

## ОТЗЫВ

официального оппонента Мали Вячеслава Иосифовича на диссертацию

Джес Алексея Владимировича

на тему: "Модели наноструктурирования в композиционных системах Al-Ni, Cu-Sn, Fe-Mn-C, Ni-Ti при быстропротекающих твердофазных процессах в зонах локализации пластической деформации," представленной к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – порошковая металлургия и композиционные материалы

Актуальность темы диссертации состоит в изучении структурно-фазовых превращений в материалах при высокоэнергетических воздействиях - в полях механических напряжений и температур, используемых для создания порошковых и многослойных композитов, и привлечения для понимания этих процессов кластерных моделей.

Основная идея диссертации заключается в предложении и описании кластерными моделями механизма быстропротекающих процессов наноструктурирования в зонах локализации пластической деформации в порошковых, многослойных, тонкопленочных и массивных композиционных материалах, заключающегося в смещении отдельных атомов, приводящих к кооперативному формированию связанных нанокластеров, их распространению, и формированию локализованных зон мезоструктурного уровня, в пределах которых возможен аномально быстрый массоперенос и возникновение новых фаз.

Наиболее значимыми результатами диссертации следует признать выявление специфики наноструктурирования в композиционных системах Al-Ni, Cu-Sn, Fe-Mn-C и Ni-Ti в зонах локализации пластической деформации на наномасштабном уровне. Установлена связь технологических параметров спекания порошков Al и Ni, термообработки и обработки давлением сваренных взрывом пластин Al и Ni, сплавов Fe86Mn13C и Ni51Ti49, отжига

пленок Cu-Sn, с экспериментально наблюдаемыми структурами и условиями образования нанокомпозитов.

Новыми научными результатами, полученными автором, являются:

1. Предложение механизма образования атомно-упорядоченной фазы Ni<sub>3</sub>Al в композиционных материалах Al-Ni, экспериментально полученных при спекании порошков и сваренных взрывом пластин Al и Ni, объяснение которого производится с позиции самоорганизации трехмерных атомных кластеров.
2. Выявление особенности формирования нанокристаллов интерметаллической фазы с пентагональной симметрией, обнаруженных на интерфейсе пленок Cu-Sn, полученных СВС-синтезом.
3. Обнаружение формирования самопроизвольного наноструктурирования в процессах термического и деформационного превращений в сплаве Fe<sub>86</sub>Mn<sub>13</sub>C из аустенита с ГЦК-решеткой в мартенсит закалки с ОЦК-решеткой и мартенсит деформации с тремя типами структур Франка-Каспера (ФК-12, ФК-14, ФК-16).
4. Регистрация методами электронной микроскопии высокого разрешения ферромагнитных нанокластеров Ni<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>, связанных с неферромагнитными нанокластерами Ti<sub>2</sub>Ni, образующихся в зонах кривизны кристаллической решетки в процессе пластической деформации Ni<sub>51</sub>Ti<sub>49</sub>.
5. Обнаружение появления ферромагнетизма в нанокристаллах пластически деформированных сплавов Fe<sub>86</sub>Mn<sub>13</sub>C и Ni<sub>51</sub>Ti<sub>49</sub>, которое объясняется с позиции кластерной модели структурообразования с когерентно ориентированными структурами Франка-Каспера с некомпенсированными магнитными моментами.

Достоверность полученных результатов подтверждается материалами экспериментальных исследований, применением современных методик и оборудования, деликатной подготовкой проб образцов, согласованностью

экспериментальных данных с соответствующими данными других авторов и с теоретическими моделями.

Диссертация содержит 165 с. основного текста, приложения на 2 с., список литературы из 323 наименований.

По результатам исследований опубликовано 12 работ в научных журналах, из них 10 в рекомендуемых ВАК РФ, в которых материалы диссертации отражены достаточно полно.

Тема работы соответствует заявленной научной специальности. Полученные результаты отвечают поставленным целям и задачам. Результаты работы апробированы, в приложениях приведены подтверждающие документы — патент на изобретение, акт использования результатов научно-исследовательской работы. Диссертация написана лаконичным, четким и ясным языком и содержит много новых научных результатов, относящихся кnanoструктурным особенностям и свойствам композиционных материалов, которые в настоящее время находят все большее практическое применение. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

#### Замечания

1. В работе представлен большой объем научных исследований по структурным фазовым превращениям, представлены модели таких превращений, но недостаточно полно представлена связь структурных исследований с технологическими процессами получения порошковых и многослойных композитов Al-Ni, пленочных композитов Cu-Sn, и естественных композиционных материалов Fe-Mn-C и Ni-Ti.

2. Рекомендации по практическому применению результатов работы даются без описания конкретного производственного оборудования.

3. Диссертация изложена на 165 страницах, но на странице 16 в пункте «Структура и объем диссертации» указано количество страниц, равное 194 стр. В автореферате указано количество страниц, равное 181 стр.

4. В диссертации на странице 15 в пункте «Соответствие диссертации паспорту специальности» указано соответствие пункту 1, 2 и 5 паспорта

специальности. В автореферате диссертации указано соответствие только пункту 1 паспорта специальности.

Общее заключение по диссертации:

Диссертация Джес Алексея Владимировича соответствует специальности 05.16.06 – порошковая металлургия и композиционные материалы, имеет внутреннее единство и является завершённой научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований содержится решение задач наноструктурирования в композиционных системах Al-Ni, Cu-Sn, Fe-Mn-C, Ni-Ti при быстропротекающих твердофазных процессах в зонах локализации пластической деформации, а также получения наноструктурированных фаз, имеющих существенное значение в области создания новых композиционных материалов.

Диссертация соответствует требованиям п.9 "Положения о присуждении учёных степеней" постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а её автор Джес Алексей Владимирович достоин присуждения учёной степени кандидата технических наук.

Ведущий научный сотрудник  
лаборатории физики высоких плотностей энергии  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института  
гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской  
академии наук (ИГиЛ СО РАН), кандидат физико-математических наук,  
доцент

Мали Вячеслав Иосифович

19.03.2018

Почтовый адрес: 630090, г. Новосибирск, просп. акад. Лаврентьева, д.15.

эл. адрес: [vtmali@igil.sbras.ru](mailto:vtmali@igil.sbras.ru), телефон: +7 3833332453

Подпись Мали В.И. заверяю

Ученый секретарь Института, к.ф.-м.н.



Любашевская Ирина Васильевна