

О Т З Ы В

на автореферат диссертации Сентюриной Жанны Александровны «Получение сферических порошков из сплавов на основе алюминидов никеля NiAl для аддитивных технологий», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Актуальность работы заключается в решении автором ряда научных и практических задач позволяющих получать порошковые гранулы из сплавов на основе NiAl. Последовательно используя технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) и центробежной разливки с индукционным переплавом и плазменным центробежным распылением автору удалось обеспечить получение сферических интерметаллидных гранул. При этом выбранный технологический комплекс позволяет обеспечить заданный состав, структуру и высокое качество гранул.

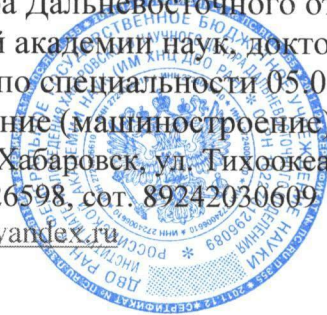
Из научной новизны наиболее существенным являются установленные автором закономерности формирования состава, структуры и свойств сложнолегированных алюминидов никеля (NiAl-Cr-Co-Hf, NiAl-Cr-Co-Hf-B и NiAl-Mo-Cr-B-Mn-Hf) на всех этапах комплексной технологии получения гранул. Полученные зависимости могут быть использованы при разработке новых интерметаллидных сплавов для использования не только в аддитивных технологиях.

В практическом плане наиболее существенным достоинством работы является разработанный автором регламент на получение гранул, что в сочетании с проведенной апробацией полученных результатов работы в условиях ОАО «Композит» позволяет успешно масштабировать предлагаемую технологию в промышленное производство.

Результаты работы прошли достаточную апробацию и докладывались на Российских и международных научных конференциях.

Диссертационная работа Сентюриной Ж.А. является завершенной научно-исследовательской работой, выполнена на высоком научно-исследовательском уровне и отвечает всем требованиям ВАК РФ, а ее автор, безусловно, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Заведующий лабораторией «Конструкционные и инструментальные материалы»
Института материаловедения Хабаровского
научного центра Дальневосточного отделения
Российской академии наук, доктор тех-
нических наук по специальности 05.02.01 –
Материаловедение (машиностроение)
680042 Россия, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская, д. 15
Телефон (4212) 226598, сот. 89242030609
E-mail: ximuxin@yandex.ru



Химухин
Сергей Николаевич

Подпись: *Химухин Сергей Николаевич*
ОК *Химухина И.В.*

Отзыв

на автореферат диссертации

Сентюриной Жанны Александровны

«Получение сферических порошков из сплавов на основе алюминида никеля NiAl для аддитивных технологий», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

05.16.05 – Порошковая металлургия и композиционные материалы

Повышение эксплуатационных характеристик изделий и конструкций в настоящее время диктует острую необходимость совершенствования существующих и разработки новых материалов и технологий их получения. Это, в свою очередь, требует развития теоретических подходов к описанию процессов синтеза инновационных материалов на основе современных методов исследования. Одним из проблемных аспектов теории и практики создания композиционных материалов нового поколения остаются вопросы, связанные, в том числе, с исследованиями процессов фазо- и структурообразования синтезируемых сплавов. С этих позиций рецензируемая диссертационная работа, направленная на исследование особенностей и механизмов эволюции фазового состава, формирования микроструктуры и физико-механических свойств жаропрочных и жаростойких материалов на основе интерметаллида никеля NiAl в аддитивных 3D технологиях, представляется весьма актуальной.

Согласно текста автореферата в работе достаточно корректно поставлена цель и задачи исследований. Показана научная новизна работы, заключающаяся в установлении закономерностей структурных и фазовых превращений, протекающих в сплавах, имеющих в составе интерметаллид никеля NiAl.

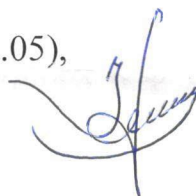
Практическая значимость работы заключается в разработке режимов многостадийной технологии получения электродов из сплавов, содержащих интерметаллид никеля NiAl, методом центробежного СВС-литья, а также в получении сферических гранул из указанных выше сплавов.

Результаты исследований имеют широкую апробацию и в полной мере отражены в 13 публикациях, в т.ч. в 4 изданиях, в журналах, входящих в Перечень, рекомендованный ВАК РФ и входящих в базы данных SCOPUS и Web of Science.

Представляют значительный научный интерес установленные механизмы структурных изменений исследуемых композиций, в частности, выявленные в ходе исследований особенности кристаллизации сплавов на основе интерметаллида NiAl.

