

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Охлопковой Татьяны Андреевны
**«Триботехнические материалы на основе СВМПЭ, модифицированного
наноразмерными оксидными керамиками»**,
представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности
05.16.09 – Материаловедение (машиностроение)

Актуальность темы

Диссертационная работа Охлопковой Т.А. посвящена проблеме повышения износостойкости сверхвысокомолекулярного полиэтилена при сухом трении скольжения при введении наноразмерных оксидных керамик. Решение данной проблемы является актуальной научно-технической задачей, т.к. сверхвысокомолекулярный полиэтилен успешно применяется в машиностроении, автомобильной, горнодобывающей, химической отраслях, а также в медицине. Поэтому работа Охлопковой Т.А., посвященная созданию нанокompозитов на основе СВМПЭ, имеет не только научное, но и практическое значение.

Анализ содержания диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 198 использованных источников и приложения (акты внедрения). Основной текст диссертации содержит 156 страниц, проиллюстрирован 53 рисунками и 17 таблицами.

Во *введении* показана актуальность диссертационной работы, степень разработанности темы, цель и задачи работы, научная новизна, практическая значимость работы, связь работы с государственными программами и НИР, методология и методы исследования, положения, выносимые на защиту, достоверность результатов, апробация работы, отмечены публикации по работе, личный вклад автора, структура и объем диссертации.

В *первой* главе приведен обзор литературных источников, в котором отражены основные сведения о свойствах СВМПЭ и результатах исследований процессов его изнашивания, современные тенденции в технологии получения полимерных композитов. Анализируются различные способы повышения триботехнических характеристик полимерных композитов, включая нанонаполнители, сформулированы основные задачи исследований.

Второй раздел является методическим. Описывает характеристики объектов и методики исследований, способы совмещения нанонаполнителей с матрицей, требования к выбору материалов. Подробно описаны методы определения эксплуатационных параметров исследуемых материалов и условия испытаний.

ИФПМ СО РАН		
« 09 »	11	2018 г.
вх. №	14	
индекс		

В *третьей* главе описан усовершенствованный способ совмещения СВМПЭ и наноразмерных оксидных керамик при воздействии УЗ-колебаний с оптимизацией процесса: выбор жидкой среды, времени УЗ-диспергирования, параметры удаления этилового спирта при УЗ-облучении (этапы совмещения). Новизна совмещения компонентов композиции заключается в наличии роторного вакуумного испарителя жидкой среды суспензии, приводящего к осаждению наночастиц на поверхность порошка СВМПЭ, и как следствие, равномерному распределению нанонаполнителя в матрице. Рентгеноспектральным методом проведен анализ распределения нанонаполнителя в композиции, полученной различными способами совмещения (лопастной и УЗ-обработка).

В *четвертой* главе приведены результаты исследований физико-механических характеристик нанокомпозитов в сопряжении с их надмолекулярной структурой. Проведен сравнительный анализ прочностных характеристик композитов (модуль Юнга, предел прочности, удлинение), полученных тремя способами совмещения (лопастное смешение, совместная механоактивация, УЗ-обработка) как при растяжении, так и при сжатии. Проиллюстрированы преимущества УЗ-обработки.

В *пятой* главе рассмотрены трибологические свойства композитов на основе СВМПЭ, наполненных наноразмерными оксидными керамиками. Структурными исследованиями поверхностей трения показано, что поверхностный слой композита в процессе трения подвергается структурированию с повышением кристаллической фазы СВМПЭ и локализацией частиц наполнителя на поверхности. Методом ИК-спектроскопии показано протекание окислительных процессов в металлополимерной паре при трении.

В *заключении* приведены основные выводы, полученные в результате выполнения диссертационной работы. Наиболее важными результатами настоящего исследования, на мой взгляд, являются следующие:

- впервые проведен сравнительный анализ трибомеханических характеристик нанокомпозитов, полученных тремя способами совмещения нанонаполнителей и полимерной матрицы (лопастной, механоактивация, УЗ-обработка). Показаны преимущества УЗ-обработки, обеспечивающей диспергирование агломератов наночастиц и равномерное их распределение в матрице;

- установлен оптимальный концентрационный интервал нанонаполнения СВМПЭ оксидами керамики (0,5-1,0 мас.%), определяющий максимальную износостойкость разрабатываемых нанокомпозиций (увеличение в 7 раз для композиции с оксидом циркония);

- методами ИК-спектроскопии исследованы трибоокислительные процессы в металлополимерной паре трения и структурные изменения в поверхностном слое композитов.

Научная новизна, обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Защищаемые положения и выводы диссертации вытекают из полученного в работе экспериментального материала. Они обоснованы корректностью постановки цели и задач исследования по актуальной теме. Состоятельность выдвинутых автором положений проверена в ходе проведения научных исследований. Полученные экспериментальные данные согласованы с результатами, полученными другими авторами, и не противоречат уже известным научным фактам.

