

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ
ОРГАНИЗАЦИЙ (ФАНО РОССИИ)
Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ
И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ
им. А.А. Байкова
Российской академии наук
(ИМЕТ РАН)

119991, ГСП-1, 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

УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора ИМЕТ РАН



Д.Т.Н.
Колмаков А.Г.
2015 г.

№ 12202

На № _____

Г _____

Г _____

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу
ГАЛЫШЕВА СЕРГЕЯ НИКОЛАЕВИЧА

«СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ И ФОРМУЕМОСТЬ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ
МАХ-ФАЗ СИСТЕМЫ Ti — Al — C, ПОЛУЧЕННЫХ В РЕЖИМЕ ГОРЕНИЯ И
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ»

представленную на соискание
ученой степени кандидата технических наук
по специальностям 01.04.17 - Химическая физика, горение и взрыв, физика
экстремальных состояний вещества,
05.16.09 - Материаловедение (металлургия).

Актуальность работы

Новый класс материалов на основе МАХ-фаз обладает весьма специфическими свойствами, сочетая в себе свойства как металлических сплавов, так и керамических материалов. Превосходные жаропрочные свойства материалов на основе МАХ-фаз в совокупности с низким удельным весом открывают широкие перспективы для их применения в различных отраслях промышленности. Прежде всего, это касается авиа-двигателестроения, важнейшими задачами которого, на сегодняшний день, является разработка новых легких, прочных и жаропрочных материалов, удовлетворяющих современным требованиям к наиболее нагруженным деталям авиационной техники (прежде всего, к лопаткам и дискам проточных частей компрессора и турбины).

Основным методом получения материалов на основе МАХ-фаз является горячее изостатическое прессование (ГИП), которое требует больших затрат энергии и времени, большого числа технологических операций, традиционных для порошковой металлургии. Альтернативой ГИП является самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС), который позволяет значительно снизить энергозатраты и упростить процесс получения материалов на основе МАХ- фаз.

Важный вопрос развития технологии СВС состоит в изучении возможности прямого получения изделий заданной формы из продуктов горения. В связи с этим представляется перспективным использование методов СВС-экструзии и СВС-сжатия, которые сочетают процессы самораспространяющегося высокотемпературного синтеза с пластическим деформированием горячих продуктов горения. Использование этих методов позволяет за десятки секунд (вместо часов, как в порошковой металлургии) проводить синтез материала из порошков исходных компонентов и формовать изделие в одну технологическую стадию.

Несмотря на широкие перспективы вышеупомянутых методов, общие закономерности структурообразования и формования изделий из материалов на основе МАХ-фаз, полученных с использованием методов СВС, мало изучены. Поэтому разработка технологических основ методов, сочетающих в себе горение в режиме СВС с высокотемпературным пластическим деформированием представляет интерес, как с фундаментальной, так и прикладной точки зрения. Возможность применения, не привязанного к конкретному технологическому оборудованию метода свободного СВС-сжатия предложенного в работе, в качестве метода оценки формования СВС-материалов является дополнительным аргументом в пользу высокой актуальности диссертационной работы С.Н. Галышева как для науки, так и для практики.

Научная новизна

Основные научные результаты представленной работы расширяют и углубляют представления о закономерностях структурообразования и формования материалов и изделий на основе МАХ-фаз, и несомненно, являются новыми и оригинальными. Как наиболее значимые для науки и производства, можно выделить следующие результаты автора:

1. Разработан новый подход исследования формуемости материалов на основе МАХ-фаз системы Ti - Al - C с использованием метода свободного СВС-сжатия.

2. Экспериментально исследовано влияние масштабного фактора исходного образца на формуемость материала на основе МАХ-фаз системы Ti — Al — C. Изучена микроструктура и фазовый состав материала в зависимости от времени приложения внешней нагрузки после инициирования химической реакции.

3. Проведен сопоставительный фазовый анализ материала на основе МАХ-фаз системы Ti - Al - C, полученного в условиях СВС без приложения давления, свободного СВС-сжатия, СВС-прессования и СВС-экструзии. Установлено, что наиболее интенсивная схема сдвигового пластического деформирования, которая реализуется в методе СВС-экструзии, по сравнению с другими методами СВС, позволяет получить компактный однородный по структуре материал, содержащий до 95% МАХ-фазы.

4. Изучено влияние содержания алюминия в исходной шихте на структуру и фазовый состав материала, полученного методом СВС-прессования. Определено оптимальное содержание алюминия, позволяющее получить до 95% МАХ-фаз в синтезируемом материале при минимальном содержании карбида титана около 2%.

Достоверность результатов и обоснованность выводов опирается в первую очередь на взаимодополняющие физические методы исследования, а так же на большой экспериментальный материал, современное оборудование и программное обеспечение по обработке полученных данных.

Практическая ценность результатов и рекомендации по их применению

Впервые получены электроды из материалов на основе МАХ-фаз системы Ti - Al - C методом СВС-экструзии, которые использовались для нанесения защитных покрытий изделий из титановых и жаропрочных никелевых сплавов методом электроискрового легирования. На предприятии ОАО ММП им. В.В. Чернышева опытная партия образцов никелевого сплава ЖС32У с защитными ЭИЛ-покрытиями была испытана на длительную жаропрочность. Все образцы с защитными покрытиями успешно прошли испытания.