В целом рецензируемая работа Сентюриной Ж.А., согласно текста автореферата, содержит все необходимые аспекты диссертационного исследования: корректно поставленные цель и задачи, научную новизну и практическую значимость, связанные с выявлением особенностей фазовых превращений и процессов структурообразования жаропрочных и жаростойких композиций на основе интерметаллида никеля NiAl в процессах их синтеза, а также разработкой режимов получения гранул из исследуемых сплавов системы NiAl-Cr-Co-Hf, способствующих получению повышенных физико-механических свойств изделий. Результаты исследований в полной мере описаны в 13 публикациях. Диссертационная работа выполнена в полном соответствии с требованиями п.9 Положения о присуждении ученых степеней ВАК РФ, а ее автор, Сентюрина Жанна Александровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.05 – Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Первый проректор - проректор
по научной и инновационной работе
ФГБОУ ВО «Магнитогорский
государственный технический университет
им. Г.И. Носова»,
д-р техн. наук (специальность 05.16.05),
профессор



Чукин Михаил Витальевич

14.11.2016

Доцент каф. технологий обработки
материалов ФГБОУ ВО «Магнитогорский
государственный технический университет
им. Г.И. Носова»,
д-р техн. наук (специальность 05.02.23)



Голубчик Эдуард Михайлович

14.11.2016

455000, г. Магнитогорск, Челябинская область, пр. Ленина, 38.
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

e-mail: mgtu@magtu.ru

тел. +7 (3519) 29-84-05, +7 (3519) 29-84-81



Отзыв

на автореферат диссертации Сентюриной Жанны Александровны «Получение сферических порошков из сплава на основе алюминиды никеля NiAl для аддитивных технологий», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – порошковая металлургия и композиционные материалы

Работа посвящена созданию интегральной технологии получения порошков из сплавов на основе легированного интерметаллида NiAl для аддитивных технологий. Получение отечественных порошковых материалов из высокотемпературных сплавов является очень важной стратегической задачей. Поэтому работа актуальна и имеет практическую и научную новизну и значимость.

Научная и практическая значимость заключается в том, что в работе предложена инновационная технология, включающая в себя получение полуфабриката сплава методом центробежной СВС-металлургии из оксидного сырья, последующий индукционный переплав с получением крупногабаритной прутковой заготовки и плазменное центробежное распыление с получением сферических гранул порошка. В работе приведены результаты структурно-фазового анализа получаемых сплавов на всех этапах технологического процесса: в слитках после СВС синтеза, в прутках после переплава, в полученном порошке. Описаны механизмы формирования структуры, влияние на структуру внешних факторов. Особый интерес вызывает раздел, посвященный модификации сплава наночастицами ZrO_2 в процессе индукционного переплава.

Представленные результаты исследования дают знания о современном способе создания порошков из сплавов на основе легированного интерметаллида NiAl для аддитивных технологий, обновляют и углубляют знания о структурных превращениях в исследуемых высокотемпературных материалах, расширяют область их применения.

Результаты работы опубликованы в ведущих российских научно-технических изданиях, соответствующих научному направлению диссертации и апробированы на научных конференциях различного уровня. Автореферат и диссертация Сентюриной Ж. А. дают представление об авторе работы, как о подготовленном, квалифицированном специалисте, способном ставить и решать научные задачи.

По автореферату существенных замечаний нет.

Считаем, что диссертационная работа Сентюриной Жанны Александровны «Получение сферических порошков из сплава на основе алюминиды никеля NiAl для аддитивных технологий», соответствует всем требованиям п. 9, предъявляемым к кандидатским диссертациям «Положения о присуждении ученых степеней» в редакции Постановлений Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 г. и № 335 от 21.04.2016 г., а ее автор Сентюрина Ж. А. заслуживает присуждения ей ученой степени

кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – порошковая металлургия и композиционные материалы.

Профессор кафедры экспериментальной физики Национального исследовательского Томского политехнического университета



Шаркеев Ю.П.

Доцент кафедры материаловедения и технологии металлов Национального исследовательского Томского политехнического университета



Ковалевская Ж.Г.

Шаркеев Юрий Петрович, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры экспериментальной физики, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», 634050, Томск, пр. Ленина, 30, +79138062814, sharkeev@tpu.ru, www.tpu.ru.

Ковалевская Жанна Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры материаловедения и технологии металлов, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», 634050, Томск, пр. Ленина, 30, +79061990577, kovalevskaya@tpu.ru, www.tpu.ru.

Подписи Шаркеева Ю.П. И Ковалевской Ж.Г.
заверяю

Ученый секретарь Ученого совета
Национального исследовательского
Томского политехнического университета



Ананьева О.А.

