

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертационную работу Гурова Александра Алексеевича
«Формирование фазового состава, микроструктуры и поверхности функциональных материалов при консолидации нанопорошка диоксида титана», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы

В настоящее время керамические материалы успешно применяются в космической технике, машиностроении, электронной и химической промышленности, атомной энергетике. Вместе с тем постоянно растет и диктуемая новыми требованиями к материалам потребность в новых разработках. Несмотря на значительное количество работ, как в России, так и в мире в целом, исследования порошков и материалов на основе диоксида титана остаются актуальными, особенно в том случае, когда речь идет о нанопорошках и наноструктурированных покрытиях, их получении, особенностях процессов консолидации, свойствах и применении.

Целью работы явилась разработка объемных материалов и функциональных покрытий на основе наноразмерного порошка диоксида титана. Разработка собственного метода синтеза нанопорошка диоксида титана оказалась продиктованной целью исследования насущной необходимостью. Промышленный синтез нанопорошков с воспроизводимыми характеристиками в настоящее время отсутствует. Между тем известно, что свойства порошков диоксида титана очень сильно зависят от условий синтеза.

В работе исследованы закономерности процессов формирования объемного материала из нанопорошка диоксида титана с размером частиц 15-30 нм. Показано, что переход анатаза в рутил происходит в интервале температур от 800-1000 °С и сопровождается линейной усадкой 20 %. Разработан режим спекания материала. Установлена иерархическая структура спеченного материала на основе наноразмерного порошка диоксида титана. Впервые проведены исследования формирования материала из нанопорошка диоксида титана при плазменно-искровом спекании. Отмечено изменение фазового состава материала с появлением углеродсодержащих фаз и нарушением структуры рутила и образование крупных пластинчатых структур. Показаны различия в формировании структуры высокопористых материалов из микронных и наноразмерных порошков. Установлено, что при получении пористых материалов методом дублирования полимерной матрицы роль первичных элементов структуры играют агломераты наночастиц, образованные в процессе механохимической активации. Отмечен эффект залечивания внутренних каналов в перемычках, способствующий улучшению прочности и коррозионной стойкости материала. Проведено комплексное исследование покрытия (толщина 60-80 мкм) на основе фазы анатаз на поверхности рутила. Полученное покрытие проявляет антибактериальные и фотокаталитические свойства без применения ультрафиолетового излучения.

Практическая значимость. Разработана методика синтеза порошка диоксида титана с размером частиц 15-30 нм для применения при получении объемных материалов. Установленные особенности структуры спеченных образцов из наноразмерного диоксида титана позволяют рассматривать его наряду с карбидами и карбосилицидами диоксида титана в качестве основы для слоистых композиционных материалов. Получены

высокопористые материалы со сложным рельефом поверхности, которые могут быть использованы в каталитических и фильтрующих системах. Разработан способ нанесения покрытия анатаза на поверхность рутила и титанового сплава. Материалы с разработанным покрытием показали наличие биоинтеграционных и биосовместимых характеристик и рекомендованы для использования в ортопедической стоматологии.

Достоверность экспериментальных данных обеспечивается использованием современных средств и методик проведения исследования. Изучение характеристик порошков и материалов проводили на термомеханическом анализаторе *SETSYS Evolution* фирмы *SETARAM Instrumentation* (Франция) с использованием программы *SETSOFT 2000*; дифрактометре *XRD-6000, Shimadzu* с использованием пакета программ для сбора и обработки данных *Shimadzu XRD-6000/7000 V5.21*; многофункциональном спектрометре комбинационного рассеяния света «*SENTERRA*» (*Bruker*, Германия); Фурье-спектрометре *IFS-66 (Bruker, Германия)*, автоэмиссионном растровом электронном микроскопе *ULTRA 55 (Carl Zeiss, Германия)*.

Гуров А.А. выпускник кафедры «Материалы, технологии и конструирование машин» по специальности «Нanomатериалы». По окончании специалитета поступил в аспирантуру по специальности 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы. За годы учебы Гуровым А.А. опубликовано свыше 20 работ, получено 2 патента на изобретения.

Одновременно с учебой с 3 курса Гуров А.А. начал работать в качестве лаборанта, инженера и м.н.с. НИЧ. Освоил приемы работы на высокотехнологичном исследовательском оборудовании. В период подготовки диссертации соискатель работал в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» Министерства образования и науки Российской Федерации, на кафедре «Материалы, технологии и конструирование машин» в должностях учебного мастера, заведующего учебной лабораторией, осуществляя подготовку помещений и оборудования для учебного процесса.

Диссертация выполнена при поддержке проекта № 1769 «Изучение процессов формирования структуры компактных и пористых материалов на основе нанопорошков соединений титана и циркония» в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки вузам за 2014-2016 гг. и при поддержке проекта № 11.8353.2017/8.9 «Физико-химические процессы создания жаростойких керамических материалов для авиационного двигателестроения» в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки вузам за 2017-2019 гг..

Основные положения и результаты докладывались на международных и всероссийских конференциях. Среди них: VIII Международная научная конференция «Кинетика и механизм кристаллизации. Кристаллизация как форма самоорганизации вещества» г. Иваново, 2014 г.; V и VI Международные конференции «От наноструктур, наноматериалов и нанотехнологий к Наноиндустрии» г. Ижевск, 2015 и 2017 гг.; XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии, г. Екатеринбург, 2016 г.

По результатам исследования автором опубликовано 20 печатных работ. Приоритет результатов подтвержден 2 патентами.

Полученные в ходе исследования результаты используются в учебном процессе на кафедре «Материалы, технологии и конструирование машин» ПНИПУ при чтении лекций по курсам «Новые композиционные и керамические материалы», «Процессы получения наночастиц и наноматериалов, нанотехнология», «Основы золь-гель технологии».

Гуров А.А. зарекомендовал себя грамотным специалистом, способным самостоятельно поставить и решить научно-технические задачи.

Работа выполнена на высоком экспериментальном уровне, обладает актуальностью, научной новизной, достоверностью и практической значимостью. Диссертация соответствует требованиям п.9 "Положения о порядке присуждения учёных степеней" постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а её автор, Гуров Александр Алексеевич, достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Научный руководитель:

профессор кафедры «Материалы, технологии и конструирование машин» ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», доктор технических наук (05.16.06), доцент

 Порозова Светлана
Евгеньевна

Подпись профессора кафедры «Материалы, технологии и конструирование машин» удостоверяю.

Ученый секретарь ПНИПУ,
к. ист. наук, доцент

 Макаревич В.И.