

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки

ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ
И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ
им. А.А. Байкова
Российской академии наук
(ИМЕТ РАН)

119334, Москва, Ленинский пр., 49
Тел. (499) 135-20-60, факс: 135-86-80
E-mail: imet@imet.ac.ru <http://www.imet.ac.ru>
ОКПО 02698772, ОГРН 1027700298702
ИНН/КПП 7736045483/773601001

14.11.2022 № 12202 2115-913/4

На № _____

Г _____

Г _____

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель директора
Федерального
государственного
бюджетного учреждения
науки
Института металлургии и
материаловедения
им. А.А. Байкова
Российской академии наук
(ИМЕТ РАН)
д.т.н. И.О. Банных



« 14 » 2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Айдемир Тимура «Композиты на основе наночастиц FeCo: получение, структура и свойства», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 «Материаловедение» (технические науки)

Актуальность работы

В настоящее время одним из приоритетных направлений развития современных технологий и техники является разработка композиционных материалов благодаря уникальному сочетанию ценных свойств полимерных матриц как пленкообразование, механическая прочность, хемо- и коррозионная стойкость, с одной стороны, и функциональных свойств нанонаполнителей, с другой. Данное обстоятельство позволяет рассматривать такие материалы в качестве перспективных для использования в авиакосмической технике, приборостроении, микроэлектронике, медицине и других высокотехнологичных областях промышленности. В связи с возрастающим уровнем требований к современным материалам перспективным для улучшения физико-химических и функциональных свойств (магнитных, трибологических, электрофизических, тепло- и термостойкость и др.) является разработка гибридных биметаллических наноматериалов в углеродной матрице. Автор использует в диссертационной

работе один из перспективных способов получения металлополимерных наночастиц – метод фронтальной полимеризации мономерных прекурсоров с последующим контролируемым термолизом продуктов реакции. В связи с этим актуальность диссертационной работы, посвященной разработке композиционных материалов на основе биметаллических наночастиц Fe(III) и Co(II), исследовании их физико-механических и функциональных свойств представляет научный и практический интерес, поскольку в ней получили дальнейшее развитие фундаментальные и прикладные аспекты металлосодержащих нанокомпозитов.

Общая характеристика работы

Диссертационная работа Т. Айдемир построена по традиционному плану и состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части с описанием материалов и методов исследования, обсуждения результатов, выводов, списка литературы и приложения.

Автором проведен обзор литературы, который полностью соответствует предмету исследования, и подробно, на современном уровне, информирует читателя о состоянии проблемы. Вначале автором дан сопоставительный анализ различных методов получения и свойств полимерных нанокомпозиционных материалов, содержащих наночастицы FeCo. Особое внимание уделено композиционным материалам, содержащим наночастицы металлов в азот-допированной углеродной структуре. Далее, Т. Айдемир приводит обсуждение особенностей строения и свойств таких материалов, обусловленных, с одной стороны, полимерной составляющей, и специфическими функциональными характеристиками, привносимыми металлосодержащими наноструктурами, с другой. Более подробно автор останавливается в обзоре на математических подходах к оценке внутреннего (вязкостного) трения материалов. В конце обзора автор дает критическое заключение о недостатках существующих методов синтеза, связанных с неопределенностью фазового состава и строения получаемого материала, трудностью точного соблюдения необходимого соотношения атомов в синтезируемых частицах, а также сравнительной сложностью метода. Таким образом, решению указанных проблем и посвящена диссертационная работа Тимура Айдемир.

Автор описывает применяемые им методы получения и исследования структуры и свойств, получаемых нанокомпозиционных материалов с привлечением современного оборудования механического и физико-химического анализов.

В работе показано, что изучение фазовых превращений Fe(III)Co(II)-акриламидного комплекса в процессе твердофазной полимеризации позволяет вести контроль над структурой образующихся наночастиц. Эта задача потребовала от автора варьирования времени фиксации изменения фазы в системе. Установлена стадийность термического превращения в системе FeCoAAm: последовательное отщепление молекул воды с образованием безводной фазы и полимеризация. По данным микроструктурного и элементного анализа продуктов фронтальной полимеризации и последующего термолиза, доказано, что полиакриламидные комплексы Fe(III)Co(II) могут служить в качестве молекулярных прекурсоров биметаллических наночастиц FeCo в N-допированной углеродной оболочке.

