

Отзыв

Лысенко Елены Николаевны

дополнительного члена диссертационного совета ДС.ТПУ.34 на диссертационную работу Кроткевича Дмитрия Георгиевича на тему «Формирование керамических композитов на основе МАХ-фаз системы Ti-Si-Al-C из прекерамических бумаг», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5– Порошковая металлургия и композиционные материалы

Актуальность работы

На протяжении последних десятилетий большое внимание уделяется разработке материалов, обеспечивающих реализацию технологий изготовления конструкций и изделий с «экстремальными» условиями эксплуатации. Материалы на основе системы Ti-Si-Al-C вследствие их стойкости к высоким температурам, коррозионному воздействию и механическим нагрузкам перспективны для их использования в аэрокосмической промышленности, а также в других отраслях промышленности в качестве конструкционных высокотемпературных материалов. Поэтому разработка эффективных методов получения композиционных материалов на основе системы Ti-Si-Al-C является актуальной задачей материаловедения. Предложенные в данной работе технологические принципы создания керамических материалов с использованием прекерамической бумаги и в качестве наполнителя порошков МАХ-фаз системы Ti-Si-Al-C делают возможным получение уникальных композиционных и функционально-градиентных материалов.

Характеристика работы

Основное содержание работы изложено на 121 страницах, работа включает введение, 4 главы, заключение и список литературных источников, которые насчитывают 142 наименования.

Введение посвящено обоснованию актуальности темы диссертации, постановке цели исследования и задач для ее достижения. В соответствии с требованиями по оформлению диссертационных работ представлены научная новизна, теоретическая и практическая значимость, сформулированы положения, которые соискатель выносит на защиту.

В первой главе, посвященной обзору теоретических и экспериментальных исследований, соискатель подробно описал особенности структуры, а также механические и коррозионные свойства МАХ-фаз системы Ti-Si-Al-C. Особое внимание было уделено вопросу получения функционально-градиентных материалов. Кратко рассмотрен вопрос получения керамики с использованием прекерамической бумаги.

Вторая глава традиционно содержит информацию о методике проведения исследований. Описаны процессы изготовления прекерамических бумаг, условий искрового плазменного спекания, использованного оборудования. Приведено описание методик исследования микроструктуры и фазового анализа исследуемых образцов. Подробно описаны методы исследования механических свойств образцов, включая измерения микротвердости методом Виккерса, трещиностойкости и испытаний на изгиб.

Третья глава посвящена результатам экспериментальных исследований

структуры и фазового состава исходных прекерамических бумаг с различным содержанием наполнителя из твердострастворной МАХ-фазы $\text{Ti}_3\text{Al}(\text{Si})\text{C}_2$. Проведен анализ кинетических кривых спекания прекерамических бумаг и анализ влияния режимов спекания и содержания порошкового наполнителя в прекерамической бумаге на структуру и фазовый состав формируемых композиционных материалов.

Установлено, что содержание МАХ-фазы в композитах зависит от температуры спекания и соотношения органических составляющих и порошкового наполнителя в бумагах. Композиты, полученные из прекерамических бумаг с содержанием наполнителя 90 мас. %, имеют в своем составе более 80 об. % МАХ-фазы $\text{Ti}_3\text{Al}(\text{Si})\text{C}_2$ при температуре спекания 1150 и 1250 °С. Такие образцы характеризуются плотной и однородной микроструктурой. Повышение температуры спекания до 1350 °С приводит к снижению доли МАХ-фазы, вследствие ее частичного разложения и к увеличению пористости композитов. Изменение температуры спекания и содержания наполнителя повлияли на механические свойства композитов. Показано, что композиты, полученные при температурах 1150 и 1250 °С из прекерамических бумаг с содержанием наполнителя 90 мас. % демонстрируют наибольшие значения прочности при изгибе и трещиностойкости.

В четвертой главе представлен способ получения и результаты исследований свойств функциональных градиентных материалов на основе МАХ-фаз системы Ti-Si-Al-C , полученных путем искрового плазменного спекания прекерамических бумаг. Полученные функциональные градиентные материалы обладают высокими механическими свойствами, которые определяются микроструктурой и составом отдельных слоев, а также архитектурой композитов. Установлено, что в результате искрового плазменного спекания происходит текстурирование зерен МАХ-фазы в функциональных градиентных материалах перпендикулярно приложенному давлению, что приводит к анизотропным механическим свойствам материала.

В заключении сформулированы основные выводы диссертационного исследования.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертационной работы.

Научная новизна

1. Впервые показана возможность применения прекерамических бумаг для получения композиционных материалов на основе МАХ-фазы $\text{Ti}_3\text{Al}(\text{Si})\text{C}_2$ методом искрового плазменного спекания.

