

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, **Юркова Андрея**

Львовича на диссертационную работу **Кима Константина**

Александровича на тему: «Синтез и свойства композитов $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-SiAlON}$ и

$\text{Si}_3\text{N}_4\text{-SiAlON-TiN}$ », выдвигаемую на соискание учёной степени кандидата

технических наук по специальности 2.6.14 – Технология силикатных и

тугоплавких неметаллических материалов

АКТУАЛЬНОСТЬ

Диссертационная работа Кима Константина Александровича направлена на получение керамических композитов на основе нитрида кремния и твердого раствора, изоструктурного нитриду кремния – $\text{Ca-}\alpha\text{-SiAlON}$, а также получению электропроводящих керамических композитов с содержанием нитрида титана методом горячего прессования, и изучению их физико-механических свойств. Актуальность выбранной темы диссертации обусловлена необходимостью создания керамических конструкционных материалов с высоким уровнем эксплуатационных свойств, получаемых по энергоэффективной технологии, заключающейся в спекании при относительно низких температурах. Керамические материалы находят широкое применение в различных отраслях промышленности благодаря их высокой прочности, термостойкости и коррозионной стойкости. К одной из наиболее важных задач в технологии керамики следует отнести снижение содержания стеклообразных фаз, которые, как правило, отрицательно влияют

на потенциальные свойства керамики. Механическая обработка высокотвёрдой керамики так же является ограничивающим фактором в изготовлении деталей из нитрида кремния сложной конфигурации. Комбинирование Si_3N_4 с другими компонентами, такими как SiAlON и TiN , позволяет улучшить эксплуатационные характеристики композитов, что особенно важно для создания новых высокоэффективных материалов.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Диссертация состоит из 4 глав: введения, обзора литературы, описания методов исследования и данных об исходных материалах, получения композитов $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-Ca-}\alpha\text{-SiAlON}$ и изучения их свойств, получения композитов $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-Ca-}\alpha\text{-SiAlON-TiN}$ и изучения их свойств, выводов и списка литературы.

Диссертационная работа изложена на 122 страницах машинописного текста, иллюстрирована 53 рисунками и 7 таблицами. Список цитируемой литературы содержит 167 наименований.

Введение содержит актуальность представленной темы диссертации, сформулированы цель и задачи работы, изложены научная новизна и практическая значимость, представлены степень разработанности, положения, выносимые на защиту, и апробация работы.

В первой главе изложен анализ данных из литературных источников, включающий описание свойств нитрида кремния, соединений SiAlON и нитрида титана, а также представлено описание известных в литературе методов получения керамических композитов на их основе.

Вторая глава содержит описание используемого оборудования для получения керамических образцов и описание методов исследования и аналитического оборудования, применяемых в работе. В главе приведены данные, включающие свойства и химический состав исходных порошков, описаны особенности синтеза легкоплавкой спекающей добавки алюминатов кальция эвтектического состава с подробным изучением фазового состава.

В третьей главе описаны данные об исследуемых составах порошков и стадии получения керамических образцов, включающие подготовку порошков и определение режимов обжига композитов $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-Ca-}\alpha\text{-SiAlON}$. Установлены зависимости фазового состава и механических и термических свойств от содержания добавки алюминатов кальция (5–50 мас.%) и температуры обжига (1550–1650 °C). Проведен подробный фазовый анализ керамики $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-Ca-}\alpha\text{-SiAlON}$ методами рентгеновской дифракции и просвечивающей электронной микроскопии. Показано, что возможно контролируемое изменение фазового состава при изменении содержания алюминатов кальция и температуры обжига и, как следствие, получение керамических композитов с определенным набором свойств. В главе представлены данные экспериментов по превращению остаточной стеклообразной фазы в кристаллическую фазу $\text{Ca-}\alpha\text{-SiAlON}$.

Четвёртая глава состоит из описания подготовки исходных компонентов и получения электропроводящих керамических композитов $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-Ca-}\alpha\text{-SiAlON-TiN}$. В качестве исходного компонента TiN был

использован порошок металлического титана, содержание которого варьировалось от 5 до 50 мас.%. Установлены зависимости механических свойств, удельного электросопротивления и теплопроводности от содержания TiN (3,8–50,4 об.%).

