

О Т З Ы В

на автореферат диссертационной работы Каледина Алексея Владимировича
«Керамоматричные композиционные материалы на основе карбида кремния, тугоплавких металлов и их силицидов», представленной на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности
1.3.8 – Физика конденсированного состояния

Керамоматричные композиционные материалы на основе карбида кремния реализуют высокий уровень физико-механических свойств и стойкость к различным агрессивным средам. Это перспективный класс материалов, предназначенный для изготовления термонапряженных элементов конструкций, работающих в условиях циклических нагрузок.

Из-за высокой твердости SiC керамики механическая обработка заготовок деталей крайне трудоемка, поэтому наиболее рациональным методом получения изделий сложной геометрической формы является жидкофазное силицирование предварительно механически обработанных заготовок. Однако, в составе таких материалов присутствует остаточный свободный кремний, ограничивающий их применение в условиях щелочных сред и температур выше 1400 °С. Минимизация доли свободного кремния в керамоматричных композиционных материалах на основе SiC возможна за счет замещения его тугоплавкими, химически стойкими фазами, образующимися в процессе силицирования.

Следует также отметить, что SiC керамика обладает относительно высокой хрупкостью, обусловленной преобладанием в ней ковалентного типа химической связи. Для увеличения ресурса работы термонапряженных элементов конструкций из керамоматричных композитов на основе SiC, требуется увеличение трещиностойкости рассматриваемого класса материалов, которое возможно за счет введения в матрицу армирующих волокон на основе углерода и SiC.

В то же время проблема дефицитности армирующих волокон лимитирует их применение и актуализирует задачу поиска альтернативных материалов, применимых в качестве армирующих элементов для реакционносвязанной керамики на основе SiC.

Основное внимание в диссертационной работе Каледина А.В. уделено исследованиям по разработке способов получения методом жидкофазного силицирования изотропных композиционных материалов на основе SiC и MoSi₂, а также слоистых и непрерывно армированных молибденовой проволокой и фольгами из тугоплавких металлов керамоматричных композитов на основе SiC, и исследованию их свойств.

В литературе вопрос, посвященный способам получения керамоматричных композитов на основе SiC армированных тугоплавкими металлами изучен слабо.

С учетом вышеизложенного, **актуальность** выбранной соискателем темы не вызывает сомнений.

Научная новизна работы заключается в разработке способов получения изотропных композиционных материалов SiC-MoSi₂ со значением объемной доли свободного кремния в композите менее 3 об.%; слоистых композиционных материалов Me-MeSi₂-SiC на основе фольг тугоплавких металлов Ni, Nb, Mo; непрерывно армированных керамоматричных композиционных материалов Mo-SiC с армирующими элементами в виде молибденовой проволоки путем жидкофазного силицирования пористых металлоуглеродных заготовок и исследований их микроструктурных и физико-механических свойств.

В работе проведено исследование влияния высокотемпературной выдержки на структуру КМК Mo-SiC, проведено моделирование процесса изменения геометрических параметров цилиндрических армирующих элементов в КМК Mo-SiC под воздействием температуры и сопоставление расчетных значений с результатами экспериментов.

Достоверность проведенных исследований подтверждена большим числом экспериментальных данных и исследованием образцов керамических материалов.

Практическое значение работы определяется тем, что разработанные способы получения керамических композиционных материалов и армированных керамоматричных

композитов и проведенные исследования полученных материалов представляют собой основу для развития направления керамоматричных композиционных материалов, армированных металлами и их силицидами. В рамках работы разработана расчетно-экспериментальная методика оценки изменения толщины Mo_5Si_3 и диаметра остаточного металла цилиндрического армирующего элемента КМК Mo-SiC с высокой степенью корреляции расчетных значений с результатами экспериментов.

Замечания по диссертационной работе

В работе не указано назначение разрабатываемых керамических композиционных материалов и армированных керамоматричных композитов, их область применения и не обозначены (не сформулированы) требования к ним.

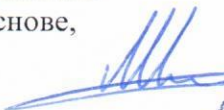
Не достаточно изучены физико-механические свойства полученных керамических композиционных материалов и армированных керамоматричных композитов (прежде всего трещиностойкость), что не позволяет получить объективное представление о материалах.

Данные замечания могут быть учтены автором в дальнейших публикациях по теме исследования и не влияют на положительную оценку работы в целом.


Заключение

Диссертационная работа Каледина А.В. «Керамоматричные композиционные материалы на основе карбида кремния, тугоплавких металлов и их силицидов» представляет собой законченную научно-квалификационную работу и полностью соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, согласно пунктам 9.14 «Положение о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г., с изменениями по постановлению Правительства №335 от 21 апреля 2016 г., а ее автор Каледин Алексей Владимирович заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

Начальник лаборатории по разработке материалов на основе нитридов, карбидов и боридов для изделий ракетной техники и технологии изготовления изделий на их основе, кандидат физико-математических наук


М.Г.Лисаченко
26.05.2026 г.

Начальник сектора лаборатории по разработке материалов на основе нитридов для радиопрозрачных обтекателей, а также карбидов и боридов для изделий ракетной техники и технологии изготовления изделий на их основе


Н.А.Голубева
26.05.2026 г.

Согласны с обработкой персональных данных.

АО «ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина»
Государственный научный центр Российской Федерации
249031, г.Обнинск, Калужской области, Киевское шоссе, 15
E-mail: info@technologiya.ru, факс (484) 396-45-75

Подпись начальника лаборатории 18 М.Г.Лисаченко и начальника сектора Н.А.Голубевой заверяю:

Директор по персоналу

АО «ОНПП «Технология» им.А.Г.Ромашина»



О.А.Кирилец