩИХСЯ КОМПОНЕНТОВ, АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ И ИЗВЕСТНЫХ СПОСОБОВ ПРОИЗВОДСТВА 94

| | |
|---|-----|
| 10.1. Классификация диаграмм равновесия. Особенности формирования структуры | 94 |
| 10.1.1. Системы несмешивающихся компонентов как перспективная основа для материалов специального назначения | 99 |
| 10.2. Возможные области применения сплавов из несмешивающихся компонентов | 101 |
| 10.2.1. Антифрикционные износостойкие материалы | 101 |
| 10.2.2. Высокодемпфирующие материалы | 101 |
| 10.2.3. Электротехнические материалы | 101 |
| 10.2.4. Магнитные материалы | 103 |
| 10.2.5. Некоторые другие возможные области применения систем несмешивающихся компонентов | 103 |
| 10.3. Формирование структуры в сплавах несмешивающихся компонентов в условиях сплавления и последующей кристаллизации | 104 |
| 10.3.1. Формирование структуры в сплавах на основе систем E_1 | 105 |
| 10.3.2. Формирование структуры в сплавах на основе систем типа E_2 | 106 |
| 10.3.3. Формирование структуры в системах типа E_3 | 109 |
| 10.4. Анализ известных способов производства материалов из несмешивающихся компонентов | 115 |
| 10.4.1. Методы порошковой металлургии | 116 |
| 10.4.2. Методы, основанные на подавлении ликвации по удельной массе | 117 |
| 10.2.5. Оценка применимости методов производства сплавов из НК | 129 |

ГЛАВА XI. ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ В СПЛАВАХ НЕСМЕШИВАЮЩИХСЯ КОМПОНЕНТОВ В УСЛОВИЯХ УСКОРЕННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ И ОТЖИГА В ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР ТВЕРДОЖИДКОФАЗНОГО РАВНОВЕСИЯ 131

| | |
|--|-----|
| 11.1. Влияние ЗЖС на структуру и свойства сплавов на основе систем E_1-E_5 | 132 |
| 11.2. Новые результаты по ЗЖС медно-свинцовых сплавов | 136 |
| 11.2.1. Влияние перегрева и скорости охлаждения на структуру медно-свинцовых сплавов | 138 |
| 11.2.2. Изменение структуры и свойств закаленных медно-свинцовых сплавов в процессе отжига в интервале твердожидкофазного равновесия | 145 |
| 11.2.3. ЗЖС медно-висмутовых сплавов | 156 |

ГЛАВА XII. КОНТАКТНОЕ ЛЕГИРОВАНИЕ КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ МЕТОД ПРОИЗВОДСТВА СПЛАВОВ ИЗ НЕСМЕШИВАЮЩИХСЯ КОМПОНЕНТОВ 158

| | |
|--|-----|
| 12.1. Исследование взаимодействия твердых металлов и сплавов с жидкими как перспективное направление металловедения | 158 |
| 12.1.1. Смачивание твердых металлов и сплавов жидкими | 160 |
| 12.1.2. Растворение твердых металлов и сплавов в жидких; кинетика и лимитирующая стадия | 164 |
| 12.1.3. Образование твердых и жидких растворов и интерметаллидов как конкурирующие процессы при ТЖВ | 171 |
| 12.1.4. Использование закономерностей взаимодействия тугоплавких металлов с легкоплавкими для создания композиционных материалов | 182 |

