

ОТЗЫВ

официального оппонента Порозовой Светланы Евгеньевны
на диссертацию **Ноздрин Игорь Викторовича**
«Разработка научных основ и технологии плазмометаллургического
производства нанопорошков боридов и карбидов хрома»
на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности
05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы

Актуальность темы диссертации определяется необходимостью разработки новых керамических и композиционных материалов с улучшенными характеристиками для решения новых конструкторских задач, отвечающих вызовам современного уровня развития мировой экономики. Развитые страны мира переходят к формированию новой технологической базы экономических систем, основанных на использовании новейших достижений науки (V и VI технологические уклады). Ключевыми направлениями развития VI технологического уклада являются биотехнологии, нанотехнологии и наноматериалы, системы искусственного интеллекта и глобальные информационные сети.

Практически все указанные направления ставят перед современным материаловедением ряд проблем, без решения которых невозможно добиться прогресса в научно-техническом развитии человечества. Одной из таких проблем является разработка технологических основ получения синтетических нанодисперсных порошков различных видов от порошков металлов, наноалмазов (и других углеродных структур) до нанопорошков как оксидной, так и бескислородной керамики. При этом наиболее перспективным путем синтеза хорошо окристаллизованных соединений, которые наиболее ярко проявляют свойственные наносостоянию вещества физико-химические характеристики, является синтез «снизу вверх». К числу таких технологий относится и плазмометаллургия, позволяющая при варьировании сырьевых материалов и условий протекания процесса получать различные металлы, сплавы и керамические соединения.

Разработка плазмометаллургических процессов получения порошков, соответствующих новому уровню требований, и их внедрение в производственную практику является актуальной задачей, соответствующей стратегическим целям государственной научно-технической политики, и имеющей большое народно-хозяйственное значение.

В представленной работе в качестве объектов исследования выбраны процессы и технология плазмометаллургического получения нанопорошков

бор- и углеродсодержащих соединений хрома для создания новых композиционных материалов.

Основная идея диссертации – разработка научных основ и технологии плазмометаллургического производства нанопорошков борида и карбида хрома. Работа является продолжением и развитием научных исследований и промышленных разработок научной школы академика РАН М.Ф. Жукова. Работа носит комплексный характер, т.к. в ходе ее реализации созданы промышленный трехструйный прямоточный плазменный реактор мощностью 150 кВт, дозатор малосыпучего высокодисперсного сырья, электродуговой подогреватель газовой азот-кислородной смеси для трехструйного прямоточного плазмометаллургического реактора, рукавный фильтр для улавливания нанопорошков. Оригинальность разработок подтверждена патентами РФ. Для оптимизации технологических параметров разработаны компьютерные программы, зарегистрированные в объединенном фонде электронных ресурсов «Наука и образование» РАО.

Разработанные оригинальные устройства для осуществления технологического процесса позволили осуществить оптимизацию процесса на основе теоретических и экспериментальных исследований. По результатам термодинамического и кинетического моделирования высокотемпературных процессов проведен выбор сырьевых материалов для получения нанопорошков борида и карбида хрома в плазменном реакторе.

В работе показаны также возможности применения разработанных порошков. На основании результатов исследований процессов нанесения композиционных гальванических покрытий определены оптимальные условия и разработана технологическая документация для применения нанопорошков борида, карбонитрида и карбида хрома в составе коррозионно- и износостойких покрытий для упрочнения деталей, инструмента и оснастки.

Наиболее значимыми результатами диссертации следует признать

- определение для многокомпонентных химических систем В-Н-Н, Cr-O-C-V-H-N, Cr-V-H-N, Cr-Cl-V-H-N и C-H-N, Cr-O-C-H-N, Cr-C-H-N, Cr-Cl-C-H-N термодинамических условий и закономерностей пиролиза углеводородного и «газификации» хром-борсодержащего сырья, боридо- и карбидообразования.
- создание комплекса промышленного оборудования для плазмометаллургического синтеза нанопорошков борида, карбонитрида и карбида хрома, существенно превосходящего по эксплуатационным характеристикам известные аналоги;
- результаты исследования полученных порошков;

- разработку технологического процесса получения гальванических композиционных покрытий на основе никеля и цинка для упрочнения деталей, инструмента и оснастки.

