

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Чердынцева Виктора Викторовича на тему: «Твердофазное формирование квазикристаллических фаз в системах Al-Cu-Fe и Al-Cu-Cr», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния», и состоявшейся в НИТУ МИСИС 24 апреля 2025 года

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС 25.11.2024, протокол № 24.

Диссертационная работа выполнена на кафедре физической химии НИТУ МИСИС. Научный консультант – д.ф.-м.н., профессор кафедры физической химии НИТУ МИСИС Калошкин Сергей Дмитриевич

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом (протокол № 24 от 25.11.2024 г.) в составе:

1. Мухин Сергей Иванович – д.ф.-м.н., заведующий кафедрой теоретической физики и квантовых технологий НИТУ МИСИС;
2. Савченко Александр Григорьевич, д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой физического материаловедения НИТУ МИСИС;
3. Кудря Александр Викторович, д.т.н., профессор, заместитель заведующего кафедрой металловедения и физики прочности НИТУ МИСИС;
4. Прокошкин Сергей Дмитриевич, д.ф.-м.н., главный научный сотрудник кафедры обработки металлов давлением НИТУ МИСИС;
5. Колобов Юрий Романович, д.ф.-м.н., заведующий лабораторией физико-химической инженерии композиционных материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии Российской академии наук;
6. Страумал Борис Борисович, д.ф.-м.н., Заведующий лабораторией поверхностей раздела в металлах Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна Российской академии наук.
7. Шабашов Валерий Александрович, д.т.н., главный научный сотрудник лаборатории механических свойств Института физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук

В качестве ведущей организации утверждено федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт электрофизики Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург.

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований в области механоактивационного формирования квазикристаллических фаз в трехкомпонентных сплавах на основе алюминия достигнуты следующие существенные результаты:

- Экспериментально установлены величины стандартных энтальпий образования двойных и тройных сплавов системы Al-Cu-Fe, в том числе квазикристаллических.
- Предложен и обоснован механизм образования пересыщенных твердых растворов при механическом сплавлении, выявлены термодинамические ограничения взаимной растворимости компонентов при механическом сплавлении.
- Установлены топологические закономерности атомного упорядочения в интерметаллидах системы Al-Cu-Fe при формировании квазикристаллической фазы из кристаллических предшественников.
- Выявлены основанные на термодинамических параметрах взаимодействия в двойных краевых системах закономерности, определяющие последовательность фазовых превращений при механическом сплавлении и последующей термической обработке в тройных системах.
- Экспериментально установлен механизм фазовых превращений при нагреве подвергнутых твердофазной деформационной обработке сплавов, заключающийся в плавлении микрообъемов в соответствии с невариантными превращениями в тройных системах.
- Установлены закономерности роста и огранки одиночных квазикристаллических зерен путем вторичной рекристаллизации, механизм формирования крупных ограненных квазикристаллических зерен путем их роста за счет жидкой фазы из сохранившихся при частичном плавлении одиночных квазикристаллических зёрен

Результаты, полученные соискателем, вносят весомый вклад в понимание фундаментальных основ метода механического сплавления, выявляя основные закономерности и механизмы, определяющие эволюцию фазово-структурного состояния сплавов при механоактивационной обработке и последующем термическом воздействии, и безусловно значимы для развития физики конденсированного состояния, химии твердого тела и материаловедения.

Теоретическая значимость подтверждена тем, что:

- Проведен анализ особенностей взаимодействия компонентов в системах Al-Cu-Fe и Al-Cu-Cr и двойных краевых системах при твердофазном деформационном воздействии.
- Определены условия формирования квазикристаллических фаз в системах Al-Cu-Fe и Al-Cu-Cr при механическом сплавлении и последующем нагреве.

- Исследованы процессы фазообразования в системах Al-Cu-Fe и Al-Cu-Cr при механическом сплавлении и последующем нагреве, дан анализ определяющих эти процессы закономерностей

- Выявлены и проанализированы термодинамические движущие силы, определяющие последовательность фазовых превращений в порошковых сплавах Al-Cu-Fe и Al-Cu-Cr при механическом сплавлении и последующем нагреве.

- Предложен механизм формирования квазикристаллической фазы путем эволюции конфигураций локального атомного окружения фаз-предшественников.

- Установлены механизмы зарождения и роста квазикристаллических монокристаллов при термической обработке механосплавленных порошков систем Al-Cu-Fe и Al-Cu-Cr.

