

## УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

д.х.н., профессор

И.Г. Остроумов

«3» мая 2018 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Юдин Андрея Григорьевича «Формирование наноструктурных оксидных и металлических микросфер в процессе спрей-пиролиза аэрозолей растворов солей», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.08 - Нанотехнологии и наноматериалы (металлургия)

В связи с быстрым развитием науки и техники растет потребность в разработке новых материалов и исследовании их морфологических характеристик и характеристик дисперсности, и соответственно растет потребность в разработке новых методов получения материалов, позволяющих контролировать в процессе синтеза характеристики морфологии и дисперсности. Наноструктурные материалы все более широко находят свое применение в области лакокрасочных материалов, в частности высоковязких красок (паст) и в качестве функциональных наполнителей для композиционных материалов на основе органических матриц.

В процессе получения наноструктурных материалов важным аспектом является создание термодинамического напора (пересыщения по концентрации, наличие температурного градиента и т.д.). Как правило, в используемых методах термодинамический напор осуществляется за счет одного или двух типов воздействия. В предложенной методике синтеза наноструктурных материалов методом спрей-пиролиза сочетается три аспекта воздействия: 1) локальность воздействия, 2) высокий градиент температур, 3) малое время воздействия.

Принимая во внимание выше изложенное, диссертацию Юдина А.Г. на тему: «Формирование наноструктурных оксидных и металлических микросфер в процессе спрей-пиролиза аэрозолей растворов солей» следует считать **актуальной в фундаментальном и прикладном аспектах.**

**Научная новизна** работы заключается в установлении теоретических закономерностей формирования капель аэрозоля под воздействие ультразвуковых колебаний в зависимости от концентрации исходного раствора соли в интервале 5-35 % по



массе и частоты работы ультразвукового генератора в интервале 1-3 МГц. А также в установлении последовательности превращений при формировании полых наноструктурных оксидных микросфер NiO в процессах дегидратации и пиролиза исходной капли распыленного солевого раствора и последующего восстановления до металла. Путем варьирования температуры пиролиза, концентрации раствора прекурсора и степени его превращения, предложены основные принципы регулирования структурных характеристик микросфер: диаметра, распределения по размерам, среднего размера наноструктурных составляющих, толщины и пористости стенок микросфер. В ходе работы установлены основные закономерности изменения морфологии полых наноструктурных микросфер Ni в процессе металлизации микросфер NiO, связанные с увеличением среднего размера структурных элементов, составляющих стенки полых микросфер, с 10-20 до 30-60 нм и появлением пор. Также показана возможность получения оксидных, металлооксидных и металлических полых наноструктурных микросфер заданного состава и показаны перспективы их практического использования.

**Практическая значимость работы** заключается в том, что результаты, полученные в ходе выполнения диссертационной работы представляют собой несомненный практический интерес ввиду возможности использования полученных результатов в различных отраслях науки и техники, в частности использование полых микросфер в качестве пигментов специального назначения, а также возможности использования полых микросфер оксида алюминия в качестве дисперсноупрочняющего наполнителя для композиционных материалов медицинского назначения.

Результаты диссертационной работы были апробированы в условиях ООО «Функциональные наноматериалы», согласно акту о внедрении результатов диссертационной работы от 12.01.2017.

В процессе диссертационного исследования автором были зарегистрированы два ноу-хау.

Диссертационная работа построена традиционным образом и состоит из введения, аналитического обзора литературы, экспериментальной части, четырех глав, содержащих полученные результаты и их обсуждение, выводов, одного приложения и списка используемой литературы из 172 источников. Диссертационная работа изложена на 128 страницах, содержит 54 рисунка и 29 таблиц.

Во введении показана актуальность представленной диссертационной работы, установлены цели и задачи диссертационной работы, а также показана научная новизна

В первой главе представлен аналитический обзор научной литературы, в котором освещены существующие методики синтеза наноструктурных материалов различными методами, а также представлены данные по существующим вариациям метода спрей-пиролиза.

Во второй главе представлены объекты и методы исследования, а также используемые в работе прекурсоры и методики синтеза полученных образцов.

В третьей главе представлены теоретические расчеты толщины стенок получаемых полых наноструктурных микросфер, а также представлены зависимости диаметра формирующихся капель при различных параметрах распыления.

В четвертой главе представлены исследования морфологии и дисперсности микросфер на примере синтеза оксида никеля полученных методом спрей-пиролиза из



ацетата никеля, нитрата никеля и комбинированием глицин-нитратной технологии и метода спрей-пиролиза.

В пятой главе представлены результаты синтеза оксидных материалов, металлоксидных и металлических материалов.

