



«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСИС»
(НИТУ «МИСИС»)

119049, Москва, Ленинский проспект, 4

Тел. 955-00-32; Факс: 236-21-05

<http://www.misis.ru>

E-mail: kancela@misis.ru

ОКПО 02066500 ОГРН 1027739439749

ИНН/КПП 7706019535/ 770601001

№ _____

На № _____

«Утверждаю»

Проректор по науке и инновациям
ФГАОУ ВПО «Национальный
исследовательский технологический
университет «МИСИС»,
профессор, доктор технических наук



М.Р. Филонов

2015 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

о научно-практической ценности диссертации

Боярченко Ольги Дмитриевны

на тему: “Исследование структуры переходных зон в многослойных и
градиентных СВС- материалах”

на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по
специальности 01.04.17 – химическая физика, горение и взрыв, физика
экстремальных состояний вещества.

Актуальность темы. Развитие современной промышленности и техники требует создания новых материалов, обладающих высокой прочностью при нормальных и высоких температурах, устойчивостью к действию агрессивных сред, а также отвечающих другим эксплуатационным требованиям. Наряду с этим актуальной задачей является создание многофункциональных защитных слоев на поверхности деталей и механизмов и получение неразъемных соединений материалов на основе металлов и интерметаллидов, а также керамик и более сложных композиций. Основным вопросом при решении таких задач является формирование переходной зоны на границе раздела

соединяемых поверхностей или функционального слоя с основой, обладающей определенными эксплуатационными свойствами. Решение указанных задач необходимо для разработки материалов с наилучшими эксплуатационными свойствами для нужд машиностроения и аэрокосмической промышленности.

Большие перспективы для решения подобных задач представляет процесс самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), открытый в 1967 году российскими учеными Мержановым А.Г., Боровинской И.П. и Шкиро В.М. В связи с этим диссертационная работа Боярченко О.Д., посвященная исследованию структуры переходных зон в многослойных и градиентных СВС- материалах, вызывает несомненный интерес как для фундаментальной науки, так и для решения прикладных задач.

Тема диссертационной работы Боярченко О.Д. является актуальной, поскольку освещает такие вопросы как исследование микроструктуры пограничных зон при формировании функциональных слоев на металлических подложках, неразъемного соединения различных металлов, пористых материалов, градиентных материалов, содержащих МАХ-фазы на основе СВС систем Ti-Al, Ni-Al, Ti-Al-Nb-C, Ti-Si-C, Ti-Al-C, имеющих важное технологическое значение.

Новизна диссертационной работы состоит в том, что **О.Д. Боярченко** исследовала микроструктуры и распределения элементов в переходной пограничной зоне систем (Ni+Al)/Ni, (Ti+Al)/Ti, (Ni+Al)/Ti, $0.45\text{Ti}+0.3\text{Al}+0.35\text{C}+0.25\text{Nb}$, $(\text{Ti}+x\text{Si})/(\text{Ti}+y\text{C})$, $(\text{Ti}+\text{Al})/(\text{Ti}+\text{C})$, показав, что в данных СВС- системах возможно образование непрерывного переходного слоя толщиной до 130 мкм, обеспечивающего прочное соединение слоев. Экспериментально установлены оптимальные параметры (приложенного внешнего давления сжатия и предварительной механической обработки металлических подложек) процессов совместного синтеза сопряженных

материалов в режиме теплового взрыва (самовоспламенения) и автоволнового безгазового горения для выбранных систем. Получена важная информация о конвективных массовых потоках, имеющих место при формировании неразъемного соединения в системе $(\text{Ti}+x\text{Si})/(\text{Ti}+y\text{C})$. Усовершенствована методика синтеза пористых материалов с использованием многослойных профилированных реакционных структур. Показано, что наличие газовой прослойки на границе контакта реакционных слоев может привести к достижению сверхадиабатических температур горения многокомпонентной смеси вблизи переходной зоны, в результате чего изменяется кинетика экзотермического превращения.

Практическая значимость диссертационной работы состоит в перспективе применения полученных результатов для создания градиентных материалов и защитных интерметаллидных слоев с улучшенными эксплуатационными свойствами в интересах машиностроительной, аэрокосмической и других отраслей промышленности. Автором предложены практические решения по получению неразъемных соединений в паре металл - интерметаллид, пористых материалов из многослойных структур, градиентных материалов на основе МАХ-фаз.

Основные результаты диссертации опубликованы в 15 печатных работах, включая 5 статей в научных изданиях, утвержденных ВАК РФ, и 10 тезисов докладов на конференциях разного уровня. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов, списка цитируемой литературы, и полностью соответствует решению поставленных целей и задач.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цели и задачи исследования, новизна работы, представлены выносимые на защиту научные положения, их практическая значимость.

В Главе 1 диссертантом на высоком научном уровне выполнен литературный обзор, содержащий необходимые сведения по всем вопросам рассматриваемой проблемы. Анализ научной литературы логически обосновывает постановку решаемых в диссертации задач.

