

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ
ОРГАНИЗАЦИЙ (ФАНО РОССИИ)**
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки

**ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ
И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ
им. А.А. Байкова
Российской академии наук
(ИМЕТ РАН)**

119334, Москва, Ленинский пр., 49
Тел. (499) 135-20-60, 135-86-11; факс: 135-86-80
E-mail: imet@imet.ac.ru <http://www.imet.ac.ru>
ОКПО 02698772, ОГРН 1027700298702
ИНН/КПП 7736045483/773601001

23.03.2016 № 12202

На № _____

Г

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора Института
ФГБУН Институт металлургии и
материаловедения им. А.А. Байкова
РАН, д.т.н.
Колмаков Алексей Георгиевич



2016 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Непанушева Андрея Александровича

«Получение реакционных тепловыделяющих

активированных составов и лент на их основе для соединения материалов»,

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

Актуальность работы

Диссертационная работа посвящена применению процессов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) для соединения материалов, таких как углеродные и углеродные-углеродные композиты, имеющие высокую температуру плавления, соединение которых обычными методами сварки практически невозможно. Существующие в промышленности методы соединения таких материалов заключаются в применении различных клеев, использование которых может вносить ограничение на последующее применение соединенных композиций в связи с их относительно низкой температурой разложения. Применение автором процесса СВС

является эффективной альтернативой применяемым в промышленности методам соединения таких тугоплавких материалов. Благодаря наличию химической совместимости между продуктами реакции и соединяемым материалом, а также возможности формирования функционально-градиентных материалов (ФГМ) между деталями можно получить прочный соединительный шов, свойства которого не накладывают ограничений на последующее применение соединённых материалов. Использование высокотемпературной экзотермической реакции при соединении материалов позволяет охватывать большой спектр соединяемых композиций, при этом значительно сокращается время получения соединения, так как процесс не требует длительных выдержек в печи.

В этой связи диссертационную работу Непалушева А.А., посвященную использованию реакционных тепловыделяющих составов и лент на их основе для соединения тугоплавких углеродных материалов следует считать актуальной. Важность работы подтверждается её выполнением в соответствии с Федеральными целевыми программами и грантами РФФИ.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав и общих выводов, изложена на 134 страницах, содержит 8 таблиц, 39 рисунков. Список использованной литературы содержит 91 источник.

Во введении автор обосновывает актуальность работы, формулирует цель работы и задачи исследования, на основе которых приводит основные научные положения, выносимые на защиту.

В первой главе (аналитический обзор литературы) представлены данные по способам соединения материалов, а также особенности соединения материалов с использованием метода СВС. Рассмотрен вопрос о повышении реакционной способности реакционных составов с помощью метода предварительной механической активации(МА).

Во второй главе приводятся характеристики исходных компонентов, методик и используемого оборудования для получения и исследования реакционных составов и лент на их основе.

В третьей и четвертой главе рассмотрены результаты экспериментальных исследований влияния различных режимов предварительной механической активации на структуру и свойства полученных реакционных смесей. Известно, что МА реакционных смесей приводит к значительному понижению температуры инициирования самораспространяющейся экзотермической реакции. Благодаря этому эффекту в диссертации определены режимы МА, позволившие снизить температуру зажигания состава $\text{Ni} + \text{Al}$ на $290\text{ }^{\circ}\text{C}$, а состава $\text{Ti} + 0,6\text{Si}$ на $550\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для определения возможных причин такого поведения реакционных составов с помощью метода просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения была исследована атомная структура смесей $\text{Ni} + \text{Al}$, обработанных в оптимальном режиме работы планетарной мельницы. Было показано, что смесь $\text{Ni} + \text{Al}$ после МА содержит нанокристаллические промежуточные фазы, которые не обнаруживаются с помощью рентгеновской дифракции. Был сделан вывод, что эти наноразмерные структурные составляющие служат в качестве центров образования интерметаллидных фаз во время экзотермической реакции между Ni и Al , которые приводят к снижению температуры инициирования и энергии активации данной реакции. На основе этих данных были получены составы $\text{Ni} + \text{Al}$ и $\text{Ti} + 0,6\text{Si}$ с повышенной реакционной способностью, которые в дальнейшем использовались при соединении углеродных материалов.

Пятая глава посвящена соединению углеродных материалов с помощью реакционного слоя $\text{Ti} / \text{ma-Ni+Al} / \text{Ti}$ и реакционных лент состава $\text{Ti} + 0,6\text{Si}$. Проведены комплексные экспериментальные исследования микроструктуры, элементного состава и прочности сварных соединений, показавшие перспективность использования данного метода.

В заключении диссертации сформулированы общие выводы по работе.

