

ОТЗЫВ

Клименова Василия Александровича

дополнительного члена диссертационного совета ДС.ТПУ.03 на диссертационную работу Мартынова Романа Сергеевича «Синтез карбида бора в дуговом разряде постоянного тока в открытой воздушной среде», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния

Актуальность темы диссертации

Широкий интерес к применению карбида бора в новейших образцах современной техники связан с его уникальными свойствами, обусловленными его высокой температурой плавления (2620-2740 К) и высокой твердостью (32 ГПа) при относительно низкой плотности (~2,52 г/см³). Как показывает анализ, эффективность использования карбида бора во многом связана с методом его получения, который бы обеспечил его качество и был выгоден бы с экономической точки зрения. Поэтому разработка новых методов получения карбида бора с высокими характеристиками является актуальной задачей.

В связи с этим, работа «Синтез карбида бора в дуговом разряде постоянного тока в открытой воздушной среде», в которой предлагается реализовать процесс синтеза карбида бора без использования инертной среды или вакуума представляется важной и актуальной. Такой подход позволит с одной стороны сократить издержки за счет отсутствия необходимости применения газового и газораспределительного оборудования, снижения трудозатрат и времени процесса синтеза, а с другой обеспечить его высокое качество.

Научная новизна диссертационной работы заключается в том, что в диссертационной работе представлены результаты исследований в области модернизации методики плазменно-дуговой обработки, создания нового оборудования, исследования механизмов формирования необходимого продукта. Результаты исследования создают представление о процессах, протекающих при воздействии плазмы дугового разряда постоянного тока в открытой воздушной атмосфере на смеси исходных реагентов углерода и бора или его оксида, а установленные закономерности позволяют определять особенности формирования порошкового материала на основе карбида бора.

Достоверность полученных результатов подтверждается отсутствием противоречий результатов в заявленной области знаний, применением современного аналитического оборудования и общеизвестных аналитических методик, повторяемостью экспериментов и хорошей апробацией результатов исследований на научных конференциях.

Практическая значимость работы

Автором работы предложена конструкция плазменного реактора, позволяющая вести обработку материалов с низкой электрической проводимостью, в частности, на основе бора и

оксида бора. Экспериментально установлены и рекомендованы режимы работы плазменного реактора, а также граничные условия необходимые для синтеза карбида бора. Реализована возможность синтеза композиционного материала на основе карбида бора с применением альтернативных источников углерода: углеродных волокон, чешуйчатого графита, а также пиролизированных шелухи кедровых орехов и сосновых опилок. Показана возможность получения порошкового карбида бора с более высокой окислительной стойкостью по отношению к его промышленному аналогу, что позволяет рекомендовать создаваемый карбид бора в виде порошка для притирки ответственных деталей.

Практическая значимость также подтверждается наличием двух авторских свидетельств. Результаты диссертационной работы были апробированы на промышленном предприятии ООО «Нанокерамика» что подтверждается актом внедрения в производство.

Личный вклад автора состоит в разработке и создании устройства для синтеза порошкового карбида бора, в планировании и проведении экспериментальных и аналитических исследований, в формулировке цели работы и постановке задач по ее достижению. В совместной с научным руководителем и консультантом формулировке основных результатов и выводов по тематике исследования, а также положений, выносимых на защиту.

Анализ структуры и содержания работы

Объем диссертации составляет 120 страниц. В работе выделены следующие разделы: введение, четыре главы, заключение, список цитируемых источников. Диссертация содержит 57 иллюстраций и 6 таблиц.

Во *введении* отражена актуальность темы исследования, сформулированы цель работы и задачи по ее достижению; приведены данные о реализации работы, достоверности полученных данных; обоснована научная новизна и практическая значимость результатов исследования, а также сформулированы положения, выносимые на защиту.

Первая глава содержит критический обзор литературы по современному состоянию исследований в области методов получения и свойств карбида бора. На основании проведенного делается выбор предлагаемого научно-технического решения нацеленное на разработку метода получения карбида бора без применения защитных инертных газов..

Вторая глава работы посвящена описанию процесса модернизации методики с создания плазменного реактора, на котором выполнялись исследования процессов синтеза порошкового карбида бора. Представлено обоснование конфигурации электродной системы и описаны ее преимущества по отношению к прямым аналогам. Приведены возможности задействованного при выполнении исследований аналитического оборудования и применяемых методик исследований

для контроля характеристик плазменных процессов и измерения качества получаемого порошкового карбида бора.

Третья глава диссертации содержит четыре раздела. В первом автором представлены результаты исследования синтеза порошкового карбида бора с применением вертикального расположения электродной системы (аналога). Автор делает вывод о непригодности данной компоновки электродной системы для синтеза материалов с низкой электрической проводимостью.

