

Отзыв официального оппонента

на диссертацию Аверичева Олега Андреевича
**«СВС-экструзия длинномерных изделий из материалов
на основе МАХ-фазы в системе Ti-Al-C»,**

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

Актуальность темы

Задача получения новых материалов с уникальными свойствами является в настоящее время весьма актуальной в связи с активной разработкой современных эффективных и низкочастотных промышленных технологий. Одна из проблем – получение коррозионноустойчивых жаропрочных материалов, обладающих высокой электропроводностью, для электролизных процессов, в частности для алюминиевой промышленности.

В качестве перспективных материалов для подобного многофункционального высокотемпературного применения рассматриваются материалы на основе МАХ-фазы, то есть термодинамически стабильных слоистых тройных карбидов и нитридов. Благодаря уникальной комбинации металлических и керамических свойств (электро- и теплопроводность, окислительная и коррозионная устойчивость, термическая стойкость) эти материалы имеют огромный потенциал и могут заменить традиционные (металлы или керамику) в тех отраслях, где последние ограничиваются своим применением из-за невысокой окислительной стойкости, хрупкости или низких механических характеристик при повышенных температурах.

Однако, те же самые уникальные свойства материалов на основе МАХ-фазы обуславливают и проблемы получения готовых изделий из них. Диссертационная работа Аверичева О.А. посвящена разработке технологического процесса получения готовых изделий из материалов на основе МАХ-фазы, что в настоящее время остается узловым моментом внедрения многих перспективных технологий. Во главу угла работы автор поставил именно технологическую задачу, решение которой потребовало, в том числе, фундаментальных исследований. Успешное решение этой задачи позволит не только значительно снизить энергозатраты и себестоимость некоторых промышленных процессов, но и уменьшить выбросы вредных веществ в атмосферу, а значит, снизить нагрузку на окружающую среду.

Оценка новизны и достоверности полученных результатов

Достоверность полученных результатов, представленных в настоящей диссертации, не вызывают сомнений, поскольку подкрепляются большим массивом экспериментальных данных, а также использованием взаимодополняющих современных точных методик физико-химических исследований.

Новизна научных результатов диссертационной работы обусловлена тем фактом, что используемый автором метод СВС-экструзии является уникальным, только начинает применяться в промышленности, и приоритет исследований коллектива сотрудников ИСМАН в этом направлении неоспорим.

Среди новых научных результатов диссертационной работы О.А. Аверичева можно упомянуть следующие достижения:

- Исследованы основные характеристики формуемости для материалов на основе МАХ фазы составов $2\text{Ti}-1,5\text{Al}-1\text{C}$, $3\text{Ti}-2\text{Al}-1\text{C}$, $3\text{Ti}-2,3\text{Al}-2\text{C}$, $3\text{Ti}-1\text{Al}-2\text{C}$ на основе метода свободного СВС-сжатия. Исследованы кинетические характеристики горения этих систем.
- Методом СВС-экструзии впервые получены электроды диаметром до 10 мм и длиной 100 мм с однородной структурой и без видимых дефектов из материалов на основе МАХ-фазы. Результаты получены благодаря анализу протекающих процессов и оптимизации условий СВС-экструзии.
- Впервые проведена апробация электродов на основе $\text{Ti}-\text{Al}-\text{C}$, полученных методом СВС-экструзии, в качестве наплавочных при различных токах и режимах нанесения покрытий. Показана перспективность полученных покрытий.

Практическая значимость диссертационной работы

Практическая ценность работы заключается в разработке лабораторного процесса и оптимизации производства компактных длинномерных изделий на основе системы $\text{Ti}-\text{Al}-\text{C}$ методом СВС-экструзии. Полученные образцы могут содержать до 90% МАХ-фазы в готовом продукте, и потенциально способны работать в качестве нерасходуемых электродов при процессах электролиза в агрессивных средах при высокой температуре.

Полученные образцы прошли апробацию на предприятии ООО «Русал ИТЦ», в результате которой установлена перспективность материалов, в состав которых входит МАХ-фаза Ti_2AlC и Ti_3AlC_2 . Результаты апробации подтверждены Актом использования результатов диссертационной работы, являющимся приложением к диссертации.

Оценка содержания и оформления диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, шести глав, выводов, списка литературы, включающего 144 наименования, и приложения. Общий объем работы 155 страниц с иллюстрациями и таблицами.

Во введении обсуждается актуальность темы, формулируется цель диссертации, обосновывается научная новизна и практическая ценность. Кроме того, приведено краткое описание всей работы.

В первой главе выполнен обзор и анализ литературы, посвященной современному состоянию проблемы получения и эксплуатации электродов при процессах электролиза алюминия. Автором описаны направления работ, по которым ведется поиск электродных материалов. Также рассмотрены основные свойства таких материалов, их достоинства и недостатки. Анализ литературы выполнен на высоком уровне, позволяет уяснить позицию представленной в диссертации работы среди похожих исследований и оценить востребованность выполненных диссертантом работ.

Во второй главе излагается методика проведения экспериментов на всех этапах диссертационной работы. Приведена общая схема СВС-экструзии, даны габаритные размеры используемой прессовой оснастки и ее технологические особенности. Общим планом описаны используемые методики физико-химических исследований полученных образцов. Особое внимание уделено серии экспериментов по СВС-экструзии длинномерных изделий различных составов.