В шестой главе представлены варианты практического применения микросфер в качестве пигментов специального назначения и в качестве дисперсноупрочняющего наполнителя для композиционных материалов.

Диссертационная работа Юдин А.Г. представляет собой законченное исследование, выполненное на высоком теоретическом и экспериментальном уровне и вносящее существенный вклад в материаловедение и нанотехнологии. В диссертационной работе решена важная задача – разработаны основы синтеза полых наноструктурных микросфер методом спрей-пиролиза, а также принципов регулирования состава, морфологии и дисперсности.

**Достоверность результатов исследования** Юдина А.Г. подтверждается объемом полученных экспериментальных результатов и использованием комплекса прецизионных методов исследования, сбора и обработки информации, обеспечивающих статистическую достоверность результатов измерений. Полученные автором экспериментальные данные согласуются с результатами из независимых источников по данной тематике.

Однако работа не лишена недостатков. Имеются следующие замечания:

1 В пункте 1.8 аналитического обзора научной литературы представлены устаревшие данные.

2 Во второй главе пункте 2.4.10 описана методика исследования плотности и пористости компактов полученных методом холодного прессования исключительно для  $\text{Ni}_3\text{Fe}$ . Не понятно почему данную методику нельзя использовать для других материалов.

3 В четвертой главе представленной работы отсутствует обоснование использования в качестве исходных реактивов для получения полых наноструктурных микросфер оксида никеля ацетата никеля и нитрата никеля.

4 В пятой главе при синтезе  $\text{Ni}_3\text{Fe}$  на рентгенограмме образца после восстановления присутствуют только линии соответствующие металлическому никелю.

5 В шестой главе в пункте 6.1 Использование полых микросфер в качестве наполнителя для лакокрасочных материалов не представлены марки используемых высоковязких красок, а также не представлено какие используются концентрации полых наноструктурных микросфер синтезированных методом спрей-пиролиза из растворов солей.

6 В представленной работе в шестой главе отсутствуют сведения о механических свойствах композиционного материала с добавлением микросфер оксида алюминия.

Сделанные замечания ни в коей мере не снижают высокой оценки проведенных исследований и не уменьшают принципиальной значимости полученных результатов. Текст диссертации изложен в надлежащем стиле и оформлен в соответствии с установленными требованиями. Материалы, представленные в диссертации, свидетельствуют о высокой профессиональной квалификации соискателя. Полученные в диссертационной работе результаты базируются на применении современных методов исследования, дающих достаточно объективную информацию о характере исследованных явлений. Сделанные



выводы достаточно аргументированы и находятся в соответствии с существующими теоретическими представлениями. Основные результаты, полученные диссертантом, опубликованы в шести статьях в научных журналах из списка ВАК и доложены на восьми Международных и Российских конференциях.

Результаты и выводы по диссертационной работе, могут быть **рекомендованы к использованию** в научно-исследовательских и технологических организациях, направленных на получение перспективных материалов специального назначения, а также направленных на моделирование процессов синтеза. Полученные результаты, могут быть широко использованы в области лакокрасочных материалов, в частности в области получения высоковязких красок. Результаты, полученные в диссертационной работе, могут быть использованы для синтеза одно- и многокомпонентных систем полых наноструктурных микросфер. Теоретические результаты, полученные в ходе проведения исследования, позволяют прогнозировать морфологические характеристики получаемого материала. Экспериментальные данные и зависимости, полученные в ходе выполнения работы, могут быть использованы при разработке курса лекций по материаловедению и в частности наноматериалам.

Представленная к защите диссертационная работа «Формирование наноструктурных оксидных и металлических микросфер в процессе спрей-пиролиза аэрозолей растворов солей» по экспериментальному, методическому и теоретическому объему исследований, научной новизне, актуальности, теоретической и практической значимости полностью соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемых к кандидатским диссертациям в соответствии с п.п. 9-14 «Положения о присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 № 842), а ее автор Юдин Андрей Григорьевич заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.16.08 – Нанотехнология и наноматериалы (металлургия).

Автореферат и публикации адекватно и полно отражают основное содержание диссертаций.

Диссертация Юдина А.Г. рассмотрена на заседании кафедры «Химия и химическая технология материалов» СГТУ имени Гагарина Ю.А., протокол № 5 от 18 апреля 2018 г.

Профессор кафедры  
«Химия и химическая  
технология материалов»  
д.х.н., профессор

Гоффман Владимир Георгиевич

Заместитель заведующего  
кафедрой «Химия и химическая  
технология материалов»  
к.х.н., доцент

Никитюк Татьяна Валентиновна

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

*Подпись  
Замруководителя*

*Горюхиной В.В.*

*и Никитюк Т.В.*



Управление кадров  
Тарасова Т.А.