

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ушакова Анатолия Васильевича

**по теме: ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ**

### **НАНОДИСПЕРСНЫХ И НАНОКОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПЛАЗМЕ ДУГОВОГО РАЗРЯДА НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ**

Задача разработки научных основ направленного плазмохимического синтеза нанодисперсных и нанокпозиционных материалов на основе тугоплавких неорганических соединений в плазме дугового разряда низкого давления в различных реакционных средах и исследование их уникальных физико-химических и технологических свойств является актуальной в плане развития целого ряда междисциплинарных приложений в современном материаловедении.

Автор создал плазмохимический комплекс для синтеза нанодисперсных и нанокпозиционных материалов, использующий плазменно-дуговое испарение токопроводящих материалов, проведение управляемых плазмохимических реакций в контролируемой реакционной среде.

Выявлены основные технологические параметры комплекса (давление и вид газовой смеси, геометрические параметры плазмохимического реактора, магнитное поле, состояния и температуры катода и т.д.), проведены исследования на дисперсность, кристалличность, морфологию и фазовый состав получаемых наночастиц.

Проведено экспериментальное и теоретическое исследование процесса зарождения и роста наночастиц в паро-плазменной фазе прикатодной области вакуумной дуги и дана оценка вклада парового и кластерного механизма конденсации. На основе полученных данных произведено моделирование физических процессов прикатодной области, подтверждающей решающее влияние этих параметров на синтез нанодисперсных материалов в плазме дугового разряда низкого давления. Были получены нанодисперсные материалы на основе тугоплавких неорганических соединений в различных реакционных средах и исследованы их физико-химические и технологические свойства.

Предложена математическая модель физических процессов в прикатодной области вакуумной дуги. Показано, что термические процессы поддерживаются искровыми разрядами в среде металлического пара материала катода с образованием лавинно-стримерного перехода и для разработки технологии достаточно учитывать только параметр подобия  $rd$ . Данная модель реализована в виде программы для ЭВМ и найдено численное решение системы дифференциальных уравнений в частных производных для оценки взаимодействия крупных капель с нагретым буферным газом в прикатодной области дугового разряда низкого давления. Установлен механизм влияния теплового состояния катода на дисперсность получаемых наноматериалов.

Предложены способ (патент №2468989) и устройство (патент №2167743) для получения нанодисперсных материалов в плазме дугового разряда низкого давления, способ (патент № 2477763) и устройство (патенты № 2486990, №2556185) для получения нанокпозиционных порошковых материалов. Опытно-промышленная установка, комплекс плазмохимического синтеза и анализа наноструктур (ГК № 16.518.11.7107) и технологии получения нанодисперсных и нанокпозиционных материалов реализованы в научно-исследовательской лаборатории кафедры ЮНЕСКО «Новые материалы и технологии» при ФГАОУ ВО Сибирского федерального университета, г.Красноярск.

Результаты работы были использованы для получения нанопорошков металлов и тугоплавких химических соединений при выполнении контракта INTAS-AIRBUS Toulouse France, АО «Информационные спутниковые системы» г. Железногорск Красноярского края, министерством образования и науки Российской Федерации г. Москва. Полученные нанокomпозиционные материалы были использованы при выполнении контракта с Институтом физики им. Л. В. Киренского СО РАН, ООО «Сибцветметремонт» г. Красноярск. Полученные научные результаты были использованы при подготовке монографии, учебных пособий и учебно-методических материалов, в проведениях занятий по курсам лекций «Материалы авиационной и космической техники», «Получение и свойства порошков и волокон», «Обработка материалов концентрированными потоками энергии» в ФГАОУ ВО Сибирского федерального университета, г. Красноярск.

По материалам диссертации опубликованы 1 монография, 4 статья в периодических изданиях, рекомендованных ВАК, 6 патентов РФ и 3 свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ

Диссертационная работа Ушакова А.В. по объему и содержанию, новизне полученных результатов, их достоверности, научной и практической значимости, а также представленный автореферат позволяет заключить, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, отвечающей требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Ушаков Анатолий Васильевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.06 – порошковая металлургия и композиционные материалы

Директор инновационно-технологического центра Алтайского государственного технического университета им.И.И.Ползунова, д.т.н., профессор

Ситников Александр Андреевич

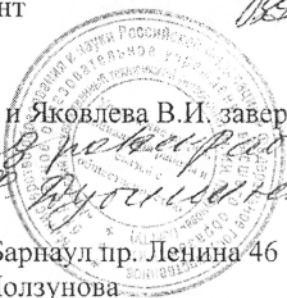
Заведующий ПНИЛ СВС Алтайского государственного технического университета им.И.И.Ползунова, к.т.н., доцент

Яковлев Владимир Иванович

Подписи Ситникова А.А. и Яковлева В.И. заверяю

*И.И. Рудомин*

656038 РФ Алтайский край г. Барнаул пр. Ленина 46  
ФГБ ОУ ВО АлтГТУ им И.И.Ползунова  
ИТЦ, ПНИЛ СВС-материаловедения им. В.В.Евстигнеева  
Тел. 8-913-216-02-76,8-905-982-16-09



23.11.2016