| | |
|---|------------|
| 12.2. НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПО ТЖВ В СИСТЕМАХ НК | 187 |
| 12.2.1. Способы производства композиционных материалов из НК, основанные на монотектическом взаимодействии | 187 |
| 12.2.2. Механизм процесса контактного легирования, основанного на монотектическом взаимодействии | 195 |
| 12.3. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И КИНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТВЕРДОЖИДКОФАЗНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕДИ СО СВИНЦОМ | 204 |
| 12.3.1. Формирование структуры зоны контактного взаимодействия при $T < T_m$ | 204 |
| 12.3.2. Формирование структуры зоны контактного взаимодействия при $T = T_m$ | 205 |
| 12.3.3. Взаимодействие моно- и бикристаллов меди с жидким свинцом | 209 |
| 12.3.4. Строение ванны с расплавом после монотектической реакции и взаимодействия в интервале температур $T_m - T_k$ | 211 |
| 12.3.5. Особенности кинетики процесса твердожидкого взаимодействия меди со свинцом | 223 |
| 12.3.6. Механизм процесса твердо-жидкого взаимодействия меди со свинцом | 226 |
| 12.3.7. Выводы и технологические рекомендации (твердожидкое взаимодействие в системе Cu-Pb) | 228 |
| 12.4. ТВЕРДОЖИДКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ (КОНТАКТНОЕ ЛЕГИРОВАНИЕ) ЖЕЛЕЗОМЕДНЫХ СПЛАВОВ СО СВИНЦОМ | 229 |
| 12.4.1. Особенности структуры и микроморфологии структурных составляющих сплава Fe-Cu | 229 |
| 12.4.2. Моделирование условий твердожидкого взаимодействия меди со свинцом в капиллярном зазоре | 233 |
| 12.4.3. Особенности формирования структуры контактно-легированных слоев | 236 |
| 12.4.4. Схема массопереноса меди из сплава Fe-Cu в ванну с расплавом свинца | 244 |
| 12.4.5. Закономерности и особенности кинетики твердожидкого взаимодействия Fe-Cu сплавов со свинцом | 249 |
| 12.4.6. Выводы и технологические рекомендации | 254 |
| 12.5. ТВЕРДОЖИДКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ (КОНТАКТНОЕ ЛЕГИРОВАНИЕ) СПЛАВОВ С БИНАРНЫМИ РАСПЛАВАМИ ОЛОВО-СВИНЕЦ | 255 |
| 12.5.1. Особенности взаимодействия твердых металлов и сплавов с двухкомпонентными расплавами | 256 |
| 12.5.2. Твердожидкое взаимодействие в системе (Fe-Cu)-Sn | 259 |
| 12.5.3. Механизм твердожидкого взаимодействия в системе Fe-Cu-Sn | 268 |
| 12.5.4. Закономерности и особенности кинетики твердожидкого взаимодействия сплавов Fe-Cu с расплавами Sn-Pb | 274 |
| 12.5.5. Фазовый рентгеноструктурный анализ и микрорентгеноспектральный анализ структурных составляющих контактно-легированных из бинарных расплавов слоев сплавов Fe-Cu | 281 |
| 12.5.6. Механизм твердожидкого взаимодействия и особенности формирования контактно-легированных слоев в системе (Fe-Cu)-(Sn-Pb) | 281 |
| 12.5.7. Обобщения и технологические рекомендации | 292 |
| 12.5.8. Система (Fe-Cu)-(Sn-Pb) | 293 |
| 12.5.9. Фазовый состав и микроструктура зоны контактного легирования в сплавах Fe-Cu-Sn-Pb | 298 |
| ГЛАВА XIII. НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДА КОНТАКТНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ | 304 |
| 13.1. СПОСОБ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ СПЛАВОВ | 304 |
| 13.2. ПОЛУЧЕНИЕ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ | 306 |