22.11.2016 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Сентюриной Жанны Александровны
«Получение сферических порошков из сплавов на основе алюминиды никеля
NiAl для аддитивных технологий», представленной на соискание ученой
степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 –
Порошковая металлургия и композиционные материалы

Для развития авиационно-космической техники требуется создание новых жаропрочных материалов, работающих в экстремальных условиях. Особый интерес вызывают сплавы на основе эквивалентного алюминиды никеля, которые обладают уникальным сочетанием химических, физических и механических свойств. Однако, несмотря на высокие физико-механические свойства, сплавы на основе алюминиды никеля до настоящего времени не нашли широкого промышленного применения, что связано с их практически нулевой пластичностью и низкой прочностью при комнатной температуре.

Получение сплавов на основе NiAl традиционными металлургическими методами с последующей механической обработкой осложнено высокой хрупкостью материалов и склонностью к растрескиванию и выкрашиванию в процессе обработки. В качестве альтернативного метода получения изделий из сплавов на основе NiAl большими перспективами обладают технологии, позволяющие получать заготовки изделий, близких к конечной форме. К таким технологиям относятся гранульная металлургия и активно развивающиеся аддитивные технологии (АТ) селективного лазерного и электронно-лучевого сплавления. Для реализации вышеперечисленных технологий необходимы исходные порошки (гранулы) заданного химического и гранулометрического состава, к которым предъявляются высокие требования. Гранулы на основе NiAl, удовлетворяющие требованиям АТ, в настоящее время промышленно не производятся. В связи с этим диссертационная работа Сентюриной Ж. А., посвящённая разработке интегральной технологии получения порошков правильной сферической формы и регламентированной зернистости из новых жаропрочных и жаростойких материалов на основе NiAl для использования в аддитивных технологиях, является актуальной. Научные задачи, поставленные автором при выполнении исследования, являются также актуальными и значимыми как в научном, так и практическом отношении.

Научная новизна работы. Выявлены особенности фазо-и структурообразования сложнолегированных сплавов на основе NiAl в зависимости от содержания легирующих компонентов: для высоколегированного сплава (сумма легирующих элементов ~26% ат.) характерно формирование композитной структуры, в которой интерметаллидная матрица упрочнена бориды двух типов – тугоплавкими (Mo,Cr)B и пластичными Ni₂₀Al₃B₆; низколегированный сплав (сумма легирующих элементов ~ 10% ат.) отличается высоким содержанием основной фазы NiAl (более 90% масс.), упрочнённой бориды CrB и HfB;

среднелегированные сплавы системы NiAl-Cr-Co-Hf (сумма легирующих элементов ~18%ат.) обладают двухфазной структурой, в которой матрица NiAl упрочнена мелкодисперсными выделениями на основе Cr. Отмечено наследование структуры сплавов на всех этапах процесса получения гранул.

Установлен экстремальный характер зависимости предела прочности при сжатии от соотношения Cr/Co в СВС-сплавах на основе системы NiAl-Cr-Co-Hf. Наибольшие значения прочности на сжатие, твёрдости, упругого восстановления имеет сплав с соотношением Cr/Co=2 за счёт выделения в матрице NiAl упрочняющей дисперсной фазы на основе хрома.

Показано, что введение в состав сплава NiAl-Mo-Cr-B-Mn-Gf наночастиц ZrO₂ в количестве 1,5% об. на стадии вакуумного индукционного переплава приводит к существенному измельчению фазы (Mo,Cr)B и повышает равномерность её распределения в объёме отливки, что способствует увеличению прочностных свойств сплава.

Практическая значимость диссертации. Разработана интегральная технология получения сферических порошков на основе NiAl, включающая три основных передела: получение полуфабриката сплава методом центробежной СВС-металлургии из оксидного сырья; двухстадийный переплав полуфабриката с получением на первой стадии рафинирования дегазированного слитка, а на второй стадии – электрода из наномодифицированного сплава; плазменное центробежное распыление заготовки, что позволило получить качественные гранулы правильной сферической формы и регламентированной зернистости для использования в аддитивных 3d-технологиях.

Разработан лабораторный регламент на процесс получения экспериментальных образцов гранул правильной сферической формы и регламентированной зернистости из жаропрочных материалов с использованием интегральной технологической цепочки.

В ОАО «Композит» по разработанному лабораторному регламенту получены экспериментальные образцы гранул из сплава системы NiAl-Cr-Co-Hf, проведена комплексная оценка их свойств и подтверждено, что полученные гранулы полностью удовлетворяют требованиям технологий гранульной металлургии и аддитивного производства.