Большое внимание автором уделено анализу теплофизических, механических и функциональных свойств нанокompозитов. В работе показано, что полученные нанокompозиционные материалы на основе наночастиц FeCo/C-N в матрице полиэтилена обладают повышенной термической стабильностью по сравнению с исходным полиэтиленом. Установлено, что добавление в полиэтилен металлополимерных прекурсоров FeCoPolyAAm с концентрацией 1 и 2 масс. % способствует уменьшению износа пары трения в 2,5 раза в сравнении с износом при трении полиэтилена, что коррелирует с результатами антифрикционных испытаний и позволяет применить модель многофазного сдвига. Показано увеличение демпфирующей способности композиционных материалов FeCo/C-N/ПЭВД на частоте 1 Гц и амплитуде колебаний 30 мкм в широком интервале температур от -150 до 130 °С. Показано, что нанокompозиционные материалы с магнитоактивными наночастицами FeCo проявляют свойства ферромагнитных и суперпарамагнитных материалов. Значения коэрцитивной силы H_c и намагниченность насыщения M_s для образца с 10 масс. % наночастиц составляют 119 Э и 10 эме/г соответственно. Продемонстрировано, что магнитореологические жидкости на основе FeCo/C-N способны значительно повышать вязкость растворителя в диапазоне от 0,1 до 1 Гц, что позволяет их использовать для низкочастотных механических устройств.

Научная новизна диссертационной работы Айдемир Тимура не вызывает сомнения и заключается в следующем:

- Впервые получены функциональные материалы на основе биметаллических наночастиц FeCo в углеродной матрице, допированной атомами азота, путем твердофазной термически инициированной фронтальной полимеризации

сокристаллизатных полиакриламидных комплексов металлов Fe(III)Co(II) и последующего контролируемого термолиза полимерных продуктов.

- Показано, что использование сокристаллизатов акриламидных комплексов нитратов Fe(III)Co(II) для получения полимерных материалов как молекулярных прекурсоров наночастиц FeCo/C-N является технологически выгодным, поскольку позволяет получать биметаллические наночастицы FeCo в углеродной оболочке, допированной азотом, без каких-либо внешних инициаторов или активаторов.

- Продемонстрирована термическая стабильность композиционных материалов на основе наночастиц FeCo/C-N в ПЭВД матрице, подтвержденная индексом термостойкости, который увеличивается с ростом концентрации FeCo/C-N с 237 до 241 °С, а также данными ДСК и ТГА.

- Показаны перспективные направления применения материалов на основе композитов FeCoPolyAAm/ПЭВД в качестве эффективных антифрикционных систем (снижение износа пары трения в 2,5 раза) и наночастиц FeCo/C-N в качестве функциональных магнитоактивных наполнителей для магнитореологических жидкостей.

- Продемонстрирована демпфирующая способность полученных композиционных материалов FeCoPolyAAm/ПЭВД (максимум достигается при концентрации 10 масс.%, температура от 0 до 130°С, демпфирование от 0,14 до 0,21 отн.ед.) и FeCo/C-N/ПЭВД (максимум достигается при концентрации 5 масс.%, температура от -150 до 130°С, демпфирование от 0,15 до 0,2 отн.ед.).

- Разработана концепция демпфирующего устройства с нанодисперсной магнитореологической жидкостью на основе наночастиц FeCo/C-N.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Разработанные методы получения функциональных материалов на основе наночастиц FeCo/C-N позволяют одновременно формировать высокодисперсные биметаллические наночастицы и стабилизирующую их C-N оболочку. Полученные композиты на основе ПЭВД матриц, наполненные частицами полиакриламидного комплекса FeCoPolyAAm могут быть пригодны к использованию в технических узлах трения-скольжения. Предложенное демпфирующее устройство на магнитореологической жидкости с управляемой демпфирующей способностью может быть использовано для гашения низкочастотных колебаний с возможностью механической подстройки демпфирования. Получены патенты и имеется акт внедрения полученных результатов.

