

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор по науке,
д.т.н., профессор



Еникеев Р.Д.

«27» октября 2022 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет» на диссертационную работу **Жидович Александры Олеговны** «СВС-экструзия электродов из тугоплавких материалов на основе диборида титана и их применения для получения защитных покрытий методом электродуговой наплавки», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

1.3.17. «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества»

Актуальность темы диссертации

На сегодняшний день актуальной задачей является повышение эксплуатационного ресурса различных деталей машиностроительной и сельскохозяйственной техники путем электродуговой наплавки на их поверхности защитных покрытий. В связи с этим востребованным направлением является разработка электродов, отвечающих высоким требованиям, предъявляемым к характеристикам наплавленной поверхности деталей различного назначения. Керамические и металлокерамические материалы относятся к наиболее перспективным материалам для износостойкой наплавки. Поскольку диборид титана обладает высокими физико-механическими характеристиками, термодинамической стабильностью и стойкостью в расплавах сталей, материалы на его основе являются перспективными для создания износостойких покрытий на поверхности стальных деталей.

Современным энергоэффективным методом получения компактных электродов является метод СВС-экструзии, значительно упрощающий и ускоряющий до нескольких минут процесс получения тугоплавких материалов и изделий из них. К одному из основных преимуществ данного метода относится то, что при получении СВС-электродов синтез тугоплавких соединений осуществляется непосредственно в металлической матрице, в получаемом

композиционном продукте формируется однородная структура. Это позволяет получать покрытия с упрочняющей фазой, распределенной по наплавленному слою, что в свою очередь положительно сказывается на эксплуатационном ресурсе деталей.

В связи с вышеизложенным, актуальность диссертационной работы Жидович Александры Олеговны, посвященной получению методом СВС-экструзии электродов из тугоплавких материалов на основе диборида титана и их применению для получения защитных покрытий методом электродуговой наплавки, не вызывает сомнения.

Актуальность работы подтверждается, в частности, ее успешным выполнением в рамках проекта РФФИ № 19-38-90048 Аспиранты «СВС-экструзия электродов из тугоплавких материалов и их применение для получения защитных покрытий методов электродуговой наплавки».

Общая характеристика работы.

Диссертация Жидович А.О. посвящена исследованию закономерностей получения методом СВС-экструзии наплавочных СВС-электродов с тугоплавкой износостойкой составляющей диборида титана и созданию защитных покрытий на стальной поверхности полученными СВС-электродами методом электродуговой наплавки. Полученные результаты представляют большой интерес и имеют, как фундаментальное значение для понимания механизма структуро- и фазообразования материала электродов для наплавки на основе диборида титана, так и прикладное, заключающееся в применении СВС-электродов для нанесения износостойких покрытий на стальные поверхности, работающие в условиях абразивного изнашивания.

В диссертационной работе исследованы процессы фазообразования материала состава $Ti+2B+0,9Co$ в процессе самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Изучено влияние времени задержки на формуемость, фазо- и структурообразование синтезируемого материала в условиях свободного СВС-сжатия.

Проведены численные исследования, направленные на установление рациональных режимов прямого получения СВС-электродов по известным математическим моделям СВС-экструзии длинномерных образцов. Исследованы микроструктуры и физико-механические свойства, полученных СВС-электродов.

Проведены исследования по изучению особенностей формирования наплавленного слоя на стальных подложках при электродуговой наплавке в защитной атмосфере аргона СВС-электродами исходного состава $Ti+2B+0,9Co$ и $Ti+1,7B+0,6Fe$ и определены рациональные режимы электродуговой наплавки защитных покрытий.

Характеристика научной новизны

Наиболее важные и новые результаты диссертационной работы:

- исследованы закономерности фазо-, структурообразования материала на основе диборида титана, полученного из смеси состава $Ti+2B+0,9Co$ в условиях самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Установлено, что в результате СВС при охлаждении в материале образуется τ -фаза - двойной борид $Ti_3Co_{20}B_6$;

- экспериментально определены закономерности формуемости материала в зависимости от времени задержки. Установлено, что с увеличением времени задержки степень деформации в условиях свободного СВС-сжатия монотонно снижается;

- проведены численные исследования влияния технологических параметров, таких как время задержки и температура горения на длину получаемых методом СВС-экструзии электродов и определены рациональные режимы их получения;

- экспериментально показана возможность получения компактных электродов из смеси состава $Ti+2B+0,9Co$ методом СВС-экструзии длиной 150 мм с однородной структурой по всему объему;

- изучены закономерности формирования покрытий при электродуговой наплавке СВС-электродами на стальную подложку в атмосфере аргона. Установлено, что для микроструктуры наплавленных слоев характерно зональное строение, формируется переходная зона, упрочняющие частицы диборида титана при наплавке переносятся в покрытие, а на равномерность их распределения оказывает влияние режим наплавки (сила сварочного тока).

