

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 темы. Представленная работа посвящена исследованию формирования фаз в соединениях титана, циркония, кремния, наиболее интересным и перспективным из которых является соединение со слоистой структурой - карбосилицид титана, относящийся к классу МАХ-фаз, обладающего рядом уникальных свойств по сравнению с большинством керамических материалов. Наряду с высокими прочностью и износостойкостью карбосилициду титана свойственна относительно высокая теплопроводность, электрическая проводимость. Кроме того, карбосилицид титана стоек к термоудару, в отличие от большинства хрупких твердых тел, и поддается механической обработке. Эти характеристики позволяют изготавливать из карбосилицида титана материалы для различного назначения – от триботехнических до электротехнических. Однако, технологии изготовления подобных материалов не всегда позволяют получить заданную структуру и свойства, поэтому тема диссертации актуальна, а методы решения поставленных задач с использованием прогрессивного метода искрового плазменного спекания (ИПС) и термодинамических расчетов, целесообразны.

Автором с помощью термодинамических расчетов и экспериментально исследовано взаимодействие в системе «титан-кремний-углерод», проанализированы закономерности фазовых превращений, изучены кинетика и механизм формирования структуры при подготовке порошков и консолидации их различными способами, определены связи между структурой и свойствами полученных материалов, а также влияния на них параметров синтеза.

Новизна результатов. Каченюком М.Н. получены новые научные и практические результаты. Впервые разработана тройная диаграмма фазовых состояний, позволяющая прогнозировать фазовый состав в системе «титан-кремний-углерод», достоверность которой подтверждена экспериментальными результатами формирования фазового состава при различных видах реакционного синтеза. Диаграмма доказывает узкую область концентраций, в которых может быть синтезирован карбосилицид титана. Новизна заключается в установлении механизма образования соединений в системе $Ti - SiC - C$ при механоактивации (МА), заключающимся в протекании экзотермической лавинообразной реакции при превышении порогового значения энергонасыщенности в 555 Дж/кг и установлена последовательность реакций синтеза карбосилицида и карбида

титана при МА. Впервые проведено сравнительное исследование структурно-фазового состава при синтезе карбосилицида титана методами спекания без приложения давления, искрового плазменного спекания и горячего прессования и установлена кинетика уплотнения, механизмы формирования структуры при искровом плазменном спекании системы «Ti – SiC – C», включающий стадии формирования межчастичных контактов; диффузионное взаимодействие титана, кремния и углерода; полиморфное превращение кристаллической решётки титана; реакции образования карбосилицида титана. Показано, что формирование аналогичных фазовых составов при ИПС происходит на 100 градусов ниже, чем при горячем прессовании, что связано с высокой скоростью нагрева и воздействием локальных температур прямого нагрева при ИПС. Предложены физические модели, связывающие фазовый состав, пористость и параметры реакционного синтеза фаз в условиях консолидации методами ГП и ИПС. Обнаружены особенности формирования микроструктуры в соединениях титана с кислородом при ИПС, заключающиеся в образовании ламеллярных элементов структуры нестехиометрического состава.

На основе установленных закономерностей разработаны новые композиционные материалы на основе карбида и карбосилицида титана, полученных методом ИПС, обладающих повышенной износостойкостью до 30 раз по сравнению с карбидом титана за счет высокой плотности, формирования карбидов и слоистых квазипластичных ламеллярных фаз, подавления синтеза силицидов по границам зерен.

Практическая значимость работы заключается в разработке установки для горячего прессования порошков керамики, технологической оснастки, разработке ряда технологий получения порошков системы «титан-кремний-углерод» и износостойких материалов из них. Материалы успешно испытаны в климатических условиях. Практическая значимость подтверждается 9 патентами и актами испытаний.

Достоверность результатов и обоснованность выводов диссертационной работы обеспечена большим объёмом эксперимента, выполненного с использованием нормативных документов, воспроизводимостью полученных экспериментальных данных, а также применением современного исследовательского оборудования, экспериментальной верификацией расчетов.

Представленная к защите работа прошла апробацию на научно-практических конференциях различного уровня, результаты опубликованы в научно-технических периодических изданиях, рекомендованных ВАК и входящих в Международные библиографические базы цитирования. Материалы диссертации в автореферате изложены логично и ясно.

Замечания:

1. Из автореферата не ясно, в каких условиях проводились триботехнические испытания износостойких материалов на основе карбосилицида и карбида титана.

2. В автореферате не указано, каким методом определяли трещиностойкость полученных материалов.

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, а её автор, Каченюк Максим Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по научной специальности 2.6.5. - Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Сведения о лице, подписавшем отзыв

Должность и подразделение профессор кафедры «Технологии производства приборов и информационных систем управления летательных аппаратов»

Ученая степень Доктор технических наук


Ученое звание Доцент

Шифр и название научной специальности, по которой защищена диссертация 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы

Тел.: +7 (916) 677-26-08

E-mail: bkrit@mail.ru

Дата «20» февраля 2023 г.


подпись Борис Львович (Крит Б.Л.)

Сведения об организации

Полное название организации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»


Адрес организации: 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4


Телефон/факс организации: +7 (499) 158-92-09

E-mail организации: mai@mai.ru

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


Подпись (Крит Б.Л.)


зам. нач


зам. зав. кафедрой
защиты