Новыми научными результатами, полученными автором, являются

- закономерности получения нанопорошков борида хрома CrB_2 , и карбонитрида хрома $\text{Cr}_3(\text{C}_{0,8}\text{N}_{0,2})_2$ плазменными борированием и карбидизацией хрома, оксида Cr_2O_3 и хлорида CrCl_3 боро- и углеводородами;
- определение общего для условий азотного и азотно-водородного плазменных потоков и используемого сырья механизма образования конденсированных продуктов;
- физико-химические характеристики и условия эффективного рафинирования продуктов синтеза;
- определение особенностей аэродинамики и теплообмена плазменно-сырьевого потока в футерованном канале плазмометаллургического реактора;
- особенности формирования гальванического покрытия на стальных деталях при использовании нано- и микропорошков, влияние размера порошка на эксплуатационные характеристики полученных покрытий.

Достоверность полученных результатов подтверждается качественным и количественным согласованием результатов теоретических исследований с проведенными экспериментальными исследованиями. В работе использованы известные методы моделирования взаимодействия плазменного и сырьевого потоков, экспериментального исследования высокотемпературных и высокоскоростных металлургических процессов и математического планирования экспериментов. Для проведения исследования полученных порошков и покрытий использованы современные методы изучения физико-химических характеристик материалов.

Результаты работы прошли успешную апробацию в условиях производства. Оборудование и технологические процессы плазмометаллургического производства нанопорошков борида, карбонитрида и карбида хрома внедрены в ООО «Полимет». Освоены технологические процессы получения коррозионно- и износостойких гальванических композиционных покрытий на основе никеля и цинка, содержащих нанопорошки борида и карбонитрида хрома (ООО «Инссталь», ОАО «Издательство «Советская Сибирь»).

Полученные результаты могут быть рекомендованы для получения на различных предприятиях машиностроения, в т.ч. и специального, гальванических композиционных покрытий с повышенной коррозионной и

износостойкостью, и сверхтвердых, жаростойких материалов, обеспечивающих работу изделий в экстремальных условиях.

Диссертация содержит 295 с. основного текста, приложения на 28 с., список литературы из 321 наименования.

По теме диссертации автором опубликовано 75 работ, в том числе 4 монографии (в соавторстве), 22 статьи в рецензируемых журналах из списка рекомендованных ВАК для публикации результатов докторских диссертаций, 6 патентов РФ.

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

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Замечания.

1. Почему при формулировке цели и задач ни слова не сказано о карбонитриде хрома, реально полученном по плазмометаллургической технологии и изучавшемся в работе не только как предшественник карбида хрома? Почему в формулировке цели область применения полученных порошков ограничивается только композиционными покрытиями на основе никеля и цинка, хотя последние могли быть представлены в задачах исследования как пример улучшения свойств композиционных гальванических покрытий?

2. В списке литературы представлено мало зарубежных источников, особенно за последние 10-15 лет. Наряду с этим, высокий уровень самоцитирования.

3. При анализе сырьевых материалов и синтезированных порошков часто применяли метод тепловой десорбции азота (метод БЭТ). Почему проводили расчет размера частиц по удельной поверхности даже в тех случаях, когда по данным других методов было известно, что частицы имеют дендритную форму (табл.5.3; рис.5,5)? Как определяли плотность двухфазных материалов для расчета размера частиц (табл. 5.3 и 5.4)?

4. Какова, по мнению автора, роль двойного электрического слоя при формировании гальванических композиционных покрытий из электролитов с добавками нанопорошков? Чем объясняется отсутствие хрома при анализе покрытий с нанопорошками и его наличие в случае использования микропорошков (рис.6.5, 6.6; табл.6.4)? Применялись ли специальные методы диспергирования нанопорошков в электролитах?

Общее заключение по диссертации:

Диссертация Ноздрин Игорь Викторовича соответствует специальности 05.16.06.– Порошковая металлургия и композиционные покрытия, имеет внутреннее единство и является завершённой научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная проблема создания на основе теоретических и экспериментальных исследований эффективной промышленной технологии плазмометаллургического производства нанопорошков борида, карбонитрида и карбида хрома для создания композиционных материалов с новым уровнем служебных свойств, 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 Ноздрин Игорь Викторович достоин присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные покрытия.

Официальный оппонент:

профессор кафедры «Материалы, технологии и конструирование машин» механико-технологического факультета ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (ПНИПУ), д-р техн. наук (05.16.06 – порошковая металлургия и композиционные материалы)

Порозова
Светлана Евгеньевна

Подпись С.Е. Порозовой заверяю:

Ученый секретарь ПНИПУ

(Макаревич В.И.)

11 января 2016 г.

Почтовый адрес:

614990, Россия, г. Пермь, Комсомольский пр., д. 29,
телефон: (342)2391127; эл.адрес: sw.porozova@yandex.ru