Рекомендации по практическому использованию основных результатов работы

Результаты методических решений в части получения биметаллических наночастиц из акриламидных комплексов и исследования трибологических и реологических свойств наноиматериалов могут быть использованы для проведения научных исследований по прогнозированию микроструктурных и функциональных свойств полимерных нанокомпозитов на химическом и физическом факультетах и факультете наук о материалах Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, в РХТУ им. Д.И. Менделеева, в Саратовском государственном университете, в Институте проблем химической физики РАН, Институте химии ДВО РАН, Институте физической химии и электрохимии РАН и других учреждениях химического профиля. Результаты диссертационной работы могут быть использованы в медицине и авиакосмической технике, а также в других отраслях промышленности.

Достоверность полученных результатов

Достоверность полученных результатов обусловлена квалифицированным применением современных методов, тщательностью проведения экспериментов, грамотной обработкой и корректной интерпретацией результатов. Полученные автором результаты опубликованы в рецензируемых международных и российских журналах.

Результаты диссертационной работы, а именно, данные по реологическим свойствам нанокомпозитов представляют практический интерес для разработки концепции демпфера с нанодисперсной магнито-реологической жидкостью на основе наночастиц FeCo/C-N.

Публикации по результатам диссертационной работы

Основные результаты диссертации достаточно полно отражены в 12 печатных работах, в том числе в 1 статье в российском журнале, рекомендованном ВАК РФ и 4 статьях в изданиях, индексируемых в Web of Science и Scopus. Полученные результаты представлены на 7 международных и всероссийских конференциях. Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации.

Замечания

1. Учитывая высокотемпературную стадию синтеза композитов в азот-содержащей матрице, имеется возможность образования нитридов, оксидов и карбидов металлов. Но в тексте диссертации этот факт не обсуждается.
2. Автором диссертации не указано, какие побочные продукты образовались на таких этапах получения композитов, как фронтальная полимеризация и последующий термолиз азот-содержащих комплексов.
3. Из текста диссертации непонятно, каким образом осуществляли контроль за равномерностью распределения наночастиц в матрице полиэтилена при получении наноматериалов.
4. В диссертации не установлено, в каком виде находится азот в структуре углеродной матрицы нанокompозитов.
5. В диссертации не обоснован выбор объектов для получения наноматериалов и магнитореологических суспензий на их основе, в частности, соответственно, полиэтилена высокого давления и полиальфаолефина.

Сделанные замечания не снижают научной и практической ценности диссертации и общей высокой оценки работы.

Заключение

Представленная диссертационная работа выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой самостоятельную научно-квалификационную работу, в которой установлены особенности формирования наночастиц FeCo в N-допированной углеродной оболочке при термолизе полиакриламидных комплексов металлов и взаимосвязи между микроструктурой и физико-химическими свойствами наночастиц и наноматериалов на их основе и поиск перспективных приложений полученных материалов.

Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации. Тематика диссертации Айдемир Тимура, ее содержание и основные полученные результаты в целом соответствуют требованиям паспорта научной специальности 05.16.17. «Материаловедение» (технические науки)

По научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению представленная работа удовлетворяет всем требованиям п.п. 9-16 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Айдемир Тимур, заслуживает присуждения ученой степени кандидата

технических наук по специальности 2.6.17. «Материаловедение» (технические науки).

Работа рассмотрена и обсуждена на совместном коллоквиуме Лаборатории прочности и пластичности металлических и композиционных материалов и наноматериалов и Лаборатории конструкционных сталей и сплавов при участии сотрудников Лаборатории физико-химических основ металлургии цветных и редких металлов ИМЕТ РАН («10» ноября 2022 г., протокол №4). Отзыв составлен на основании диссертации, автореферата и публикаций Айдемир Тимура.

Председатель коллоквиума
Заведующий лабораторией прочности и
пластичности металлических и композиционных
материалов и наноматериалов,
главный научный сотрудник,
чл.-корр. РАН, д.т.н.



Колмаков А.Г.

Ученый секретарь коллоквиума
пом. заведующего лабораторией прочности и
пластичности металлических и композиционных
материалов и наноматериалов,
ведущий научный сотрудник, к.т.н.



Кобелева Л.И.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук (ИМЕТ РАН),
адрес: 119334, г. Москва, Ленинский пр-кт, 49, ИМЕТ РАН
Тел.: 8 (499) 135-45-31, e-mail: akolmakov@imet.ac.ru