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ

Результаты в представленной диссертации отражены в патентах РФ:

1. RU 2734682 «Способ изготовления керамики из нитрида кремния с легкоплавкой спекающей добавкой алюмината кальция».
2. RU 2784667 «Способ получения керамического композита на основе нитрид кремния-нитрид титана».
3. RU 2697987 «Способ изготовления керамики на основе композита нитрид кремния – нитрид титана».

Результаты работы имеют высокую научную новизну и практическую значимость, поскольку они могут быть использованы для разработки новых материалов с улучшенными эксплуатационными характеристиками для применения в различных отраслях промышленности, включая машиностроение, аэрокосмическую промышленность и энергетику.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Результаты работ в представленной диссертации изложены в 4 статьях, рекомендованных ВАК, 5 статьях в Web of Science или Scopus и 3 патентах РФ.

Несмотря на положительную оценку у оппонента возникли следующие **вопросы и замечания по диссертационной работе:**

1. В диссертации и автореферате приведены кривые скорости непрерывной усадки исходных смесей порошков. На основании этих кривых автор делает вывод о температуре начала усадки, максимальной скорости усадки и температуры замедления усадки. Обобщая эти данные, автор делает выбор оптимального интервала температур. Вероятно, было бы интересно представить кривые непрерывной усадки в виде логарифмических зависимостей, что, вероятно, могло бы дать информацию о возможных изменениях механизмов уплотнения при разном составе стеклообразной фазы и разном количестве стеклообразной фазы.

2. Четвертая глава диссертации посвящена созданию материалов в системе $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-Ca-}\alpha\text{-SiAlON-TiN}$, которые обладают электропроводностью, достаточной для обработки материалов методом электроэрозионной резки. В автореферате приводится метод определения электросопротивления, а в разделе «выносятся на защиту» приводятся сведения о том, что «удельное электросопротивление керамических композитов снижается с 7,56 до 1,79 мОм·см при увеличении содержания TiN с 37,9 до 63,1 мас. %». Однако в диссертации не приводится зависимость измерения удельного сопротивления композитов от состава или от количества металлического титана в исходной шихте.

3. По сути, создание электропроводных композитов в системе $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-Ca-}\alpha\text{-SiAlON-TiN}$ является процессом уплотнения, сопровождаемым множественными химическими реакциями и превращениями. Было бы

целесообразно (может быть в будущем) изучить кинетику превращений (по крайней мере, основной реакции превращения титана в нитрид титана), построить примерную схему превращений и фазообразования, сопоставить результаты теоретического расчета состава получаемых композиций с данными количественного химического анализа, сопоставить эти данные с зависимостью удельного сопротивления композитов.

4. Оппонентом отмечены отдельные неточности и погрешности в изложении материала.

Изложенные вопросы и замечания не снижают положительной оценки работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО РАБОТЕ

Диссертационная работа Кима Константина Александровича «**Синтез и свойства композитов $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-SiAlON}$ и $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-SiAlON-TiN}$** » является **завершенным научным исследованием, в котором автором получены новые научные результаты, имеющие важное значение для развития материаловедения. Текст диссертации написан ясным и научно грамотным языком, материал изложен последовательно и логично. Работа отличается высоким уровнем выполнения, новизной и практической значимостью полученных результатов и соответствует паспорту специальности 2.6.14 «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов» в п.п. 1 и 2.**

Учитывая изложенное, считаю, что диссертация заслуживает положительной оценки, а ее автор – присуждения ученой степени кандидата технических наук.

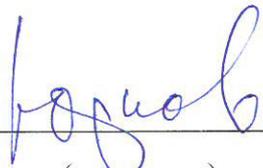
ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОППОНЕНТ

Доктор технических наук по специальности 05.17.11. – «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов», профессор кафедры химической технологии керамики и огнеупоров РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Адрес: 125047, Москва, Миусская пл., д. 9

Тел.: +7(903)258-41-20

E-mail: and-yur@mail.ru


Юрков Андрей Львович
(ПОДПИСЬ)

« 26 » 08 2024 г.

Подпись А.Л. Юркова заверяю

Ученый секретарь РХТУ им. Д.И. Менделеева

д.т.н., проф. Н.А. Макаров




Главный специалист
Управления по работе с персоналом
О.В. Файков

26.08.2024