Методология работы основывается на комплексном применении современных физических, физико-химических, спектроскопических и микроскопических методов исследования особенностей строения и свойств металлических и полимерных материалов. Соискатель использовал метод рентгеноструктурного анализа, мессбауэровскую спектроскопию, атомно-эмиссионную спектрометрию с индуктивно связанной плазмой, сканирующую и просвечивающую электронные микроскопии, высокотемпературную калориметрию растворения, дифференциальную сканирующую калориметрию, дифференциальный термический анализ, дилатометрию, ИК-Фурье спектроскопию, методы испытаний на микротвердость, методы физико-механических и трибологических испытаний, метод реологических испытаний полимерных расплавов, метод испытаний полимеров по Вика. Совокупность этих методов позволила получить достоверные и взаимодополняющие данные о процессах эволюции фазово-структурного состояния исследуемых сплавов при механическом сплавлении и последующих термических обработках и определить функциональные характеристики разрабатываемых композиционных материалов.

Практическая значимость определяется тем, что:

- 1) Показано, что порошковые квазикристаллические сплавы обладают хорошим потенциалом для применения в качестве наполнителей для создания композиционных материалов. Для металломатричных композитов выявлен эффект повышения термической стабильности структуры композиционных материалов при переходе от порошковых композитов к объёмным. Получены образцы материалов, обладающие антифрикционными характеристиками, превосходящими традиционные материалы на алюминиевой основе. За

счет упрочнения квазикристаллическим наполнителем достигнуто существенное увеличение износостойкости пар трения, изготовленных из композиционных материалов.

2) Для композитов на полимерной основе установлен эффект стабилизирующего воздействия квазикристаллов на реологическое поведение полимерных расплавов, обеспечивающий сохранение хорошей текучести расплава вплоть до содержания квазикристаллического наполнителя 40 мас. %. Показано, что введение квазикристаллов в полимерную матрицу приводит к повышению ударной вязкости композитов. Введение в полимер 5 мас. % квазикристаллического порошка повышает износостойкость при сухом трении в 50 раз.

3) Практически важным результатом проведенных исследований композиционных материалов с квазикристаллическим наполнителем является установленный как для металломатричных, так и для полимер-матричных композитов эффект одновременного повышения износостойкости и снижения коэффициента трения.

Оценка достоверности результатов исследования

Для экспериментальных исследований использовалось современное оборудование и стандартизованные методики исследований фазово-структурных состояний вещества, методики исследований физико-химических свойств материалов, методики испытаний металлических и полимерных материалов. Результаты воспроизводимы и подтверждены исследованиями в соавторстве с ведущими научными центрами. Широкое обсуждение итогов более чем на 50 российских и международных конференциях, а также согласованность выводов с данными независимых групп подтверждают высокую достоверность и корректность научной интерпретации.

Личный вклад соискателя

Соискатель лично участвовал во всех ключевых этапах работы: от постановки цели и задач, выбора методик, проведения экспериментальных исследований, анализа и обобщения результатов, до подготовки научных статей и отчетов по выполняемым научно-техническим проектам. Основная часть представленных в диссертации экспериментальных данных получена автором самостоятельно или под его непосредственным руководством.

Основные публикации по теме исследования

Результаты работы опубликованы в 35 печатных работах в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ и в базы Web of Science/Scopus.

Пункт 2.6 Положения о порядке присуждения ученых степеней соискателем учёной степени НИТУ МИСИС не нарушен.

Диссертация Чердынцева Виктора Викторовича соответствует критериям, указанным в п. 2 Положения о порядке присуждения учёных степеней, принятых в НИТУ МИСИС. Работа представляет собой законченное научно-квалификационное исследование, в котором на основании результатов экспериментальных исследований и данных компьютерного моделирования установлены закономерности, движущие силы и механизмы, определяющие эволюцию структурно-фазового состояния сплавов двух- и трёхкомпонентных систем в процессе их механоактивационного формирования и последующей термической обработки, в совокупности квалифицируемые как значимое научное достижение в области твердофазной деформационной обработки металлических материалов, что приводит к существенному расширению понимания и возможности прогнозирования процессов фазообразования в двойных и многокомпонентных сплавах при твердофазном деформационном воздействии.

Полученные в диссертации результаты и выводы обладают научной новизной, носят фундаментальный характер, имеют важное практическое значение для разработки новых антифрикционных композиционных материалов, а также создают основу для дальнейших научных исследований и разработок.

Экспертная комиссия, учитывая высокую актуальность, теоретический и практический вклад, а также уровень научных результатов, пришла к решению о возможности присуждения Чердынцеву Виктору Викторовичу ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния».

Результаты голосования: при проведении тайного голосования экспертная комиссия в составе __6__ человек, участвовавших в заседании, из 7 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за _6_, против __0__, недействительных бюллетеней __0__.

Председатель Экспертной комиссии



Мухин С.И.

24.04.2025