

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Болоцкой Анастасии Вадимовны «СВС-экструзия керамических материалов на основе боридов титана с использованием модифицирующих наноразмерных частиц нитридов алюминия и кремния», представленную 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 для увеличения ресурса работы инструмента и деталей машин, подвергающихся интенсивному износу, широко используется метод электроискрового легирования (ЭИЛ). Наиболее перспективным направлением для получения материалов и изделий для ЭИЛ из широкой гаммы тугоплавких соединений, в том числе керамических с наноразмерной структурой, является технология СВС – экструзии, которая позволяет за десятки секунд в одну технологическую стадию получать готовые электроды.

Востребованными, в частности, материалами для изготовления электродов для ЭИЛ являются бориды титана, которые имеют высокие показатели твердости.

В связи с этим, диссертационная работа Болоцкой А.В., посвященная исследованию влияния добавок в исходную шихту наноразмерных частиц нитридов алюминия и кремния на процессы структуро- и фазообразования материалов на основе боридов титана, получаемых методом СВС-экструзии, представляется актуальной как с научной, так и с практической точек зрения.

Актуальность работы также подтверждается выполнением её в рамках проектов: программы У.М.Н.И.К. 13212ГУ/2018 и 2-х Грантов РФФИ № 17-38-50135 и № 16-08-00826_а.

Оценка содержания диссертационной работы

Диссертация Болоцкой А.В. состоит из введения, пяти глав, общих результатов и выводов по работе, списка литературы из 140 актуальных источников и приложения. Объем диссертационной работы составляет 150 страниц.

В методическом плане работа четко структурирована и содержит все необходимые для диссертации элементы. Представлен широкий спектр современных методик исследования структуры и свойств материалов (более 10), а также высокотехнологичного оборудования для их получения. В результате получен большой объем разнообразных экспериментальных данных для достижения поставленной в работе цели.

В частности, в работе были исследованы закономерности фазообразования систем $Ti - B - Fe$, $(Ti - B - Fe) + 5 \text{ масс.}\% AlN$, $Ti - B$, $(Ti - B) + 5 \text{ масс.}\% Si_3N_4$ в режиме СВС в среде гелия. Установлена стадийность процессов фазо- и структурообразования в режиме СВС.

Впервые изучено влияние добавок в исходную шихту наноразмерных частиц нитридов (AlN , Si_3N_4) на характеристики горения. Определены концентрационные пределы содержания наноразмерных частиц нитридов алюминия и кремния в исходной шихте исследуемых систем при горении в режиме СВС. Далее были отработаны режимы СВС – экструзии, позволяющие получать керамические длинномерные стержни диаметром 3-5 мм длиной до 270 мм с использованием наноразмерных частиц нитридов алюминия и кремния. Установлено, что введение в исходную шихту состава $Ti - B$ наноразмерных частиц нитридов алюминия и кремния при СВС-экструзии приводит к измельчению структурных составляющих в экструдированных материалах до 10 раз, что способствует повышению их микротвердости до 2,5 раз, твердости до 1,5 раза по сравнению с материалами, полученными без введения наночастиц.

Изучен фазовый состав и микроструктура материалов, полученных методом СВС-экструзии. Доказано, что равномерность распределения структурных и фазовых составляющих по всей длине и объему материалов. Впервые изучены закономерности формирования легированного слоя в процессе ЭИЛ полученными СВС-электродными материалами, а также оптимизированы технологические режимы ЭИЛ. Установлено, что износостойкость покрытий повышается до 8 раз, а участок приработки покрытий, нанесенных модифицированными СВС-электродами, сокращается

в 2,3 раза в сравнении с покрытиями, нанесенными немодифицированным СВС-электродом.

Таким образом, в диссертации Болоцкой А.В. представлена логичная и завершенная цепочка исследования, включающая в себя изучение механизмов фазообразования в материалах, синтез материалов, получение готового изделия в виде электрода для ЭИЛ и применение его для нанесения защитных покрытий на металлические подложки.

Представленные в работе результаты показали возможность получения керамических материалов с повышенными физико-механическими характеристиками за одну технологическую стадию, минуя ряд трудностей связанных с изготовлением таких материалов традиционными методами.

Основная научная новизна работы состоит в установлении закономерностей процессов фазообразования и структурообразования изученных систем и формирования легированного слоя в процессе электроискрового легирования полученными материалами.

Практическая значимость работы состоит в разработке:

- нового способа изготовления материалов на основе Ti-B-Fe, модифицированных наноразмерными частицами AlN (патент РФ на изобретение № 2737185 от 20.02.2020 г);
- оптимальных параметров СВС-экструзии для получения длинномерных керамических стержней на основе боридов титана диаметром 3-5 мм длиной до 270 мм при использовании наноразмерных частиц нитридов алюминия и кремния;
- защитных покрытий полученными материалами на стали Р6М5, которые показали повышение износостойкости до 8 раз.

Достоверность и обоснованность диссертационной работы подтверждается использованием современных, взаимодополняющих аттестованных физико-химических методов и свойств полученных материалов и готовых изделий на их основе.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли хорошую апробацию на 12 научных конференциях, опубликованы в 5 статьях

в реферируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК, базы данных РИНЦ, Web of Science и Scopus, получен 1 патент РФ на изобретение.

Замечания по работе:

1. Цель работы хотелось бы видеть более лаконичной. В существующем виде она представляется громоздкой. После слов «...СВС-экструзии,» можно было бы оставить «... и их практического применения»;

2. Во введении и в конце литературного обзора дважды представлены цель и задачи работы, что излишне;

3. При формулировке научной новизны следовало бы вначале обозначить, что «Впервые изучено...», а не повторять это в 4-х пунктах новизны.

Не все пункты научной новизны в достаточной степени раскрыты. Так, в пункте 1 новизны констатируется, что «...добавление в исходную шихту наноразмерных частиц нитрида кремния до 5 масс.% приводит к повышению температуры горения», а «...частиц нитрида алюминия, в исходной шихте, приводит к существенному снижению характеристик горения». Научное объяснение этому в работе есть, но в научной новизне оно не представлено.

4. В главе 5 изучается процесс нанесения покрытий методом ЭИЛ электродами состава (Ti-B-Fe)+nмасс.%AlN на подложку из стали Р6М5. С чем связан выбор этого материала подложки и проводилось ли нанесение подобных покрытий на подложки из других материалов?

Сделанные замечания не влияют на положительную в целом оценку диссертационной работы. Работа выполнена на высоком научном уровне. Цели и задачи диссертационной работы достигнуты, работа имеет научную и практическую значимость, а положения, выносимые на защиту, экспериментально доказаны.

Заключение

Учитывая актуальность и новизну полученных результатов, считаю, что диссертационная работа Болоцкой Анастасии Вадимовны выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой решены научные и

технологические вопросы СВС-экструзии керамических материалов на основе боридов титана с использованием модифицирующих наноразмерных частиц нитридов алюминия и кремния. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

По научному уровню, полученным результатам и содержанию диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Болоцкая Анастасия Вадимовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.17 – «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества».

Официальный оппонент

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



Шляпин Сергей Дмитриевич
«04» июня 2022 г.

Подпись Шляпина Сергея Дмитриевича удостоверяю



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