

Отзыв

официального оппонента
на диссертацию **Галиева Фаниса Фаниловича**

«Метод получения металл-интерметаллидных и металл-керамических стержней на основе Ni-Al и Mg-2B совмещением экзотермического синтеза и горячей газовой экструзии», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение

Актуальность темы диссертации. Керамические и интерметаллидные материалы обладают перспективами применения в различных областях науки и техники. Однако, эти материалы имеют низкую пластичность, поэтому для получения изделий из них применяются методы, совмещающие синтез интерметаллидов и керамики и методы деформации (СВС-экструзия, электротепловой взрыв), для длинномерных изделий и заготовок с материалами в металлической оболочке – методы деформации в трубке порошка из синтезированных заранее материалов (ex-situ) или исходной реакционноспособной порошковой смеси с дальнейшим синтезом продуктов в печи в течение нескольких часов (in-situ). Наличие множества публикаций по всему миру показывает перспективность направления исследований. В своей диссертационной работе Галиев Ф.Ф. ставит задачей получение никелидов алюминия и диборида магния в стальной оболочке в одну технологическую стадию. Уникальность работы заключается в совмещении экзотермического синтеза интерметаллидов и диборидов магния в стальной оболочке и горячей газовой экструзии, при этом реакция синтеза происходит в процессе экструзии. В диссертации отмечены недостатки полученных материалов и приведены рекомендации по их устранению.

Актуальность темы диссертационного исследования также подтверждается ее выполнением в рамках государственного задания ИСМАН «Научные основы высокоэнергетических методов синтеза сверхвысокотемпературных композиционных и керамических материалов» и по проектам при поддержке Российского научного фонда «Снижение риска возникновения техногенных аварий при производстве и переработке нанопорошков» 2019-2020 гг. и «Пористость конструкционных и функциональных материалов новых поколений: изучение механизмов образования пор, развитие методов оценки и залечивания пористости с целью минимизации ее негативного влияния на служебные характеристики материалов и изделий» 2022-2024 гг.

Научная новизна работы заключается в том, что в диссертационной работе Галиева Ф.Ф. впервые были проведены экспериментальные исследования по совмещению экзотермического синтеза интерметаллидов Ni-Al и диборида магния MgB₂ в стальной оболочке и горячей газовой экструзии. Установлено, что больше всего целевой фазы NiAl в стержнях, полученных при давлении инертного газа 200 МПа и температуре начала газовой экструзии выше 730 °С, а MgB₂ при давлении 220 МПа и температуре выше 650 °С

(температура плавления магния). Зерна имеют вытянутую форму по направлению экструзии.

Исследована стадийность фазообразования в продуктах синтеза порошковой смеси Ni-Al в процессе горячей газовой экструзии. Показано что реакция начинается на границе контакта зерен никеля и алюминия образованием NiAl₃, после образования расплава алюминия образуется Ni₂Al₃ и далее реакция идет с образованием фаз NiAl и Ni₃Al. Установлено, что вытянутая форма зерен образуется после фазообразования.

Впервые было установлено, что пассивация нанопорошковых компактов никеля возможна при выдержке на воздухе от 30 минут при условии, что компакты будут находиться внутри бюксов с аргоном, закрытых крышкой. Пассивированные компакты из нанопорошков никеля не вступают в реакцию с воздухом при нагреве до 180 °С, что указывает на возможность их безопасного использования при газовой экструзии.

В работе получены аналитические выражения для определения давления газа внутри пор при воздействии внешнего давления на материал.

Практическая значимость работы состоит в том, что Галиевым Ф.Ф. был разработан комбинированный способ получения интерметаллидов Ni-Al и MgV₂ в стальной оболочке совмещением экзотермической реакции в исходных порошковых смесях Ni-Al и Mg-V и горячей газовой экструзии. Данный способ зарегистрирован в депозитарии ИСМАН в виде ноу-хау №1-2024.

Установлено, что в стержнях с наиболее высоким содержанием MgV₂ критическая температура перехода в сверхпроводящее состояние близка к критической температуре для монокристаллического MgV₂ (39 К) и составляет 38 К.

Структура и содержание диссертации

На отзыв представлена диссертация объемом 133 страницы, содержащая 56 рисунков и 9 таблиц. Работа состоит из введения, 6 глав, общих выводов, списка использованной литературы из 120 наименований и 2 приложений.

Во **введении** представлена актуальность диссертационной работы, цель и задачи работы, представлена научная новизна и практическая значимость работы, приведены основные положения, выносимые на защиту, описано соответствие содержания диссертации паспорту специальности, по которой она рекомендуется к защите, представлена апробация работы, достоверность полученных результатов и личный вклад автора.

В **первой главе** приводится литературный обзор по теме исследования. Рассмотрены системы Ni-Al и Mg-V и описаны основные методы их получения. Описан метод получения материалов, совмещающий самораспространяющий высокотемпературный синтез и обработку давлением. На основании литературного обзора определено, что синтез в реакционноспособных порошковых смесях в процессе горячей газовой экструзии является перспективным методом. Поставлена цель и задачи работы.

