

УТВЕРЖДАЮ
Вр.и.о. директора ИПНГ СО РАН
д.т.н., доцент
М.Д. Соколова
«10» сентября 2018 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института проблем нефти и газа Сибирского отделения
Российской академии наук (ИПНГ СО РАН)

Диссертация на тему «Триботехнические материалы на основе СВМПЭ, модифицированного наноразмерными оксидными керамиками», представляемая на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 Материаловедение (машиностроение), выполнена в лаборатории материаловедения федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук (ИПНГ СО РАН).

Охлопкова Татьяна Андреевна (дата рождения 29 июня 1986 г.) окончила Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.Аммосова (СВФУ) по специальности «Химия».

В период подготовки диссертации соискатель Охлопкова Т.А. обучалась в очной аспирантуре ИПНГ СО РАН (сроки обучения: 01.11.2010 – 31.10.2014) по специальности 05.16.09 Материаловедение (машиностроение).

Тема диссертации утверждена на заседании Ученого совета ИПНГ СО РАН 12.12.2010 г., протокол № 9.

Справка об обучении в аспирантуре выдана в ИПНГ СО РАН 15.05.2018г.

Научный руководитель: **Охлопкова Айталипа Алексеевна** – доктор технических наук, профессор, главный научный учебно-научно-технологической лаборатории (УНТЛ) «Технологии полимерных нанокompозитов» СВФУ (основное место работы), главный научный сотрудник лаборатории материаловедения ИПНГ СО РАН (работа по совместительству), действительный член Академии наук Республики Саха (Якутия) с 2015 года.

По итогам обсуждения диссертационной работы Охлопковой Т.А. принято следующее заключение.

Оценка выполненной соискателем диссертационной работы

Диссертация Охлопковой Т.А. является научно-квалификационной работой, в которой содержатся новые научно обоснованные технические

решения по созданию полимерных нанокомпозитов с повышенными износостойкостью и механическими характеристиками на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ) и наноразмерных оксидных керамик, имеющие существенное значение для различных отраслей промышленности, результаты исследований могут быть использованы при модернизации и развитии инфраструктуры арктической транспортной системы.

Актуальность темы диссертации

Создание полимерных нанокомпозитов с повышенными износостойкостью и механическими характеристиками на основе СВМПЭ и равномерно распределенной в полимерной матрице структурно-модифицирующей наноразмерной оксидной керамики и способа их совмещения представляет собой актуальную задачу, т.к. существует острая проблема повышения надежности, безопасности и эффективности эксплуатации техники, технологического оборудования, трубопроводов в арктических регионах вследствие недостаточной морозо- и износостойкости промышленных конструкционных материалов. Повышение потока отказов в зимний период является характерным явлением практически для всех систем машин и механизмов, электрооборудования, гидроприводов, несущих конструкций, функционирующих в экстремальных условиях эксплуатации. Наиболее подверженными частым низкотемпературным отказам являются узлы трения – уплотнения и подшипники. Одним из направлений обеспечения надежности узлов машин является использование прогрессивных полимерных нанокомпозитов.

Основные результаты, полученные соискателем

1. Разработан способ получения нанокомпозитов на основе СВМПЭ и наноразмерных оксидных керамик, заключающийся в диспергировании агломератов наночастиц и совмещении компонентов в среде этанола и вакуумной отгонке жидкой среды под непрерывным воздействием УЗ-колебаний. Полученные по разработанному способу ПКМ обладают значительно превосходящими показателями деформационно-прочностных свойств по сравнению с ПКМ, полученными способами совмещения компонентов в лопастном и шаровом смесителях, благодаря формированию более равномерного распределения наполнителей в матрице СВМПЭ.

2. Выявлено, что УЗ-обработка исходного ненаполненного СВМПЭ продолжительностью более >40 мин приводит к возрастанию предела прочности при растяжении (на ~30%) и уменьшению относительного удлинения при разрыве (на ~10%) вследствие структурных изменений в фибриллярно-глобулярном строении и уплотнения ламеллярной упаковки СВМПЭ.

3. Установлена зависимость жесткости и прочности при растяжении и сжатии от концентрации наполнителей, выражающаяся в увеличении

механических характеристик при концентрациях до 0,5-1,0 мас. % и некотором снижении при содержании наполнителей свыше 1 мас. %. Результаты механических испытаний показали увеличение модуля упругости на 60-70% при концентрации Al_2O_3 и ZrO_2 , равной 1 мас. %, а также увеличение предела прочности до ~65% в случае наполнения ZrO_2 в количестве 1 мас. %.