На разработанный в работе способ получения электродов из сплавов на основе алюминидов никеля NiAl для центробежного плазменного распыления подана заявка на изобретение № 2015130329 от 23.07.2015г.

В депозитарии НИТУ «МИСиС» зарегистрировано ноу-хау «Состав и способ получения электродов из жаропрочного сплава на основе алюминидов никеля для плазменного центробежного распыления гранул правильной сферической формы и регламентированной зернистости для использования в аддитивных 3d-технологиях»

Судя по автореферату, в целом диссертация Сентюриной Ж.А. представляет собой важное и интересное исследование, которое выполнено на высоком научном уровне и имеет большую практическую значимость. Оно способствует решению важнейшей научно-технической проблемы,

закключающейся в разработке интегральной технологии для получения порошков правильной сферической формы и регламентированной зернистости из новых жаропрочных и жаростойких материалов на основе интерметаллида никеля NiAl для использования в аддитивных технологиях. Отличительной чертой представленных в диссертации исследований и разработок является их комплексность и логическая завершенность. Новые результаты, полученные автором, достоверны, а выводы хорошо обоснованы. Судя по списку публикаций, основные результаты диссертационной работы представлены в печати в полном объеме.

Считаем, что по актуальности задач, научной новизне, практической значимости полученных результатов и уровню публикаций диссертационная работа Сентюриной Жанны Александровны «Получение сферических порошков из сплавов на основе алюминидов никеля NiAl для аддитивных технологий» полностью удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к работам на соискание ученой степени кандидата технических наук, а Сентюрина Ж.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Начальник научно-исследовательского
отдела структурной макрокинетики
ТНЦ СО РАН, доктор технических наук,
профессор
(Специальность 01.04.17 – химическая физика,
в том числе физика горения и взрыва)

 Юрий Михайлович Максимов

Старший научный сотрудник ТНЦ СО РАН,
кандидат технических наук
(Специальность 05.17.11 – Технология
силикатных и тугоплавких неметаллических
материалов)

 Ольга Клавдеевна Лепакова

Федеральное государственное бюджетное учреждение
науки Томский научный центр Сибирского отделения
Российской академии наук (ТНЦ СО РАН)
634055, г. Томск, пр. Академический, 10/4
тел. 492-471, 492-702
E-mail: combustion2005@yandex.ru

Собственноручные подписи Максимова Юрия Михайловича и Лепаковой
Ольги Клавдеевны заверяю:

Врио председателя ТНЦ СО РАН



 В.В. Колосов

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Сентюриной Жанны Александровны *«Получение сферических порошков из сплавов на основе алюминиды никеля NiAl для аддитивных технологий»*, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы

Тема диссертационной работы Сентюриной Ж.А. является крайне актуальной в настоящее время, имея в виду продолжающийся бум в области аддитивных технологий получения металлических деталей и изделий сложной формы. Ключевой задачей в этой области наряду с конструированием и созданием оборудования для реализации аддитивных технологий является разработка перспективных составов и способов получения порошковых материалов, используемых при лазерной и электроннолучевой печати. Эта задача для России особенно актуальна, так как отечественного производства порошков сплавов, адаптированных для применения в аддитивных технологиях нет, а широкое применение импортных порошков в настоящее время нереально ввиду их дороговизны. Выбор объекта исследований в настоящей работе также не вызывает вопросов и сомнений, так как алюминиды никеля и, в частности, NiAl, обладая рекордной жаропрочностью, широко применяются в авиационном и ракетном двигателестроении.

Хотя конечной целью диссертационного исследования была разработка технологии получения сферических порошков на основе моноалюминиды никеля, работа содержит подробные структурные исследования материалов на всех стадиях технологического процесса: центробежная СВС металлургия – индукционный переплав СВС-продукта – плазменное центробежное распыление слитков с получением гранул необходимого фракционного состава для применения в аддитивных технологиях. При этом на первом этапе технологии использовали высокопроизводительный и экономичный процесс СВС с восстановительной стадией, что позволяет дополнительно удешевить продукты синтеза за счет использования оксидного сырья.

Впервые проведены исследования структуры, прочности и пластичности (в том числе при температурах до 1100 °С), а также кинетики окисления и высокотемпературной ползучести как СВС материалов, так и материала слитков после дугового переплава. На основе результатов этих исследований обширного набора составов выбран многокомпонентный сплав NiAl-Cr-Co-Nf, наиболее отвечающий требованиям по прочностным свойствам и технологичности на стадии получения порошка из слитка. На этом сплаве с использованием промышленной установки плазменного центробежного распыления получены сферические порошки с хорошим (до 65 %) выходом фракции, пригодной для использования в лазерной и электроннолучевой печати.