Во **второй главе** подробно описываются методы получения материалов их исследования.

В **третьей главе** проводится исследования полученных материалов системы Ni-Al совмещением экзотермического синтеза и горячей газовой экструзии. Определены зависимости структуры, фазового состава и механических свойств, полученных материалов от параметров горячей газовой экструзии. Определены этапы структуро- и фазообразования в сердцевине из порошковой смеси в процессе горячей газовой экструзии. Установлено влияние активирования порошковой смеси при горячей газовой экструзии.

В **четвертой главе** проводится исследования полученных металл-керамических стержней на основе системы Mg-B совмещением экзотермического синтеза и горячей газовой экструзии. Определены зависимости структуры и фазового состава полученных материалов от параметров горячей газовой экструзии. Установлена критическая температура перехода в сверхпроводящее состояние в зависимости от горячей газовой экструзии.

Пятая глава посвящена исследованию по пассивированию нанопорошков никеля и железа с выдержкой на воздухе. Установлены зависимости температуры от окисления никеля и железа.

В **шестой главе** описан способ расчета давления газа в порах с учетом приложенного давления, размеров изделия и механических свойств материалов, полученных горячей газовой экструзией для оценки физико-механических свойств и разработки основ получения стержней.

В **заключении** представлены общие результаты и выводы по работе.

Достоверность результатов. Обоснованность и достоверность полученных результатов и выводов в диссертационной работе Галиева Ф.Ф. подтверждается применением современного оборудования, аттестованных методик исследований и сравнением полученных результатов с результатами других авторов. Также достоверность результатов подтверждается публикацией основных данных в высокорейтинговых научных журналах и обсуждением полученных результатов на 10 всероссийских и международных конференциях.

По теме диссертационной работы опубликовано 19 печатных работ, в том числе 9 статей, входящих в Перечень ВАК и базы данных Web of Science и Scopus. Результаты исследований докладывались на 10 конференциях.

Содержание и структура автореферата соответствуют содержанию диссертации.

Замечания по диссертации:

1. В автореферате в таблице 1, стр.10, объединены таблицы 3.1 и 3.2 из диссертации (стр. 52 и 61 соответственно) и приведены усредненные значения для режимов газовой экструзии и фазового анализа, однако в автореферате это не указано, что может запутать читателей.

2. В третьей главе сравниваются стержни, полученные горячей газовой экструзией после механической активации и без, но при этом режимы разные.

3. В автореферате в таблице 2 и на рисунке 12 присутствуют зерна никеля и фаза никеля, хотя почему-то написано, что их определение может быть недостаточным для детектирования рентгеновским методом. А в таблице 1 (режим 1 и 2) и рисунке 4 наоборот не определено рентгеновским методом никель. Но при этом описания нет, что их определение может быть недостаточным для детектирования рентгеновским методом.

4. Одним из преимуществ интерметаллидов NiAl и Ni₃Al аномальный рост прочности материала при повышенных температурах и высокой хрупкостью при комнатных температурах, тем не менее автор проводит испытания при нормальных условиях, поэтому трудно оценить вклад состава сердцевины на прочность.

5. В главе 4 не дано объяснение почему в стержне M2, содержащего 33 % MgB₂ критическая температура перехода в сверхпроводящее состояние меньше чем в стержне, содержащем 15 % сверхпроводящей фазы (M3).

Указанные замечания носят рекомендательный характер, направлены на совершенствование представления будущих работ и не снижают научную и практическую значимость оппонируемой диссертации. Цели и задачи, сформулированные в работе, достигнуты, положения, выносимые на защиту, доказаны экспериментальными исследованиями приведенными в работе. Она выполнена на высоком уровне, является законченной научно-квалификационной работой и соответствует паспорту специальности 2.6.17 – Материаловедение.

На основании полученных результатов, новизны и практической значимости, считаю, что диссертация Галиева Фаниса Фаниловича «Метод получения металл-интерметаллидных и металл-керамических стержней на основе Ni-Al и Mg-2B совмещением экзотермического синтеза и горячей газовой экструзии» соответствует требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (№ 842 от 24.09.2013 г., ред. от 01.10.2018, с изм. от 26.05.2020), а ее автор, Галиев Фанис Фанилович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение

17 апреля 2024 года

Кандидат технических наук,
в.н.с. лаборатории
прочности и пластичности
металлических и композиционных
материалов и наноматериалов ИМЕТ РАН
смакр@mail.ru

Севостьянов
Михаил Анатольевич

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук (ИМЕТ РАН), 119334 г. Москва, Ленинский проспект, д. 49, +7 (499) 135-94-83

Подпись ведущего научного сотрудника ИМЕТ РАН, к.т.н. Севостьянова М.А.
подтверждаю:

Должность ИМЕТ РАН

Зам. директора

Ф.И.О.

Юсупов В.С.

подпись, печать организации

Я, Севостьянов Михаил Анатольевич, согласен на автоматизированную
обработку персональных данных, приведенном в этом документе *М.А.*