Вышеупомянутые электроды найдут непосредственное применение на предприятиях авиационного машиностроения (таких как ОАО УМПО, ОАО ММП им. В.В. Чернышева,

ОАО Климов) для нанесения защитных покрытий лопаток и дисков проточных частей компрессора и турбины газотурбинных двигателей.

Структура и содержание работы

Структура диссертационной работы С.Н. Галышева логична и полно раскрывает содержание. Работа состоит из введения и 6 глав. Основное содержание работы, изложенное в последних 4 главах, отражает основные аспекты технологического процесса, сочетающего СВС с последующим пластическим деформированием, полностью реализуя, таким образом, поставленную цель работы.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулирована научная новизна, а так же представлена практическая ценность работы.

В главе 1 на высоком научном уровне диссертантом выполнен литературный обзор, который содержит необходимые сведения по следующим направлениям: МАХ-фазы и их характеристики, методы получения МАХ-фаз и особенности получения МАХ-фаз методами СВС. Постановка решаемых в диссертации задач логически вытекает из анализа научной литературы.

В главе 2 изложены необходимые сведения о методах исследования, экспериментальных методиках и характеристиках исходных веществ и конечных продуктов синтеза, а так же материалов на их основе.

В главе 3 предложен и разработан подход для изучения формуемости материалов на основе МАХ-фаз системы $Ti - Al - C$ с использованием метода свободного СВС-сжатия. Изучены закономерности фазообразования полученных материалов. Определен оптимальный интервал времени задержки (основного технологического параметра) перед приложением нагрузки, который послужил основой при разработке процесса получения длинномерных изделий из материалов на основе МАХ-фаз системы $Ti - Al - C$ методом СВС-экструзии. Установлены закономерности влияния масштабного фактора в процессе свободного СВС-сжатия на формуемость полученных материалов. Показано, что увеличение диаметра приводит к снижению формуемости исходных образцов, тогда как увеличение высоты образца ведет к ее увеличению.

В главе 4 представлены результаты сопоставительного анализа материалов на основе МАХ-фаз системы $Ti - Al - C$, полученных различными СВС-методами: СВС без приложения нагрузки, свободного СВС-сжатия, СВС-прессования и СВС-экструзии. Показано, что схема сдвигового пластического деформирования, которая реализуется в процессе СВС-экструзии, по сравнению с другими методами СВС, позволяет получить компактный однородный по структуре материал, содержащий более 95% МАХ-фазы.

В главе 5 изучено влияние содержания алюминия в исходной шихте на микроструктуру и фазовый состав материала на основе МАХ-фаз системы $Ti - Al - C$, полученного методом СВС-прессования. Максимальное содержание МАХ-фаз (95%) удалось достичь в материале с соотношением компонентов $Ti:Al:C$ равным 2:1,25:1 при содержании карбида титана TiC около 2%.

В главе 6 показана возможность использования полученных материалов и защитных ЭИЛ-покрытий на их основе в качестве жаростойких. Жаростойкость материалов с соотношением исходных компонентов $Ti:Al:C$ равным 2:1,25:1 и 2:1,3:0,6 более чем в два раза превосходит показатели аналогичных сплавов на основе системы $Ti - Al$. Приведены результаты успешных испытаний образцов сплава ЖС32У с защитными покрытиями из полученных материалов на длительную жаропрочность в течении 45 часов при температуре 970 °С. Показано, что глубина окисленного слоя испытанных образцов составляет не более 15 мкм.

Недостатки в диссертации и автореферате

По работе имеются следующие вопросы и замечания.

1. В работе показано, что в результате СВС-процессов в заготовках могут формироваться МАХ-фазы на основе Ti , Al и C различного состава. Из работы неясно, какие

именно фазы необходимо получить в конечном счете и каковы пути повышения количества этих фаз.

2. Следует обосновать выбор используемого автором метода количественного рентгеноструктурного анализа, точность которого составляет около 20%.

Заключение

Высказанные замечания не ставят под сомнение значимость полученных в диссертации результатов. Полученные в работе результаты были опубликованы в открытой печати в 4 ведущих российских изданиях, рецензируемых ВАК, в которых отражены основные результаты защищаемой работы, а также докладывались на десяти российских и международных конференциях. Автореферат диссертационной работы полностью отражает содержание диссертации и основные ее положения.

В целом диссертация С.И. Гальшева является законченной работой, в которой проведена разработка технологических основ получения компактных материалов и изделий на основе МАХ-фаз системы Ti - Al - C методами СВС-компактирования. Работа полностью отвечает требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени по специальностям 01.04.17 - «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества» и 05.16.09 - «Материаловедение (металлургия)».

Отзыв на диссертацию рассмотрен и обсуждён на расширенном коллоквиуме лабораторий № 29, 5 и 3 ФГБУН Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН «19» ноября 2015 г., протокол № 5.

В.н.с., к.ф.-м.н.

В. А. Зеленский

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

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

Ученый секретарь ИМЕТ, к.т.н.

О.Н.Фомина.