

Отзыв

на автореферат диссертации

Истоминой Елены Иннокентьевны

«Кремнийсодержащие МАХ фазы и карбидные материалы в реакциях с участием монооксида кремния», представленную на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 2.6.14 «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов»

Одним из главных направлений развития современного керамического материаловедения является создание высокотемпературных конструкционных материалов для жёстких условий эксплуатации. Такие материалы широко используются в авиации, энергетике, транспорте, ракетно-космической отрасли и др. Эти материалы должны удовлетворять целому комплексу требований: высокие показатели прочности, трещиностойкости, усталостной прочности, термической стабильности и химической стойкости, сохраняющие свои значения в широком диапазоне температур и при термоциклировании. Состав материалов, удовлетворяющих данным требованиям, весьма ограничен. Сюда входят тугоплавкие бескислородные двойные и тройные соединения, в том числе карбид кремния. Особый интерес представляют материалы на основе МАХ-фаз, в частности, Ti_3SiC_2 , и структурированный в виде волокон карбид кремния (SiC).

Все методы синтеза МАХ-фаз и волокон SiC имеют свои ограничения и технологические сложности. Поэтому разработка альтернативных способов получения этих соединений и материалов на их основе является весьма **актуальной задачей**.

Целью диссертационной работы являлась разработка химикотехнологических основ получения кремнийсодержащих МАХ-фаз и волокон карбида кремния, а также керамических материалов на их основе, используя в качестве прекурсоров оксиды металлов 4–5 группы и карбид кремния в качестве восстановителя для синтеза кремнийсодержащих МАХ-фаз, и монооксид кремния в качестве силицирующего агента для синтеза Ti_3SiC_2 и волокон SiC.

Научная новизна диссертационной работы

- Предложен метод получения кремнийсодержащих МАХ-фаз, совмещающий в рамках одного высокотемпературного химического процесса карботермическое и силикотермическое восстановление оксидов металлов, где в качестве восстановителя использовался карбид кремния.
- Синтезированы новые кремнийсодержащие МАХ фазы Ti_4SiC_3 , Zr_3TiSiC_3 , Zr_2TiSiC_2 в объёме. Показано, что формирование Ti_4SiC_3 , Zr_3TiSiC_3 , Zr_2TiSiC_2 происходит с участием газообразного реагента SiO.
- Методом вакуумного карбосиликотермического восстановления оксидов получены высокоэнтропийные карбиды состава $(Ti, Zr, Hf, Nb, Ta)C$, установлены параметры процесса.
- Предложено использование газообразного монооксида кремния SiO в качестве силицирующего агента для синтеза Ti_3SiC_2 и карбидокремниевых материалов.
- Для улучшения спекания и термомеханических характеристик порошков TiC предложено модифицировать порошки путём силицирования в газовой атмосфере SiO.
- Предложен новый способ синтеза непрерывных композитных волокон C/SiC со структурой «сердцевина–оболочка» и тканей из них путём силицирования углеволоконных материалов газом SiO при $1350^\circ C$ в условиях затруднённого отвода газообразных продуктов.

Практическая и теоретическая значимость

Полученные результаты являются научной основой для развития технологии получения кремнийсодержащих МАХ-фаз путем вакуумного карбосиликотермического восстановления оксидов отличающегося от используемых в настоящее время методов синтеза, а также возможностью получения целевого продукта в малотоннажном производстве. Разработан технологический регламент изготовления порошков на основе кремнийсодержащих МАХ-фаз. Полученные керамические материалы (заготовки) на основе МАХ-фаз поддаются токарно-фрезерной обработке стандартным металлорежущим инструментом (протокол испытаний на РМУ АО СЛПК, г. Сыктывкар). Имеется соответствующий акт внедрения материала, как материала для торцевых уплотнителей и колец пар трения для насосов в целлюлозно-бумажной промышленности.

В процессе выполнения работы получено 7 патентов на изобретение РФ (№ 2553111, 2622067, 2694340, 2718682, 2744543, 2749387, 2771029), один патент на полезную модель РФ № 206768 U1 «Реактор для получения композитных углерод - карбидокремниевых волокон со структурой «сердцевина-оболочка».

Разработан технологический регламент изготовления непрерывных волокон C/SiC; изготовлены партии материалов; сформулированы технические требования для технического задания на разработку продукции. Полученные композитные волокна C/SiC со структурой «сердцевина-оболочка» использованы при формировании научно-технического задела по созданию экспериментальных образцов металоматричного композита, состоящего из титановой оболочки и магниевой матрицы, армированной непрерывными волокнами C/SiC, в условиях низкотемпературной сверхпластичности (акт внедрения с УУНиТ, г. Уфа).

Получен акт №182-01/025 от 06.06.2025 г. Акционерного общества «Научно-исследовательский институт Научно-производственное объединение «Луч» (АО «НИИ НПО «ЛУЧ», г. Подольск) Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом» о внедрении результатов диссертационной работы на тему: «Кремнийсодержащие МАХ фазы и карбидные материалы в реакциях с участием монооксида кремния».

Результаты диссертационной работы используются при чтении курса лекций и проведении практических занятий по дисциплинам «Физико-химические основы получения керамических материалов» и «Электронная микроскопия, дериватография, рентгенография» для обучающихся по направлению подготовки магистров 04.04.01 «Химия» Института естественных наук Сыктывкарского Государственного Университета им. Питирима Сорокина.

Публикации

По результатам работы опубликовано 100 работ, в том числе 41 статья в рецензируемых российских и международных журналах, получено 8 патентов.

Существенных замечаний по работе нет.

Диссертация Истоминой Елены Иннокентьевны «Кремнийсодержащие МАХ-фазы и карбидные материалы в реакциях с участием монооксида кремния» является завершённым, научным трудом, в котором решена важная научно-техническая задача, имеющая большое значение для развития технологии силикатных и тугоплавких неметаллических материалов. Работа отличается высокой актуальностью, широтой и глубиной проведённых исследований,

содержанием новых научных результатов и высокой степенью практического применения полученных материалов.

Диссертационная работа полностью соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям по пп. 9–14 «Положения о присуждении учёных степеней» ВАК, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 в редакции с изменениями, утверждёнными постановлением Правительства Российской Федерации от 26.10.2023 № 1786, и является завершённой научно-квалификационной работой, а её автор, **Истомина Елена Иннокентьевна**, заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по научной специальности 2.6.14 «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов».

Профессор кафедры химической технологии
тугоплавких неметаллических и силикатных
материалов Санкт-Петербургского
государственного технологического института
(технического университета),
доктор технических наук по специальности
05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких
неметаллических материалов



Сергей Николаевич Перевислов

Тел.: +7 (904) 551-49-55

E-mail: perevislov@mail.ru

Даю свое разрешение на обработку персональных данных и публикацию отзыва в сети Интернет.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет).

Адрес: 190013, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 24-26/49 литера А

Тел.: +7 (812) 494-93-39.

E-mail: office@spbti.ru.

28.01.2026 г.

Подпись *Перевислова Сергея*
Истомина Елены
Начальник отдела кадров *Ириева СВ*