4. Показано, что в процессе трибологического контакта поверхностный слой ПКМ подвергается структурированию с повышением степени кристалличности СВМПЭ с ориентированием полиэтиленовых ламелей по направлению трения. Выявлена локализация частиц наполнителя на поверхности трения с образованием сложных упорядоченных вторичных структур. Рентгеноспектральным методом установлено, что содержание наполнителей на поверхностях трения выше в 1,5-2 раза, чем в объеме, а толщина слоя с концентрированием наполнителя составляет порядка 20 мкм.

5. Установлено, что в процессе трения ПКМ протекают трибоокислительные процессы с образованием окси-, карбокси-, гидроксид- и сложноэфирных групп по результатам ИК-спектроскопии. Индекс окисления уменьшается (в 2 раза) только в случае наполнения СВМПЭ оксидом циркония.

6. Показано, что оптимальными антифрикционными свойствами по триботехническим показателям, структуре поверхности трения и ингибированию трибоокисления СВМПЭ в металлополимерной паре трения обладает ПКМ с содержанием оксида циркония в количестве 0,5-1,0 мас. %. Износостойкость ПКМ такого состава улучшается в 7 раз по сравнению с ненаполненным СВМПЭ.

Научная ценность работы

Результаты исследований вносят существенный научный вклад в материаловедение в области создания полимерных композиционных наноматериалов, а также в установление закономерностей структурообразования и трибодеструкции полимерных композиционных материалов при металлополимерном трибологическом контакте.

Практическая значимость работы

В результате проведенных исследований разработана технология совмещения СВМПЭ с нанонаполнителями под действием УЗ колебаний, позволяющая усилить межмолекулярные взаимодействия в композиционной системе, что приводит к существенному повышению прочностных и триботехнических показателей ПКМ (патент РФ №2586979).

Разработаны новые составы материалов конструкционного назначения на основе СВМПЭ и нанооксидной керамики с улучшенными физико-механическими и триботехническими характеристиками для эксплуатации в экстремальных условиях, в том числе, при низких температурах. Полимерные нанокомпозиты СВМПЭ с содержанием оксидной керамики, а

именно составы СВМПЭ+0,5% SiO₂ и СВМПЭ+1,0% Al₂O₃ внедрены в качестве материалов подшипников рабочего колеса ВВУ Якутской ГРЭС ОАО «Якутскэнерго» и подшипников скольжения конвейерной линии ОАО «ДСК».

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность результатов обоснована использованием методологического подхода к решению научно-технической задачи, применением стандартизированных методов исследований физико-механических, триботехнических характеристик и методов исследования структуры полимерных материалов (РФА, оптическая и электронная микроскопия, Фурье ИК-спектроскопия, АСМ и др.)

Результаты исследований и основные положения диссертации докладывались на различных российских и международных конференциях: «ПОЛИКОМТРИБ-2011; 2015» (Гомель, 2011, 2015); Всероссийской конференции с элементами научной школы для молодежи «Живые системы и конструкционные материалы в условиях криолитозоны» (Якутск, 2011); молодежном форуме «ЛОМОНОСОВ-2011, 2012» (Москва, 2011, 2012); международной конференции «Новые материалы и технологии в условиях Арктики» (Якутск, 2014); международном Евразийском симпозиуме по проблемам прочности материалов и машин для регионов холодного климата EUROSTRENCOLD-2014 (Санкт-Петербург, 2014); Всероссийской конференции с международным участием «II Байкальский материаловедческий форум» (Улан-Удэ, 2015); «От наноструктур, наноматериалов и нанотехнологий к наноиндустрии» (Ижевск, 2015); «Наука. Инновации. Техника и технологии: проблемы, достижения и перспективы» (Комсомольск-на-Амуре, 2015); Российско-казахстанской международной школы-конференции «Химические технологии функциональных материалов» (Новосибирск, 2015); II Всероссийской молодежной научно-технической конференции с международным участием «Инновации в материаловедении» (Москва, 2015); IV Российско-Китайском симпозиуме АТУРК «Перспективные материалы и технологии» (Екатеринбург, 2016); VI Всероссийской конференции по наноматериалам «НАНО-2016» (Москва, 2016).

Личный вклад соискателя является основополагающим на всех стадиях работы и состоит в разработке комплекса методик изучения, определении цели и задач исследования, теоретическом анализе современного состояния объектов исследования, получении и обработке экспериментальных данных, систематизации и интерпретации результатов, формулировке научных положений и выводов, подготовке публикаций к печати.

Основное содержание диссертационной работы опубликовано в 35 работах, из них 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 4 статьи в журналах, индексируемых в базах данных Web of Science и (или) SCOPUS, 1 патент, 26 тезисов и статей в трудах научных конференций и симпозиумов различного уровня.

