

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации *Каченюка Максима Николаевича* на тему: «Формирование структуры и свойств керамических материалов на основе соединений титана, циркония, кремния при консолидации искровым плазменным спеканием», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по научной специальности 2.6.5 - Порошковая металлургия и композиционные материалы

Актуальность проблемы. Керамические карбидные и оксидные материалы, благодаря сочетанию высокой твердости, низкому удельному весу, коррозионной стойкости, износостойкости используются в различных отраслях промышленности. Разработка новых видов керамики, обладающих уникальными свойствами за счет сочетания различных фаз в композиционных материалах, является важной задачей материаловедения, решение которой позволило бы расширить области применения керамики, увеличить период эксплуатации машин и механизмов, работающих в жестких условиях. Поэтому выбранная автором тема диссертации, посвященная созданию износостойких композиционных керамических материалов на основе двойных и тройных соединений системы Ti-Si-C с прогнозируемым фазовым составом и свойствами, является актуальной.

Научная новизна. Одним из наиболее важных научных результатов является разработка тройной диаграммы фазовых состояний для системы «титан-кремний-углерод», позволяющая прогнозировать фазовый состав, достоверность которой подтверждена экспериментально для различных видов реакционного синтеза (спекание без давления, горячее прессование (ГП), искровое плазменное спекание (ИПС)).

Соискателем установлен факт образования карбосилицида титана в результате экзотермической лавинообразной реакции в системе Ti – SiC – C в процессе механоактивации и его механизм, а также пороговое значение энергонасыщенности для запуска реакции (555 Дж/кг, 2 ч).

На основе структурно-фазового анализа и кинетики уплотнения Каченюком М.Н. определен механизм формирования структуры при ИПС системы «Ti – SiC – C», включающий стадии формирования межчастичных контактов; диффузионное взаимодействие титана, кремния и углерода; полиморфное превращение кристаллической решетки титана; реакции образования карбосилицида титана.

Новым результатом является обнаруженное каталитическое влияние оксида алюминия в количестве 3-7 мас. % при температуре 1400 °C на синтез карбосилицида титана при ИПС.

Автором проведен сравнительный экспериментальный анализ закономерностей формирования фаз в системе «Ti – SiC – C» при различных видах консолидации (спекание, ИПС, ГП) и установлено, что формирование аналогичных фазовых составов при ИПС происходит на 100 градусов ниже, чем при ГП, что может быть связано с высокой скоростью нагрева и воздействием локальных температур прямого нагрева при ИПС.

Предложенная соискателем интерпретация экспериментальных результатов в виде физических моделей, связывающих фазовый состав, пористость и параметры реакционного синтеза фаз в условиях консолидации методами ГП и ИПС, также обладает научной новизной и ценностью.

Автором обнаружены заслуживающие внимания особенности формирования микроструктуры в оксиде титана после ИПС, заключающиеся в образовании ламеллярных слоистых элементов.

На основе установленных закономерностей разработана серия новых композиционных материалов «Ti – SiC – C», полученных методом ИПС, обладающих повышенной износостойкостью за счет высокой плотности, формирования карбидов и слоистых квазипластичных ламеллярных фаз, подавления синтеза силицидов по границам зерен.

Практическая значимость. Проведенные научные исследования можно характеризовать как научно обоснованные технические разработки, обеспечивающие решение прикладных задач, имеющих важное значение для развития страны, по получению износостойких композиционных материалов для эксплуатации в экстремальных условиях, с существенно более высокими свойствами по сравнению с аналогами. Практическая значимость подтверждена 9 патентами и актами испытаний.

Разработаны новые износостойкие материалы на основе карбида титана, полученные методами ИПС (патенты № 2610380, № 2372167), обладающие не менее чем в 10 раз большей износостойкостью по сравнению с карбидом кремния.

Получены методом ИПС износостойкие материалы на основе карбосилицида титана, обеспечивающие повышенные ресурс работы и более высокую производительность изготовления по сравнению с ГП, и разработаны технологические рекомендации для их производства (патент № 2638866).

Методом ИПС получены детали «Торцевое уплотнение» для торцевого уплотнения центробежных насосов системы охлаждения дизельного двигателя ДТ-50, разработана технологическая оснастка, технологические рекомендации для производства (лабораторный регламент, патент № 2639437), изделия успешно прошли эксплуатационные испытания в климатических условиях (акты испытаний).

Соискателем разработан способ получения композиционного керамического материала на основе карбосилицида титана методом ГП (патент № 2421534), позволяющий в 7-10 раз повысить ресурс работы пар трения по сравнению с карбидом кремния, полученного ГП.

Показана возможность использования карбосилицида титана для изготовления композиционных электродов-инструментов на основе меди для электроэрозионной обработки металлов с пониженным относительным электроэрозионным износом за счет хорошей электропроводности и капиллярной структуры карбосилицида титана.

Показана возможность использования ИПС для формирования градиентного материала системы "металл-керамика" и предложена его архитектура (патент РФ № 2766404). Разработанная технология обеспечивает формирование керамического теплозащитного слоя на жаропрочных сплавах.

Автором разработана и изготовлена установка ГП для проведения экспериментальных работ по исследованию влияния параметров консолидации на структуру и свойства керамических материалов на основе тугоплавких соединений.

Достоверность результатов и обоснованность выводов диссертационной работы обеспечена большим объемом эксперимента, выполненного с использованием нормативных документов, применением современных методик исследования и научного оборудования, согласованием результатов теоретических и экспериментальных исследований. Основные выводы не противоречат фундаментальным положениям порошковой металлургии и наук о материалах.

Представленная к защите работа прошла достаточную апробацию на научных конференциях, результаты опубликованы – 20 публикаций в периодических изданиях, рекомендованных ВАК, 19 публикаций в изданиях, входящих в Международные библиографические базы цитирования. Материалы диссертации в автореферате изложены логично и ясно.

Замечания:

1. Было бы целесообразно привести сравнение свойств полученных материалов с другими известными данными.

2. Из автореферата не ясно, каким образом были установлены механизмы формирования фазового состава материалов системы Ti-Si-C.

Представленная работа отвечает требованиям п. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней» (утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842), предъявляемым к диссертациям, представленным на соискание ученой степени доктора наук, и её автор, Каченюк Максим Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по научной специальности 2.6.5. - Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения
им. А.Г. Мержанова Российской академии наук (ИСМАН)
142432 Московская обл., г. Черноголовка, ул. Академика Осипьяна, д. 8
Телефон 8 (49652) 46376
E-mail: isman@ism.ac.ru

Директор, доктор технических наук
(05.16.06 – порошковая металлургия и композиционные материалы),
профессор, член-корреспондент РАН
Тел.: 8 (49652) 46376
E-mail: director@ism.ac.ru

07 февраля 2023 г.

Алымов Михаил Иванович

Даю свое согласие на обработку персональных данных и включение их в аттестационное дело Каченюка Максима Николаевича.

Алымов Михаил Иванович

Подпись Алымова М.И. заверяю

Ученый секретарь ИСМАН
к.т.н.

Петров Е.В.