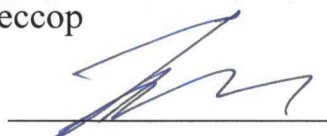
Таким образом, создана интегральная технология получения из оксидного сырья порошков на основе моноалюминиды никеля, отвечающих

всем требованиям в области аддитивных технологий по фракционному составу, текучести, однородности внутренней структуры и содержанию неметаллических примесей. Можно ожидать, что использование полученных порошков для лазерной печати ответственных деталей авиакосмической техники обеспечит необходимые эксплуатационные свойства и значительно удешевит их производство.

По содержанию автореферата нет замечаний. Изложение ясное и логичное, по качеству оформления также нет замечаний. В целом работа представляется законченным, логически обоснованным и цельным научным исследованием. Полученные автором результаты - новые и являются важным вкладом в решение актуальной научно-технической проблемы создания отечественного производства перспективных порошковых сплавов для применения в аддитивных технологиях.

Считаем, что диссертационная работа Сентюриной Жанны Александровны соответствует всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы

Директор Института физики прочности и материаловедения СО РАН
чл.-к. РАН, доктор физико-математических наук (специальность 01.04.07 – физика твердого тела), профессор

 Псахье Сергей Григорьевич

Главный научный сотрудник лаборатории физики наноструктурных функциональных материалов ИФПМ СО РАН, доктор технических наук (специальность 05.16.01-металловедение и термическая обработка металлов), доцент

 Прибытков Геннадий Андреевич


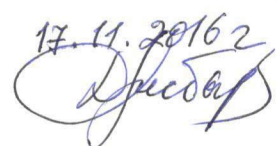
634021, Россия, г. Томск, просп. Академический, 2/4
Институт физики прочности и материаловедения СО РАН
Телефон: +7 (38-22)49-18-81
e-mail: root@ispms.tomsk.ru

Подписи Псахье С.Г. и Прибыткова Г.А. удостоверяю

Ученый секретарь ИФПМ СО РАН,

доктор технических наук



 Плешанов В.С.
17.11.2016


ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Сентюриной Жанны Александровны на тему
«Получение сферических порошков из сплавов на основе алюминида никеля NiAl для
аддитивных технологий»,

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы

Работа Ж.А. Сентюриной посвящена актуальной теме: исследованию получения порошков многокомпонентных сплавов с интерметаллидной матрицей из NiAl со сферической формой частиц для применения в современных аддитивных технологиях.

В работе получен ряд интересных результатов, обладающих существенной новизной в данной области науки. В частности, изучены параметры горения при получении методом центробежного СВС-лития многокомпонентных сплавов на основе алюминида никеля NiAl, исследованы механические свойства материалов различного состава, определены показатели жаростойкости СВС-полуфабрикатов и слитков после индукционного переплава и построены диаграммы деформации на сжатие при высоких температурах. Важно отметить, что в работе с использованием современных методов детально изучена эволюция микроструктуры и фазового состава промежуточных и конечного продукта на всех стадиях синтеза, что позволяет судить о механизмах фазо- и структурообразования в рассмотренных процессах.

Прикладную ценность имеют разработанные составы и методы синтеза порошков многокомпонентных сплавов с интерметаллической матрицей NiAl, имеющих правильную сферическую форму, для последующего использования в аддитивных технологиях.

Результаты исследований опубликованы в рецензируемых международных журналах по профилю работы, доложены на большом количестве международных научных конференций. Соискателем зарегистрировано 1 ноу-хау на способ получения электродов из жаропрочного сплава на основе интерметаллида NiAl.

Замечания:

1. В автореферате не приведено сравнение разработанных порошков интерметаллических сплавов с существующими аналогами; отсутствуют также экономические показатели предложенного многостадийного процесса их получения (СВС в центрифуге, двукратный индукционный переплав, плазменное центробежное распыление).

2. Поскольку порошки предназначены для аддитивных технологий, было бы желательно привести примеры полученных из них изделий и их микроструктур.

Высказанные замечания не снижают научной значимости исследований.

Работа выполнена на достаточно высоком уровне, обладает существенной научной новизной и практической ценностью и свидетельствует о наличии у ее автора квалификации, соответствующей степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – порошковая металлургия и композиционные материалы. На основании вышесказанного соискатель Ж.А. Сентюрина полностью заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Главный научный сотрудник
лаборатории физики тонких пленок ФТИ НАН Беларуси,
д.ф.-м.н., доцент



Б.Б. Хина

Подпись Хины Б.Б. удостоверяю:

Ученый секретарь
ГНУ «ФТИ НАН Беларуси»