Достоверность и научная новизна результатов

Научные положения и выводы, сформулированные в диссертации, обоснованы и экспериментально проверены. Достоверность экспериментальных результатов обеспечивается комплексным использованием современных и аттестованных методов и методик исследования и сопоставлением полученных результатов с результатами других авторов.

Научная новизна заключается в следующем:

1. Получены новые данные о строении образующихся в результате МА нанокристаллических фаз, служащими зародышами образования интерметаллидных фаз во время экзотермической реакции, понижающими температуру инициирования и энергию активации обработанных смесей.
2. Установлено влияние различных режимов механической обработки в планетарной шаровой мельнице на структуру и свойства обрабатываемого материала в системе Ti-Si и показан наиболее эффективный режим обработки смеси, в котором совмещается истирающее и ударное воздействие размольных тел, приводящее к образованию композиционных частиц Ti/Si.
3. Установлен механизм взаимодействия реакционного слоя Ti / механоактивированный Ni-Al / Ti и с соединяемыми углеродными материалами. Показано, что вследствие резистивного электрического нагрева до 400 °C в механоактивированной композиционной смеси Ni/Al инициируется экзотермическая реакция, тепло от которой плавит порошок Ti, взаимодействие которого с углеродом в дальнейшем приводит к образованию фазы TiC_x в области соединения.

Практическая значимость работы заключается в возможности непосредственного использования разработанного способа получения энерговыводящих активированных

составов системы $Ni + Al$ и лент системы $Ti - Si$ для неразъемного соединения углеродных материалов. Практическая ценность работы подтверждена наличием патента на способ получения наноструктурированных реакционных фольг.

Результаты диссертационной работы могут быть рекомендованы к использованию в научных организациях и производственно-промышленных предприятиях, занимающихся разработкой керамических и композиционных материалов: Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН (г. Черноголовка), Отдел структурной макрокинетики Томского научного центра Сибирского отделения РАН (г. Томск), Институт химической кинетики и горения Сибирского отделения РАН (г. Новосибирск), ОАО «Композит» (г. Королёв), ГНЦ ФГУП ВИАМ (г. Москва), ФГУП ММПП «Салют» (г. Москва), ОАО «Уфимское моторостроительное производственное объединение».

Замечания по диссертационной работе:

1. Не представлены количественные данные о прочности соединения, образующегося при использовании реакционного слоя $Ti / m\alpha-Ni+Al / Ti$. Разрушение образца по углеродному материалу не несёт информации о прочности соединения из этих компонентов.
2. При утверждении, что МА смесь $Ni+Al$ содержит нанокристаллические промежуточные фазы, понижающие температуру инициирования и энергию активации данной реакции корректней будет говорить, что температура инициирования падает не только за счет образования промежуточных фаз, но и за счет увеличения площади контакта между реагентами смеси.
3. Интересным было бы получить изображения просвечивающей электронной микроскопии с использованием методов микродифракции и темнопольного изображения, чтобы однозначно указать на наличие промежуточных интерметаллидных фаз в системе $Ni-Al$ или пересыщенных твердых растворов $Al(Ni)$ и $Ni(Al)$.

Заключение

Отмеченные недостатки не снижают теоретической и практической значимости выполненных А.А. Непапушевым исследований, а полученные в диссертации результаты соответствуют поставленным целям.

Автореферат отражает содержание диссертации. Научные и практические результаты диссертации представлены в 13 опубликованных работах, в том числе в 4 статьях в журналах из перечня ВАК.

В целом диссертация А.А. Непапушева представляет собой законченное научное исследование, выполненное на высоком профессиональном уровне и содержащее решение актуальной задачи соединения тугоплавких углеродных материалов.

Диссертационная работа отвечает всем требованиям к кандидатским диссертациям Положения о присуждении учёных степеней, утвержденного Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013г. № 842, а её автор заслуживает присуждения ему степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Отзыв на диссертацию рассмотрен и обсуждён на расширенном коллоквиуме лабораторий № 29, 5 и 3 ФГБУН Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН «18» марта 2016 г., протокол № 3.

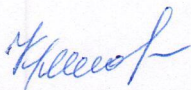


В.А. Зеленский
23 марта 2016 г.

Подпись в.н.с., к.ф.-м.н. Виктор Александровича Зеленского заверяю.

ВЕРНО:
Ученый секретарь
ИМЕТ РАН

Ученый секретарь ИМЕТ, к.т.н.



О.Н. Фомина

Виктор Александрович Зеленский,

Кандидат физико-математических наук, (01.04.07 – физика твердого тела)

19991, г. Москва, Ленинский проспект, 49, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН

Тел.: п. 499-135-9670 E-mail: zelensky55@bk.ru