Второй раздел посвящен результатам исследования процессов синтеза порошкового карбида бора при использовании модернизированной, горизонтальной схемы расположения электродной системы. Результаты исследований содержат сведения о составе, структуре и морфологии полученных частиц порошкового карбида бора. Следует отметить, что были получены частицы с морфологией типа «оболочка-ядро», где межплоскостные расстояния плоскостей ядра частицы, по данным снимков ПЭМ снятых в режиме прямого разрешения соответствуют межплоскостным эталонным расстояниям (с отклонениями, в пределах погрешностей) карбиду бора (B_4C), а материал оболочки был идентифицирован как графит.

Третий раздел посвящен синтезу карбида бора на модернизированной горизонтальной схеме расположения электродной системы с применением войлочной прокладки и графитовой гильзы, что позволило минимизировать долю эродированного графита в продукте синтеза, повысить чистоту продукта. В результате проведенных исследований был обеспечен синтез порошка, содержащего до 74,5 масс. % карбида бора. Было установлено, что продукт синтеза содержит карбид бора в качестве главной фазы и графит – в качестве примесной и определены необходимые режимы обработки.

В четвертом разделе показана возможность вовлечения в процесс синтеза карбида бора альтернативных источников углерода: чешуйчатого графита, углеродных волокон и пиролизированных сосновых опилок и шелухи кедровых орехов. Данные рентгеновской дифрактометрии в совокупности с данными растровой электронной микроскопии показали возможность получения карбида бора в графитовой матрице с различной морфологией.

Четвертая глава состоит из трех разделов.

Первый посвящён анализу влиянию массы исходных прекурсоров на фазовый состав порошкового карбида бора. Экспериментально установлена возможность синтеза порошкового продукта, содержащего карбид бора массой 1,2 г с содержанием фазы карбида бора ~73% по данным РФА, путем увеличения массы исходных реагентов. Экспериментально доказано, что синтезированный порошковый продукт окисляется в более высоком интервале температур (600-800 °С), в то время как его промышленный аналог окисляется при температурах 500-600 °С. Во

наглядно оформленных графиков, схем и фотографий, особо хочется отметить важность снимков полученных с помощью просвечивающей микроскопии с энергодисперсионным анализом.

По данной работе можно сделать следующие замечания:

- 1) В названии главы 4 применено очень важное понятие масштабирование, однако по тексту и самое главное при формировании выводов по разделу, да и диссертации в целом не раскрыто, как оно было проведено и к чему привело.
- 2) Представленный в диссертационной работе метод синтеза порошкового карбида бора, позиционируется как более простой и дешевый метод синтеза карбида бора, хотелось бы увидеть данные об экономической выгоде получения материала данным методом в сопоставлении с другими методами синтеза карбида бора или хотя бы по сравнению с прямыми аналогами.
- 3) Хотя в работе приводится много данных по составу исследуемых карбидов, вопрос о стехиометрии получаемого карбида, которому характерна широкая область гомогенности по диаграмме состояний и свойственно образование ряда нестехиометричных соединений, не нашёл должного рассмотрения.

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

Заключение

На основании вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что диссертация «Синтез карбида бора в дуговом разряде постоянного тока в открытой воздушной среде» является законченной научно-квалификационной работой и отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, изложенным в п. 2.1 Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете, а ее соискатель – Мартынов Роман Сергеевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

Я, **В.А. Клименов**, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Дополнительный член ДС.ТПУ.03, доктор технических наук, специальность 1.3.8 – Физика конденсированного состояния, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ФГАОУ ВО НИ ТПУ), заведующий кафедрой – руководитель отделения материаловедения на правах кафедры инженерной школы новых производственных технологий.

Адрес: 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

Телефон: 8 (3822) 65-32-65

E-mail: klimenov@tpu.ru

Дата « 21 » 09 2023 г.

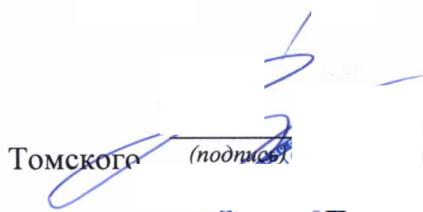

..... (подпись) /Клименов В.А./
(расшифровка подписи)

Подпись В.А. Клименова заверяю.

Ученый секретарь

Национального исследовательского Томского политехнического университета

Кулинич Екатерина Александровна, к.т.н.


(подпись) /Кулинич Е.А./
(расшифровка подписи)


Печать организации