Практическая значимость работы

- определены рациональные технологические режимы СВС-экструзии для получения наплавочных СВС-электродов из материалов системы $Ti-B-Co$ исходного состава $Ti+2B+0,9Co$;

- методом электродуговой наплавки с использованием полученных СВС-электродов $Ti+2B+0,9Co$ и $Ti+1,7B+0,6Fe$ на стальные подложки нанесены защитные покрытия толщиной 2-3,5 мм. Определены рациональные режимы наплавки; - установлено, что наплавка СВС-электродами приводит к повышению микротвердости рабочей поверхности деталей в 2-3 раза, износостойкости – в 3 и более раз, снижению коэффициента трения в 4-5 раз по сравнению со стальной поверхностью;

- разработан новый способ получения электродов на основе композиционного материала системы $Ti-B-Co$ (получен Патент РФ на изобретение № 2779580 от 09.09.2022);

- установлено, что наплавка по разработанным режимам СВС-электродами $Ti+2B+0,9Co$ на рабочие поверхности зубьев ковшей экскаваторов увеличивает их ресурс в 2,6 раза по сравнению с деталями, используемыми серийно.

Достоверность полученных результатов диссертационной работы обеспечена значительным количеством экспериментальных данных, применением современных взаимодополняющих аттестованных физико-химических методов и методик при исследовании микроструктуры и физико-механических свойств полученных материалов и изделий на их основе, а также практическим использованием полученных результатов эксплуатационных исследований покрытий, сформированных ЭДН в атмосфере аргона металлокерамическими СВС-электродами на Стали 45 и зубьях малогабаритных ковшей.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, апробированы на 7 научно-технических конференциях, опубликованы в 12 печатных работах, в том числе в 5 статьях в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК, включенных в международные системы цитирования, получен 1 патент РФ. Результаты диссертационной работы могут быть использованы в различных областях машиностроения для создания защитных покрытий на деталях, работающих в условиях интенсивного износа.

Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации.

По работе можно сделать следующие замечания:

1) В работе сказано, что матрица СВС-электродов представлена т-фазой ($Ti_3Co_{20}B_6$). Однако по результатам энергодисперсионного анализа, представленным на рисунке 33, матрица состоит из кобальта (91 масс. %) и титана (9,0 масс. %). На основании чего автор делает вывод о составе матрицы СВС-электродов?

2) В диссертации приведены результаты исследований по использованию СВС-электродов в качестве присадочного материала при наплавке, но не приведено обоснование, почему использовалась схема именно с присадочным электродом.

3) В диссертации на рисунке 13 не дано пояснение о значении символов T , V , D , τ_z .

4) На странице 69 в тексте «На результаты численных исследований, представленных на рисунке 22, ...» ошибочно приведена ссылка на рисунок. Вероятно, речь идет о рисунке 23.

Следует отметить, что сделанные замечания не снижают научной и практической значимости диссертационной работы и ее общей высокой оценки.

Диссертация Жидович Александры Олеговны представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, выполненную на высоком научном и методическом уровне, а указанные замечания не снижают ее ценности и значимости. Выводы диссертации являются полными, логичными и обоснованными. Автореферат полностью отражает содержание диссертации. Материалы диссертационной работы опубликованы в виде 5 статей в журналах,

рекомендованных ВАК РФ, в том числе в статье, опубликованной в журнале Q1. По результатам исследования получен патент РФ.

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.3.17 «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества», а область исследований соответствует следующим пунктам паспорта специальности:

- пункт 1 «...механизмы химического превращения, ...экспериментальные методы исследования химической структуры...»;
- пункт 1 «...поведение веществ и структурно-фазовые переходы в экстремальных условиях - в условиях статического и динамического сжатия...»;
- пункт 5 «...процессы горения и взрывчатого превращения в устройствах и аппаратах для получения веществ и продуктов; управление процессами горения и взрывчатого превращения».

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, Жидович Александра Олеговна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.17 «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества».

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», протокол № 7 от 27 октября 2022 года. На заседании присутствовало 32 НПР, из них 3 доктора наук. Результаты голосования: «за» – 32, против – нет, воздержавшихся – нет.

Заведующий кафедрой
«Технология машиностроения»

д.т.н., доцент

Рамазанов Камиль Нуруллаевич

Е-mail: ramazanov.kn@ugatu.su

Тел: + 7 908-350-21-83

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет»

450008, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. К. Маркса, д. 12

Электронная почта: info@ugatu.su, Адрес в сети интернет: <https://www.ugatu.su>

Телефон: + 7 (908) 350-35-82