

ОТЗЫВ

официального оппонента Порозовой Светланы Евгеньевны

на диссертацию **Ушакова Анатолия Васильевича**

«Плазмохимический синтез нанодисперсных и нанокomпозиционных материалов в плазме дугового разряда низкого давления»

на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы

Актуальность темы диссертации определяется необходимостью разработки керамических и композиционных материалов с улучшенными характеристиками для решения новых конструкторских задач, отвечающих вызовам современного уровня развития мировой экономики. Ключевыми направлениями развития VI технологического уклада являются биотехнологии, нанотехнологии и наноматериалы, системы искусственного интеллекта и глобальные информационные сети. Многие из этих направлений невозможны без наличия широкого спектра наночастиц с различными физико-химическими характеристиками, которые непосредственно связаны с предысторией образования наночастиц. В связи с этим способы синтеза наночастиц представляют значительный интерес. Внедрение вакуумно-плазменных технологий позволяет реализовать такие способы управления процессом синтеза как воздействие электрических и магнитных полей, изменение температуры плазмы, смешивание нескольких активных плазм.

Разработка процессов получения нанодисперсных порошков в плазме дугового разряда низкого давления и их внедрение в производственную практику является актуальной задачей, соответствующей стратегическим целям государственной научно-технической политики, и имеющей большое народно-хозяйственное значение. Работа выполнялась в рамках федеральных целевых программ, проектов Российского научного фонда и Российского фонда фундаментальных исследований, Государственного задания Министерства образования и науки РФ.

Основная идея диссертации – разработка научных основ и технологии плазмохимического синтеза нанодисперсных порошков на основе тугоплавких неорганических соединений в плазме дугового разряда низкого давления в различных реакционных средах. Работа носит комплексный характер, т.к. в ходе ее реализации созданы плазмохимический реактор с

импульсным дуговым испарителем и технологическая оснастка для синтеза, разработаны математические модели физических процессов в прикатодной области, установлены механизмы формирования наночастиц, получены и исследованы нанопорошки карбидов, нитридов и оксидов титана и циркония и оксида меди. Разработан метод получения композиционного материала нового типа на основе несверхпроводящих нанодисперсных порошков оксида меди и высокотемпературной сверхпроводящей керамики.

Оригинальность разработок подтверждена патентами РФ. Для оптимизации технологических параметров разработаны компьютерные программы, зарегистрированные в объединенном фонде электронных ресурсов «Наука и образование» РАО.

Наиболее значимыми результатами диссертации следует признать

- разработку комплекса оборудования для осуществления плазмохимического синтеза нанодисперсных порошков на основе тугоплавких неорганических соединений в плазме дугового разряда низкого давления в различных реакционных средах;
- определение закономерностей формирования нанодисперсных порошков и их зависимостей от варьирования параметров технологических процессов;
- результаты исследования полученных нанопорошков;
- разработку получения композиционного материала нового типа на основе несверхпроводящих нанодисперсных порошков оксида меди и высокотемпературной сверхпроводящей керамики.

Новыми научными результатами, полученными автором, являются

- математические модели физических процессов в прикатодной области вакуумной дуги и термического взаимодействия микрокапельной фракции дугового разряда с нагретым буферным газом в прикатодной области низкого давления;
- механизм смешанного коагуляционного и диффузионного формирования наночастиц из кластерной плазмы и пересыщенного пара;
- механизм влияния температуры катода на дисперсность получаемых нанопорошков;
- влияние концентрации и сорта реакционного газа в газовой смеси на формирование кристаллических фаз тугоплавких соединений;

– роль соотношения С/Н при карбидообразовании в процессе плазмохимического синтеза карбидов.

Достоверность полученных результатов подтверждается применением известных методов теоретических и экспериментальных исследований, качественным и количественным согласованием результатов теоретических исследований с проведенными экспериментальными исследованиями. Для проведения исследования полученных порошков использованы современные методы и оборудование для изучения физико-химических характеристик материалов.