Третья глава посвящена изучению эволюции процессов фазообразования МАХ-фаз в режиме СВС в различных средах синтеза – на воздухе и в гелии. Показаны различия в дисперсности и морфологии зерен в зависимости от условий теплоотвода.

Четвертая глава посвящена научным аспектам разработки процесса СВС-экструзии длинномерных электродов на основе МАХ-фазы. Использовано математическое моделирование для оценки оптимальных условий получения длинномерных изделий. Проведены экспериментальные исследования термодинамических характеристик горения материалов в режиме СВС, в результате чего получены важные зависимости характеристик синтеза от условий его проведения и исходного состава заготовок, которые использовались в дальнейших экспериментах.

Пятая глава посвящена технологическому процессу СВС-экструзии, нахождению оптимальных технологических параметров, изучению свойств полученных образцов по основным требуемым показателям в области их потенциального применения. Автором показано, что применяемый им технологический метод СВС-экструзии позволяет получать и материал, и изделия в едином технологическом цикле. Особенностью данной диссертационной работы является наличие взаимосвязи в исследованиях свойств материалов с характеристиками процесса формования изделий в конечный продукт. Автор представил результаты исследований с применением разнообразных инструментальных методов, как общеизвестных, так и узкоспецифических.

Шестая глава посвящена апробации полученных методом СВС-экструзии электродов на основе МАХ-фазы в различных областях применения. Приведены результаты испытаний образцов в качестве наплавочных электродов при различных токах нанесения. Показана перспективность полученных длинномерных изделий на основе МАХ-фазы в качестве нерасходуемых электродов при процессах электролиза алюминия.

Достижения автора диссертации, представленные в настоящей работе, являются значительным вкладом в исследования, направленные на разработку новых технологий изготовления длинномерных изделий многофункционального применения из материалов, обладающих уникальными свойствами – высокой окислительной и коррозионной устойчивостью и термической стойкостью с одновременной высокой электро- и теплопроводностью.

Основные результаты диссертации О.А. Аверичева апробированы на 11 международных научных конференциях и представлены в 4 публикациях, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ. Необходимо особо отметить, что О.А. Аверичев является соавтором двух патентов, полученных по результатам работы.

Автореферат достаточно полно и точно отражает содержание и результаты диссертации. Оформление работы отвечает требованиям, предъявляемым к диссертации.

Замечания по диссертационной работе

Несмотря на то, что представленная диссертационная работа выполнена на высоком уровне и результаты имеют высокую научную и практическую ценность, можно отметить ряд мелких недостатков, в частности:

1. Подписи к рисункам иногда малоинформативные, и объяснения приходится искать по тексту диссертации, например, рис. 15 (стр.59), рис. 18 (стр. 63).
2. Рис. 19 состоит из трех частей (а, б, в). В подписи они присутствуют, а на самом рисунке не обозначены.
3. На Рис. 45 (стр. 102) на осях графика отсутствуют единицы измерения.
4. На стр. 88 утверждается и обосновывается существование оптимума скорости перемещения плунжера, что явно основано на предыдущем опыте авторов метода. Однако никакой ссылки не приведено.
5. Из-за конфиденциальности некоторых данных (по требованиям заказчика) результаты апробирования электродов представлены очень скудно, хотя перспективность их отмечена. Кроме того, в процессе исследований были установлены оптимальные параметры СВС экструзии, но эти параметры не указаны в связи с теми же требованиями конфиденциальности.
6. Присутствует небольшая неаккуратность в оформлении, в частности: сквозная нумерация заголовков разного уровня в оглавлении, в оформлении списка литературы не везде точно соблюден ГОСТ.
7. Есть и опечатки, например, на стр. 53 «экзотерическую» вместо «экзотермическую», на стр. 15 «окисляют ион кислорода» вместо «окисляются ионом кислорода». И еще такая опечатка: «Являясь

гибридом между металлами и керамикой, ученые справедливо ожидают получить хорошую электропроводность ...»...

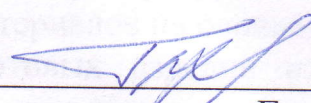
Отмеченные недостатки, в основном, относятся к оформлению работы, не мешают восприятию материала и не снижают ценности представленных данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа О.А. Аверичева является самостоятельной, завершенной научно-квалифицированной работой, в которой изложено новое научно обоснованное, технологическое решение задачи получения длинномерных коррозионностойких жаропрочных изделий многофункционального применения с высокой электропроводностью, имеющей важное значение для развития электролизной промышленности, в частности, для процессов электролиза алюминия и электродуговой наплавки. Автором изучены технологические приемы и подходы, позволяющие производить изделия на основе МАХ-фазы системы Ti-Al-C в виде длинномерных образцов диаметром 10 мм и длиной более 100 мм. Основные результаты работы опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК. Эти работы известны специалистам и неоднократно обсуждались на научных российских и международных конференциях.

Диссертация отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Аверичев Олег Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.07 – химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

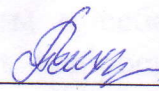
Официальный оппонент,
д.ф.-м.н., заведующий Лабораторией
фильтрационного горения ФГБУН Институт
проблем химической физики Российской
академии наук


Глазов
Сергей Владимирович

Подпись Глазова С.В. заверяю

д.ф.-м.н., ученый секретарь ФГБУН Институт
проблем химической физики Российской
академии наук




Психа
Борис Львович

Адрес: 142432 Россия, Московская обл., г. Черноголовка,
ул. Академика Семенова, д.1.,
тел.: 8(49652) 2-13-02, e-mail: glazov@icp.ac.ru