В главе 2 изложены необходимые сведения о характеристике исходных веществ и методиках подготовки образцов, экспериментальные методики и методы исследования синтезированных образцов.

В главе 3 представлены результаты СВС слоевых материалов с формированием переходной зоны толщиной до 150 мкм на границе металл-интерметаллид и металл-металл при взаимодействии в системах Ti-Al и Ni-Al с предварительно механообработанными металлическими подложками из титана и никеля. Рентгенофазовым и химическим анализами продуктов СВС установлено формирование переходных зон переменного состава на границе реагирующих составов с металлическими подложками.

В главе 4 методом СВС с использованием многослойных профилированных реакционных структур получен материал с регулярной пористой структурой в системе Ti-Al-Nb-C, определены основные параметры (плотность лент, усилие сжатия образцов, пространственная ориентация элементов), регулирующие прочность и обеспечивающие формирование заданной структуры материала. Механические испытания показали высокую прочность ($\sigma_{сж}=130.07$ МПа) полученных пористых образцов

В главе 5 в слоевых системах (Ti-Si)/(Ti-C) и (Ti-Al)/(Ti-C) впервые синтезированы материалы, содержащие в переходной зоне МАХ-фазу Ti_3SiC_2 и Ti_2AlC , соответственно, обладающую слоистой структурой и уникальным сочетанием свойств металла и керамики. С помощью метода инертных тугоплавких меток (введение малых количеств частиц гафния) впервые изучен механизм массопереноса через границы раздела различных поверхностей и

оценен вклад диффузии при образовании переходных слоев в указанных системах. Установлено, что переходная зона формируется не симметрично относительно исходной границы раздела слоев, а практически полностью лежит в области быстро кристаллизующегося слоя TiC. Проведенное математическое моделирование процесса горения в двухслойной системе типа «сэндвич» показало, что отличие теплофизических свойств реакционных слоев и газовой прослойки может влиять на закономерности распространения волны горения при переходе от слоя к слою, в том числе достижение сверхадиабатических температур. Наличие обнаруженных пульсаций температур, обусловленных существованием газовой прослойки в зоне контакта, приводит к интенсификации процессов конвективного и диффузионного массообмена между слоями, изменению кинетики экзотермического превращения многокомпонентной смеси в переходной зоне между слоями.

В заключении сформулированы основные результаты, полученные в данной работе. Список литературы содержит 193 источника. **Обоснованность и достоверность** научных положений, выводов и заключений подтверждается большим объемом полученных экспериментальных данных, применением современного оборудования и широкого спектра взаимодополняющих физических методов исследования.

По диссертационной работе О.Д. Боярченко имеются следующие замечания:

1. Не приведена точность микротермопарных измерений температуры горения, и не указаны причины расхождения экспериментальных данных с расчетными значениями (скорость регистрации, большие теплотери?)

2. В главе 5 отсутствуют данные количественного анализа МАХ- фазы. Не ясно, сплошной ли слой МАХ-фазы образуется в переходной зоне или же присутствуют другие фазы?

3. Слишком поверхностно освещены вопросы практического применения результатов. В работе отсутствуют испытания экспериментальных образцов неразъемных соединений и функционально-градиентных материалов.

4. В диссертации отмечены неточности и опечатки. Например, ссылка на /176/ на учебное пособие «Перспективные материалы и технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза» приведена почему-то на английском языке. Также на английском языке приведена статья /177/ в журнале Доклады Академии Наук.

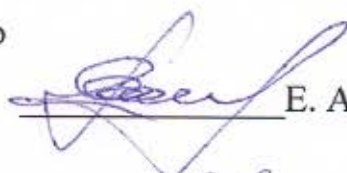
Вместе с тем указанные замечания не снижают значимость диссертационной работы, которая представляет собой законченное исследование, выполненное О.Д. Боярченко на высоком научном уровне.

По научной значимости и объему полученных результатов представленная работа удовлетворяет требования, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней. В целом диссертация и автореферат аккуратно оформлены, основные выводы логически вытекают из поставленных задач. Автореферат соответствует содержанию диссертации.


Таким образом, диссертация Боярченко Ольги Дмитриевны является научно-квалификационной работой, содержащей важные для развития науки и промышленности знания, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Боярченко Ольга Дмитриевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.17 – химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Отзыв утвержден на объединенном семинаре кафедры порошковой металлургии и функциональных покрытий и Научно-учебного центра СВС, протокол № 1 от 09.09.2015 г.

Заведующий кафедрой порошковой металлургии и функциональных покрытий, директор Научно-учебного центра СВС, д.т.н., профессор


Е. А. Левашов

Ученый секретарь кафедры ПМиФП, доцент, к.т.н.


В.Ю. Лопатин

Ученый секретарь НУЦ СВС, в.н.с., доцент, к.т.н.


В.В. Курбаткина

«Подпись рецензентов заверяю»

Начальник отдела кадров




Кривошеина О.Н.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», 119991, г. Москва, Ленинский проспект, 4. тел.: (495) 638-45-00, факс: (499) 236-52-98, e-mail: levashov@shs.misis.ru