

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертационной работе Аверичева Олега Андреевича на тему «СВС-экструзия длинномерных изделий из материалов на основе МАХ-фазы в системе Ti-Al-C», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.17 - Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества

Актуальность темы диссертации

Материалы на основе тройных соединений, называемых МАХ-фазами, в частности, формирующиеся в системе Ti-Al-C, обладают прекрасной жаростойкостью, высокотемпературной проводимостью, легкостью, прочностью и рядом других привлекательных свойств. Всё это открывают широкие перспективы для их применения в различных отраслях промышленности.

Однако применение таких материалов остается проблематичным из-за ряда нерешенных проблем, связанных, в первую очередь, с трудностью получения из них изделий требуемой формы и ограниченными возможностями управления структурой и свойствами.

Поэтому работа, посвященная обоснованию перспективности применения таких материалов в качестве анодов при электролизе алюминия, работающих в весьма агрессивных условиях, и разработке основ технологии их получения методом СВС-экструзии, является актуальной как с научной, так и с практической точек зрения.

Актуальность работы подтверждается заключением в процессе её выполнения 2-х договоров с ООО «Русал ИТЦ» на разработку электродов на основе МАХ-фаз методом СВС.

Оценка содержания диссертации, научной новизны и практической значимости.

В диссертации автором выполнен подробный анализ существующей научно-технической информации по рассматриваемой проблеме. Использовано 144 источника, в том числе более 100 иностранных. Глубина поиска составила более 20 лет.

Проведенный аналитический обзор литературы позволил автору сделать вывод об актуальности и экономической значимости разработки

электродов для процесса электролиза алюминия на основе МАХ-фаз методом СВС.

В результате анализа были сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

Для решения поставленных задач в работе был использован широкий спектр современного технологического и исследовательского оборудования, разнообразные методики исследования. Так, для изучения структуры и свойств исходных и полученных в итоге материалов осуществлялась регистрация изменения фазового состава материала в процессе горения методом времяразрешающей рентгеновской дифракции TRXRD (Time Resolved X-Ray Diffraction). РСА фазового и химического состава проводился на дифрактометре ДРОНЗ. Рентгеноспектральный микроанализ проводился на сканирующем (растровом) электронном микроскопе LEO-1450 в комбинации с энергодисперсионным микроанализатором INCA Energy (EDS system).

При изучении фазообразования материала состава Ti-Al-C при СВС методом времяразрешающей рентгеновской дифракции были установлены основные закономерности для материалов на основе МАХ-фазы системы Ti-Al-C в различных средах в режиме реального времени. Полученные результаты создают основу для управления фазовым составом конечного продукта при постоянном составе исходной шихты и обеспечивают формирование в нем требуемой МАХ-фазы.

При исследовании процесса получения компактных длинномерных цилиндрических образцов было осуществлено математическое моделирование этапа СВС-экструзии, в результате чего были даны рекомендации по оптимальным технологическим режимам её осуществления. Далее методом свободного СВС-сжатия определены характеристики формуемости синтезированных материалов в зависимости от времени задержки после синтеза и состава. Измерены скорость и температура горения систем Ti-Al-C для различных стехиометрических соотношений.

Полученные результаты явились основой для разработки технологического процесса СВС-экструзии объемных длинномерных изделий.

В результате автором разработаны технологические приемы, которые позволили получить длинномерные изделия на основе МАХ-фазы диаметром до 10 мм. Определены оптимальные технологические параметры получения длинномерных изделий методом СВС-экструзии: время задержки, давление прессования, скорость перемещения плунжера пресса, температура предварительного нагрева, время выдержки под давлением. Изучено влияние состава исходной смеси на качество получаемых образцов. Экспериментально показано, что методом СВС-экструзии возможно получить компактные длинномерные изделия на основе различных МАХ-фаз без дефектной поверхности.

В качестве достоинства экспериментальной части диссертации следует отметить прекрасное рентгенофазовое и металлографическое сопровождение на различных этапах разработки.

Основная научная новизна работы состоит в установлении закономерностей фазообразования системы Ti-Al-C в режиме высокотемпературного синтеза в различных средах. Показано, что при СВС на воздухе вначале происходит формирование карбидных зерен TiC и интерметаллидных зерен TiAl, а фаза Ti₂AlC формируется во время охлаждения образца через 15 секунд после прохождения волны горения. При горении в среде с высокой теплопроводностью образование МАХ-фазы происходит без формирования промежуточных фаз.

Практическая значимость работы состоит в разработке автором технологического процесса СВС-экструзии длинномерных стержней из материалов на основе МАХ-фазы системы Ti-Al-C. Получены опытные образцы электродов на основе МАХ-фазы системы Ti-Al-C, которые прошли апробацию на предприятии ООО «Объединенная Компания РУСАЛ Инженерно-технологический центр» и были признаны перспективными для использования.

Достоверность и обоснованность диссертационной работы обусловлена наличием значительного количества экспериментальных данных,

использованием современных, взаимодополняющих аттестованных физико-химических методов и методик при исследовании микроструктуры и свойств полученных материалов и готовых изделий на их основе, а также сопоставлением полученных результатов с результатами других авторов в России и за рубежом.

Замечания по работе:

1. Не рассмотрено влияние давления прессования заготовок под СВС-экструзию на процесс её прохождения, хотя от плотности заготовок может зависеть интенсивность протекания реакций. Какое давление прессование в итоге было использовано в диссертации, не указано.

2. В разделе 4.3 «Изучение формуемости систем Ti – Al – C» (стр.92) также не приводятся сведения о давлении прессования заготовок и их исходной плотности. В итоге, по всей видимости, сравнивается формуемость образцов разного состава в различном исходном состоянии. При этом рисунок 37, по которому автор судит о формуемости, озаглавлен как «Результаты оценки времени живучести...».

3. Однородность структуры и свойств полученных материалов проиллюстрирована одним рисунком 63 (стр.119) и значениями микротвердости нескольких образцов. Для доказательной количественной оценки однородности следовало бы провести статистическую оценку замеров по нескольким полям структуры из различных участков по длине СВС-электрода.

4. Название главы 4 - Фундаментальные аспекты разработки процесса получения компактных длинномерных образцов... – представляется неудачным т.к. касается конкретного изделия и ограничено кратким исследованием 2-х экспериментальных задач.

Сделанные замечания не снижают общей высокой оценки диссертации.

Заключение

В целом представленная диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно - квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные технические и технологические решения по получению компактных


материалов на основе МАХ-фазы системы Ti-Al-C методом СВС-экструзии, для использования в качестве электродов при электролизе алюминия.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли хорошую апробацию на 12 научно-технических конференциях, опубликованы в 4 печатных работах в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

По научному уровню полученным результатам, содержанию и оформлению представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор Аверичев Олег Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.17 - Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Профессор кафедры Материаловедения и технологии обработки материалов, д.т.н.

 (С.Д. Шляпин)

И.о.начальника отдела УДС МАИ

Т.А. Аникина





Шляпин Сергей Дмитриевич,

Доктор технических наук, специальность 05.16.06 – «Порошковая металлургия и композиционные материалы», профессор кафедры Материаловедения и технологии обработки материалов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Адрес: 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, А-80, ГСП-3.

Тел.: 8(916) 686-92-62. E-mail: sshliapin@yandex.ru