| | |
|--|------------|
| 13.3. КЛ ЛЕГИРОВАННЫХ ОБЪЕКТОВ | 307 |
| 13.4. ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МОНОТЕКТИЧЕСКИХ СПЛАВОВ С РАСПЛАВАМИ. ПОЛУЧЕНИЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СПЛАВОВ НК | 308 |
| 13.4.1. Схема А-В/С ₁ . Получение сплавов Cu-Pb-Al методом КЛ медно-свинцовой монотектики | 309 |
| 13.4.2. Схема А-В/С ₂ . Получение сплавов Cu-Pb-Bi методом КЛ монотектики | 314 |
| 13.4.3. Схема А-В/С ₃ . Получение сплавов Cu-Pb-Sn методом КЛ монотектики | 315 |
| 13.5. ПОЛУЧЕНИЕ СПЛАВОВ НК МЕТОДОМ ЗАМЕЩЕНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ ПРОСЛОЕК | 317 |
| 13.5.1. Получение сплавов тугоплавких элементов с легкоплавкими | 317 |
| 13.5.2. Получение сплавов железо-углерод-медь | 319 |
| 13.5.3. Получение сплавов НК на основе алюминия с повышенным содержанием второго компонента | 321 |
| 13.5.4. Поверхностное легирование алюминия и его сплавов тяжелыми легкоплав- кими элементами | 324 |
| ГЛАВА XIV. СТРУКТУРА И СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ КОНТАКТНЫМ ЛЕГИРОВАНИЕМ СПЕЧЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ | 352 |
| 14.1. БЕСПОРИСТЫЕ КМ ЖЕЛЕЗО-МЕДЬ-ГРАФИТ-СВИНЕЦ-СТЕКЛО | 352 |
| 14.2. БЕСПОРИСТЫЕ КМ ЖЕЛЕЗО-МЕДЬ-ГРАФИТ-СВИНЕЦ И ЖЕЛЕЗО-МЕДЬ-ГРАФИТ-ОЛОВО- СВИНЕЦ | 362 |
| 14.3. АРМИРОВАННЫЕ БЕСПОРИСТЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ МЕДЬ-СВИНЕЦ- УГЛЕРОДНОЕ ВОЛОКНО | 365 |
| ГЛАВА XV. НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ | 380 |
| 15.1. МОНОТЕКТИЧЕСКИЙ СПЛАВ МЕДЬ-СВИНЕЦ СО СФЕРИЧЕСКИМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ СВИНЦА | 380 |
| 15.2. СПЛАВЫ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ МЕДЬ-СВИНЕЦ-АЛЮМИНИЙ | 383 |
| 15.3. СПЛАВЫ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗО-МЕДЬ-СВИНЕЦ И ЖЕЛЕЗО-СВИНЕЦ | 384 |
| 15.4. СПЛАВЫ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗО-МЕДЬ-ОЛОВО-СВИНЕЦ | 390 |
| 15.5. СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНО-УПРОЧНЕННЫХ ЛАТУНЕЙ | 396 |
| 15.6. СТРУКТУРА И СВОЙСТВА СПЛАВОВ Al-Pb-Sn С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ СВИНЦА | 398 |
| 15.7. СВОЙСТВА АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ, ЛЕГИРОВАННЫХ В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ТЯЖЕЛЫМИ ЛЕГКОПЛАВКИМИ КОМПОНЕНТАМИ | 403 |
| ЛИТЕРАТУРА К ГЛАВАМ X–XV | 405 |
| ГЛАВА XVI. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ НОВОЙ ИНТЕНСИВНОЙ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ ОМД | 430 |
| 16.1. «ЭЛЕКТРОННЫЙ ВЕТЕР» В МЕТАЛЛАХ. ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ | 430 |
| 16.2. ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОПЛАСТИЧЕСКОЙ ПРОКАТКИ СТАЛЬНОЙ ПОЛОСЫ | 441 |
| 16.3. ПОВЫШЕНИЕ ЭЛЕКТРОПЛАСТИЧНОСТИ МЕТАЛЛА В СКРЕЩЕННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЯХ | 448 |
| 16.4. К ВОПРОСУ О ДЕЙСТВИИ ИМПУЛЬСОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА НА ПРОЦЕСС РАСТЯЖЕНИЯ ТОНКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРОВОДОВ | 458 |
| 16.5. К ВОПРОСУ О НАГРЕВЕ ТОНКОЙ ПРОВОЛОКИ ПОСТОЯННЫМ ТОКОМ С ПЛОТНОСТЬЮ, ДОСТАТОЧНОЙ ДЛЯ ПОЯВЛЕНИЯ ТЕРМОПЛАСТИЧНОСТИ | 462 |