Результаты работы прошли успешную апробацию. Опытно-промышленная установка для плазмохимического синтеза нанодисперсных порошков реализована в научно-исследовательской лаборатории кафедры ЮНЕСКО «Новые материалы и технологии» при ФГАОУ ВО Сибирский федеральный университет. Нанопорошки и нанокпозиционные материалы использованы при выполнении контрактов с различными научными и производственными организациями.

Результаты могут быть рекомендованы для получения на различных предприятиях машиностроения, в т.ч. и специального, сверхтвердых, жаростойких материалов, обеспечивающих работу изделий в экстремальных условиях, и нанокпозитивов нового типа.

Диссертация содержит 283 с. основного текста, приложения на 5 с., список литературы из 215 наименований.

По теме диссертации автором опубликованы: 1 монография (в соавторстве), 41 статья в рецензируемых журналах из списка рекомендованных ВАК для публикации результатов докторских диссертаций. Получены 6 патентов РФ и 3 свидетельства о гос. регистрации программ для ЭВМ.

Тема диссертации соответствует заявленной научной специальности. Полученные результаты отвечают поставленной цели и задачам. Диссертация апробирована. В приложениях приведены акты внедрения разработок.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Замечания.

1. На рисунках 3.2-3.4 представлены дифрактограммы полученных при различных давлениях газовой смеси порошков нитрида, диоксида и карбида титана. Синтезированные порошки представляют собой смеси как минимум двух фаз. Обычно в таком случае на рисунках обозначают фазы, а не индексы

плоскостей кристаллических решеток. Рисунки приведены в качестве иллюстрации положения об уменьшении кристалличности наночастиц при увеличении давления газовой смеси. Однако сделать такой вывод по приведенным дифрактограммам нельзя, может быть сделано только заключение об изменении соотношения фаз. В данном случае требуются таблицы и их описание. Аналогично обстоят дела и с доказательством наличия текстуры у наночастиц полученных порошков.

Высказанные замечания относятся также к рисункам 3.11-3.13 и 3.18.

2. Если на подложку осаждалось 20 % (с. 175) от общего количества наночастиц, а в дальнейшем изучались только наночастицы с подложки, то, что представляли собой остальные 80 %? И ставился ли вопрос об использовании полученных «отходов»?

Во всех случаях получены смеси порошков. Каким образом автор предлагает их разделять?

3. На рисунке 5.11 приведены ИК-спектры нанопорошков оксида меди, синтезированных при различном содержании кислорода в смеси. Приведенные спектры практически одинаковы и без дополнительной обработки (выделение отдельных фрагментов и т.д.) не информативны, поскольку наличие гидроксидов на поверхности оксидных нанопорошков в воздушной атмосфере очевидно.

4. При оформлении работы допущен ряд ошибок. Так, подписи осей на рисунках 5.10-5.12 приведены на английском языке, хотя это именно рисунки, а не фотографии с приборов. В тексте встречаются стилистические ошибки, пропуски слов, несогласованность в предложениях (например, с. 124, с. 182 и т.д.).

Общее заключение по диссертации:

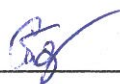
Диссертация Ушакова Анатолия Васильевича соответствует специальности 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы, имеет внутреннее единство и является завершённой научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором теоретических и экспериментальных исследований решена научная проблема создания технологии плазмохимического синтеза нанодисперсных порошков тугоплавких неорганических соединений в плазме дугового разряда низкого давления в различных реакционных средах, имеющая важное социально-экономическое и хозяйственное значение.

Диссертация соответствует требованиям п.9 "Положения о порядке присуждения учёных степеней" постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а её автор Ушаков Анатолий Васильевич достоин присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Официальный оппонент:

профессор кафедры «Материалы, технологии и конструирование машин» механико-технологического факультета ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (ПНИПУ), д-р техн. наук (05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы),
614013, г. Пермь, ул. Проф. Поздеева, 6.
(342)2391127, (342)2391199.
sw.porozova@yandex.ru

Порозова
Светлана Евгеньевна



Подпись С.Е. Порозовой заверяю.
Ученый секретарь ПНИПУ

(Макаревич В.И.)

14 ноября 2016 г.