2. Выявлены закономерности формирования фазового состава и микроструктуры композиционных материалов от параметров искрового плазменного спекания и содержания порошкового наполнителя МАХ-фазы $\text{Ti}_3\text{Al}(\text{Si})\text{C}_2$ в высоконаполненных прекерамических бумагах. Установлено, что увеличение температуры спекания и уменьшение содержания порошкового наполнителя в прекерамической бумаге приводит к разложению МАХ-фазы $\text{Ti}_3\text{Al}(\text{Si})\text{C}_2$ с образованием фаз TiC и Al_2O_3 .

3. Установлено, что уменьшение содержания МАХ-фазы в композиционных материалах приводит к снижению прочности при изгибе, трещиностойкости и увеличению твердости. Изменение механических свойств может быть связано с механизмами разрушения МАХ-фазы, содержанием вторичных фаз TiC и Al_2O_3 и наличием твердого раствора в МАХ-фазе $\text{Ti}_3\text{Al}(\text{Si})_2$.

4. Разработан подход для изготовления функционально-градиентных материалов на основе МАХ-фаз системы Ti-Si-Al-C с различным соотношением Al/Si, основанный на послойной укладке прекерамических бумаг с порошковыми наполнителями из Al- и Si-обогащенной МАХ-фазы, демонстрирующими прочность при изгибе более 600 МПа и устойчивость в условиях высокотемпературного окисления на воздухе при температуре 1300 °С.

Практическая значимость.

Разработаны и изготовлены новые функционально-градиентные материалы на основе МАХ-фаз системы Ti-Si-Al-C с использованием прекерамической бумаги для их использования в аэрокосмической, транспортной и энергетической отраслях промышленности.

Теоретическая значимость диссертационной работы.

Получены новые научные знания о процессах, протекающих в композитах на основе МАХ-фаз системы Ti-Si-Al-C с использованием прекерамической бумаги при их изготовлении методом искрового плазменного спекания.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций.

Достоверность результатов обеспечена большим объемом экспериментальных исследований с использованием современных методов исследования, согласованностью результатов, полученных разными методами.

Соответствие диссертации и автореферата паспорту специальности.

По тематике, объектам и области исследования, разработанным автором новым научным положениям, научной и практической значимости, диссертация соответствует научной специальности 2.6.5 – Порошковая металлургия и композиционные материалы (технические науки) согласно следующим пунктам паспорта: **п.2** исследование и моделирование физико-химических процессов получения полуфабрикатов и изделий из порошковых, композиционных материалов с металлической, углеродной, керамической матрицей и армирующими компонентами различной неорганической природы, разработка оборудования и технологий; **п. 5** изучение структуры и свойств порошковых, композиционных материалов, покрытий и модифицированных слоев на полуфабрикатах и изделиях, исследование процессов направленной кристаллизации изделий из порошковых и композиционных материалов, разработка технологий и оборудования.

Замечания по диссертационной работе.

1) На рис. 3.4 не хватает данных в подписи к рисунку, поясняющих какое количество порошкового наполнителя используется при получении образцов на рис. 3.4 а, б и какая температура спекания образцов на рис. 3.4 в, г.

2) В табл. 3.2 представлены результаты энерго-дисперсионной спектроскопии по одной точке для каждого образца, на основании которых были вычислены химические формулы предполагаемых фаз. Какова погрешность количественного определения элементного состава?

3) В диссертации не приведено сравнение полученных результатов по механическим свойствам полученных образцов с приведенными в литературе данными по свойствам ближайших аналогов, что затрудняет сделать выводы о значимости полученных результатов.

4) В заключении представлены только общие выводы по диссертации и не описаны возможные пути дальнейшего развития событий по тематике диссертации, значимых для науки и производства конструкционных материалов в конкретной области.

Указанные замечания не снижают высокой оценки полученных соискателем результатов и значимости диссертационной работы в целом.

Заключение

Диссертационная работа «Формирование керамических композитов на основе МАХ-фаз системы Ti-Si-Al-C из прекерамических бумаг» соответствует требованиям п. 2.1 «Порядка присуждения учёных степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете» (приказ № 362-1/од от 28 декабря 2021 г), а ее автор Кроткевич Дмитрий Георгиевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5–Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Дополнительный член диссертационного совета ДС.ТПУ.34

доктор технических наук,
заведующий Проблемной научно-
исследовательской лабораторией
электроники, диэлектриков и
полупроводников Исследовательской
школы физики высокоэнергетических
процессов

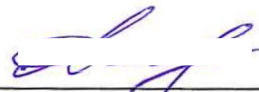
ФГАОУ ВО «Национальный
исследовательский Томский
политехнический университет»

Адрес: 634050, г. Томск, проспект Ленина,
30

Тел.: +7 (3822) 701777 вн. 1939

E-mail: lysenkoen@tpu.ru

Согласна на обработку персональных
данных


Лысенко Елена Николаевна

Подпись Лысенко Е.Н. заверяю:
И.о. учёного секретаря ФГАОУ ВО НИ
ТПУ




Новикова Валерия Дмитриевна

22 апреля

2024 года.