

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 работы

Композиционные материалы и сплавы на основе боридов титана имеют широкое практическое применение в качестве функциональных материалов для создания износостойких и жаростойких покрытий на изделиях различного назначения, которые применяются в авиационной технике, ракетостроении и автомобильной промышленности. Получение материалов на основе боридов титана традиционными методами литья или порошковой металлургии связано с рядом недостатков, связанных с остаточной пористостью, минимальной пластичностью, сложностью технологического оборудования, низкой производительностью и высокой стоимостью изготовления композиционного материала. Повышение физико-механических свойств материалов на основе боридов титана является актуальным направлением исследований, связанных с комплексным изучением различных факторов. Разработка таких материалов методом СВС-экструзии является перспективным, т.к. позволяет реализовывать прямое получение изделий из тугоплавких порошков за одну стадию. Таким образом актуальность диссертационной работы не вызывает сомнений.

Содержание работы

Общий объем диссертационной работы составляет 150 страниц, и включает в себя 5 глав, выводы, список литературы, приложение и библиографию из 140 наименований. Работа содержит 75 рисунков, 16 таблиц.

Первая глава посвящена изучению современной отечественной и зарубежной литературы по рассматриваемой проблеме. В ходе проведения анализа литературных данных была сформулирована цель работы и поставлены задачи для её достижения.

Вторая глава посвящена описанию методик, оборудованию и характеристикам материалов, используемых в работе. В качестве объектов исследования были выбраны 12 составов на основе боридов титана с использованием наноразмерных частиц нитридов алюминия и кремния. Исследования композиционных материалов и покрытий проводились на современном оборудовании и при помощи стандартных аттестованных методик.

В главе три автором проводилось исследование процесса фазообразования материалов на основе боридов титана с использованием наноразмерных частиц нитридов алюминия и кремния. На основе проведенных работ установлена стадийность процессов фазо- и структурообразования в режиме СВС для исследуемых составов.

Четвертая глава посвящена получению методом СВС–экструзии модифицированных наноразмерными частицами нитридов алюминия и кремния материалов на основе боридов титана. Изучено влияния содержания наноразмерных частиц нитридов алюминия и кремния на скорость и температуру горения изучаемых составов, исследованы и оптимизированы технологические режимы СВС–экструзии, получены стержни длиной до 270 мм диаметрами 3-5 мм. Установлено влияние добавления в исходную шихту наноразмерных частиц нитридов алюминия и кремния на структуру, фазовый состав и физико-механические характеристики получаемых композиционных материалов.

В пятой главе показана возможность применения получаемых материалов в качестве электродов для нанесения износостойких покрытий методом электроискрового легирования. Приведены результаты отработки технологических режимов нанесения электроискровых покрытий

полученными электродными материалами. Представлены результаты трибологических исследований полученных покрытий. Показана перспективность применения разрабатываемых электродных материалов.

В заключении приведены основные результаты и выводы по диссертационной работе.

Основная научная новизна

Новизна работы состоит в установлении закономерностей структуро- и фазообразования материалов на основе боридов титана с добавлением наноразмерных частиц нитридов алюминия и кремния в условиях, сочетающих горение и высокотемпературное сдвиговое деформирование, реализуемых в методе СВС-экструзия.

Достоверность результатов и новизна полученных результатов

Достоверность и обоснование полученных результатов и выводов, приведенных в работе Болоцкой А.В., подтверждаются значительным объемом экспериментальных данных, полученных на современном аналитическом оборудовании, и не вызывает сомнений.

Основными результатами работы являются:

1) Впервые исследованы закономерности процессов фазообразования систем Ti – В – Fe, (Ti –В – Fe) + 5 масс.% AlN, Ti – В, (Ti – В) + 5 масс.% Si₃N₄ в режиме СВС в среде гелия. Установлена стадийность процессов фазо- и структурообразования в волне горения в режиме СВС.

2) Исследование процесса СВС в режиме горения при совмещении с высокотемпературным сдвиговым деформированием, для получения стержней на основе боридов титана с использованием модифицирующих наноразмерных частиц нитридов. Показано, что использование наноразмерных частиц нитридов алюминия и кремния приводит к существенному измельчению структурных составляющих в экструдированных материалах и повышению их механических характеристик.