Публикации в рецензируемых изданиях, входящих в перечень ВАК РФ:

1. Охлопкова, Т.А. Структурные изменения сверхвысокомолекулярного полиэтилена под воздействием керамических нанодисперсий / Т.А. Охлопкова, А.А. Охлопкова, А.М. Спиридонов, Л.А. Никифоров // Вопросы материаловедения. – 2014. – №3(79). – С. 145-153.
2. Охлопкова, Т.А. Управление процессами структурообразования в полимерных композиционных материалах на основе СВМПЭ / А.А. Охлопкова, Т.А. Охлопкова, Р.В. Борисова // Наука и образование. – 2015. – №2(78). – С.73-78.
3. Охлопкова, Т.А. Микроскопические исследования деформации растяжения сферолитных структур в полимерных композиционных материалах / Т.А. Охлопкова, Р.В. Борисова, А.А. Охлопкова, А.А. Дьяконов, А.П. Васильев, С.Н. Миронова // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. – 2015. – Т. 12. – № 3. – С. 75-87.
4. Охлопкова, Т.А. Технология жидкофазного совмещения сверхвысокомолекулярного полиэтилена с наночастицами неорганических соединений под действием ультразвуковых колебаний / Т.А. Охлопкова, Р.В. Борисова, Л.А. Никифоров, А.М. Спиридонов, П.П. Шарин, А.А. Охлопкова // Журнал прикладной химии. – 2016. – Т.89. – Вып.9. – С.1179-1186.

Публикации в изданиях, входящих в базу данных Scopus и(или) Web of Science:

1. Okhlopkova, T.A. Technology of Liquid-Phase Compounding of Ultra-High-Molecular-Weight Polyethylene with Nanoparticles of Inorganic Compounds under the Action of Ultrasonic Vibrations / T.A. Okhlopkova, R.V. Borisova, L.A. Nikiforov, A.M. Spiridonov, P.P. Sharin, A.A. Okhlopkova // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2016. - Vol.89. – No.8. – pp. 1469-1476.
2. Okhlopkova, T.A. Structure and friction behavior of UHMWPE/Inorganic nanoparticles / T.A. Okhlopkova, R.V. Borisova, L.A. Nikiforov, A.M. Spiridonov, A.A. Okhlopkova, Dae-Yong Jeong and Jin-Ho Cho // Key engineering materials. – 2015. – Vol.670. – pp. 69-75.
3. Okhlopkova, T.A. Supramolecular Structure and Mechanical Characteristics of Ultrahigh-Molecular-Weight Polyethylene-Inorganic Nanoparticle Nanocomposites / A.A. Okhlopkova, R.V. Borisova, L.A. Nikiforov, T.A. Okhlopkova // Bulletin of the Korean Chemical Society. – 2016. – Vol. 37. – pp. 439-444.

4. Okhlopkova, T.A. Polymer Nanocomposites Exploited Under The Arctic Conditions / A.A. Okhlopkova, L.A. Nikiforov, T.A. Okhlopkova, R.V. Borisova // ASRTU Symposium on Advanced Materials and Processing Technology. – KnE Materials Science. – 2016. – pp. 122-128.

Патент:

1. Охлопкова, Т.А. Способ получения композиций из полимера и наноразмерных наполнителей / Т.А. Охлопкова, П.П. Шарин, А.А. Охлопкова, Р.В. Борисова // Патент №2586979 Российская Федерация, МПК C08L 23/00/ - 2015121594/04, заявл. 06.06.2015, опубл.: 10.06.2016 Бюл. № 16. – 9 с: ил.

Научная специальность диссертации

Диссертационная работа «Триботехнические материалы на основе СВМПЭ, модифицированного наноразмерными оксидными керамиками» по содержанию, методам исследования, защищаемым положениям и выводам, соответствует паспорту специальности 05.16.09 Материаловедение (машиностроение), технические науки (пункты 1, 2, 3, 4, 5), и полностью отвечает всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г.

Диссертация Охлопковой Т.А. рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 Материаловедение (машиностроение).

Заключение принято на расширенном научном семинаре лабораторий климатических испытаний и материаловедения ФГБУН Института проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук. Присутствовало 12 человек, из них 2 доктора наук, 8 кандидатов наук. Результаты голосования: «за» - 12 человек, «против» - нет, «воздержались» - нет, протокол № 2 от «04» мая 2018 г.

Председатель семинара, к.т.н.,
И.о. зав. лаб. материаловедения
ИПНГ СО РАН

 Петрова Павлина Николаевна

Секретарь семинара, к.т.н., с.н.с.
лаб. материаловедения ИПНГ
СО РАН

 Гоголева Ольга Владимировна