3) Показана принципиальная возможность применения полученных стержней в качестве электродов для электроискрового легирования.

Установлены различия механических и трибологических свойств покрытий, полученных СВС-электродами с использованием наноразмерных частиц нитрида алюминия и без них.

По результатам работы опубликовано 5 статей в реферируемых научных журналах, входящих в Перечень ВАК, Web of Science и Scopus, 12 тезисов в сборниках трудов на российских и международных конференциях, получен 1 патент РФ на изобретение «Способ изготовления материалов на основе Ti–V–Fe, модифицированных наноразмерными частицами AlN».

Практическая значимость работы

Состоит в разработке нового способа изготовления материалов на основе Ti–V–Fe, модифицированных наноразмерными частицами AlN, отработке и оптимизации технологических и конструктивных параметров СВС-экструзии для получения цилиндрических стержней диаметрами 3-5 мм и длиной до 270 мм, а также в применении полученных материалов в качестве электродов для нанесения защитных покрытий методом электроискрового легирования.

Практическая значимость диссертационной работы также подтверждается тем, что по ее результатам получен патент РФ на изобретение № 2737185 от 20.02.2020 г. «Способ изготовления материалов на основе Ti–V–Fe, модифицированных наноразмерными частицами AlN».

Замечания по работе

1) В главе 4 на рис. 27, 36 и 45 приведены зависимости длины экструдированных стержней от времени задержки перед приложением давления. Представленные зависимости носят немонотонный характер для каждого конкретного состава, но при этом не приведены пояснения с чем это связано. Следовало бы такие пояснения в работе представить.

2) Для изучения равномерности распределения структурных составляющих (по длине и объёму материала) (рис. 31) автором проводился СЭМ анализ в центре, середине и с краю поперечных шлифов для системы Ti–V–Fe с добавками наноразмерных частиц и без добавок, но в диссертации не

приведены результаты по другой изучаемой системе на основе Ti-B. Проводились ли такие исследования и каковы их результаты?

3) В работе говорится о наноразмерных частицах, но при этом СЭМ изображений нет. Проводились такие исследования?

4) Почему именно такие добавки AlN в Ti-B-Fe были взяты? С чем связано снижение твердости при добавлении более 10 % AlN?

5) В главе 5 представлены зависимости суммарной эрозии анода и суммарного привеса катода от удельного времени легирования для энергии разряда 0,1 и 0,6 Дж. Необходимо было пояснить с чем связан выбор именно этих режимов ЭИЛ.

6) На рисунке 41 (в) отмечены области энергодисперсионного анализа с точками 1,2,3,6,9, 11, 12, 13, 14, а в таблице показаны только 1, 2, 6, 12, и 13. С чем это связано?

7) В таблицах по определению физико-механических характеристик не показан интервал погрешности? Какое количество образцов на одну точку бралось для исследований?

8) Общее замечание к оформлению рисунков. На рис. 32 б, 50, 51, 52 (а, б), 75 надписи сделаны малым шрифтом, на рис. 55, 58, 63, 68, 75 масштабные маркеры плохо читаемы, что затрудняет понимание приведенных результатов.

Сделанные замечания не снижают научную и практическую значимость полученных результатов, а носят уточняющий, либо рекомендательный характер.

Заключение

Диссертационная работа Болоцкой Анастасии Вадимовны «СВС-экструзия керамических материалов на основе боридов титана с использованием модифицирующих наноразмерных частиц нитридов алюминия и кремния» выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу.

Автореферат и публикации в научных изданиях подробно отражают содержание диссертационной работы. Выводы диссертации являются полными, логичными и обоснованными.

Диссертация Болоцкой А.В. представляет научно-квалификационную работу, которая полностью удовлетворяет Положению о присуждении ученых степеней, утвержденному постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842 (п. 9), 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».

Севостьянов Михаил Анатольевич, ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, +7(916)619-21-39.

Ведущий научный сотрудник ИМЕТ РАН

к.т.н.



М.А. Севостьянов

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук (ИМЕТ РАН),

Адрес: 119334, г. Москва, Ленинский пр-кт, д. 49

Тел: +7(499)135-96-42, E-mail:cmakp@mail.ru.

Подпись М.А. Севостьянова удостоверяю

Ученый секретарь ИМЕТ РАН

к.т.н.



О.Н. Фомина

09.06.2022