Достоверность полученных результатов обеспечена применением современных методов исследования полимерных материалов (рентгенофазовый анализ, сканирующая электронная и атомно-силовая микроскопия, ИК-спектроскопия, дифференциальная сканирующая калориметрия) и подтверждается большим объемом экспериментальных данных, корректностью постановки задач исследования и формулировки выводов. Также достоверность подтверждается апробацией материалов диссертации на конференциях и семинарах. Все основные результаты работы опубликованы в 4 статьях в журналах, входящих в перечень ВАК, и 4 статьях в иностранных изданиях, входящих в базы данных Web of Science и SCOPUS. Получен 1 патент.

Научная новизна заключается в том, что в работе впервые:

- разработан полимерный нанокомпозит на основе СВМПЭ и ZrO_2 с содержанием наполнителя 0,5-1,0 мас.%, обладающий значительно превосходящими показателями прочности и износостойкости по сравнению с исходным СВМПЭ.
- исследованы на поверхности трения трибоокислительные процессы и структурирование поверхностных слоев нанокомпозитов. Зарегистрировано увеличение содержания нанонаполнителей на поверхности трения в 2 раза.

Практическая значимость работы.

Разработаны новые материалы конструкционного назначения на основе СВМПЭ и наноксидных керамик с улучшенными трибомеханическими характеристиками для эксплуатации в экстремальных условиях. Полимерные нанокомпозиты состава СВМПЭ+0,5% SiO_2 и СВМПЭ+1,0% Al_2O_3 внедрены в качестве материалов подшипников на Якутской ГРЭС ОАО «Якутскэнерго» и ОАО «ДСК» (акты внедрения приведены в Приложении 2).

Соответствие паспорту специальности

Диссертационная работа по своим целям, задачам, содержанию, методам исследования и научной новизне соответствует паспорту специальности 05.16.09 Материаловедение (машиностроение) (п. 1. Теоретические и экспериментальные исследования фундаментальных связей состава и структуры материалов с комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств с целью обеспечения надежности и долговечности материалов и изделий; п. 3. Разработка научных основ выбора материалов с

заданными свойствами применительно к конкретным условиям изготовления и эксплуатации изделий и конструкций; п. 4. Разработка физико-химических и физико-механических процессов формирования новых материалов, обладающих уникальными функциональными, физико-механическими, эксплуатационными и технологическими свойствами, оптимальной себестоимостью и экологической чистотой; п. 5. Установление закономерностей и критериев оценки разрушения материалов от действия механических нагрузок и внешней среды).

В качестве замечаний по диссертационной работе можно указать следующее.

- В положении 1, выносимом на защиту (способ совмещения компонентов ПКМ в жидкой среде под воздействием УЗ-колебаний), следовало бы вынести на защиту новизну, привнесенную автором в используемый уже многими исследователями и разработчиками способ дезинтеграции нанонаполнителей УЗ-обработкой в жидкой среде, а именно, роторную вакуумную возгонку этилена из суспензии, приводящую к осаждению наночастиц на поверхность порошка СВМПЭ, и как следствие, равномерному распределению нанонаполнителя в матрице при постоянном воздействии УЗ-колебаний.

- Вряд ли образование скоплений (продуктов износа с наночастицами) на поверхностях трения ПКМ (рис. 5.11, глава 5) следует квалифицировать как формирование «вторичных упорядоченных структур», способствующих повышению износостойкости СВМПЭ. К упорядоченным структурам можно отнести только подповерхностный слой надмолекулярной структуры (повышение кристалличности). Вопрос же механизма повышения износостойкости нанокompозитов требует дополнительных структурных исследований.

Однако указанные замечания не меняют выводов и не влияют на общую высокую оценку диссертации.

Соответствие содержания автореферата содержанию диссертации.

Автореферат отражает положения, выносимые на защиту, и соответствует содержанию диссертации.

Заключение.

В целом в диссертации представлен грамотный комплексный подход к решению важной практической задачи – разработке антифрикционных композитов на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена, модифицированного наноразмерными оксидными керамиками. Работа выполнена на высоком научном уровне, ее результаты имеют большое практическое значение и могут быть использованы в качестве материалов для трибоузлов, работающих в экстремальных условиях эксплуатации (низкие и повышенные температуры, агрессивные среды и т.д.) Результаты

выполненных исследований, составившие диссертацию, полностью опубликованы в авторитетных российских журналах и международных журналах, индексируемых в базах данных Web of Science и SCOPUS, защищены патентом. Диссертация «Триботехнические материалы на основе СВМПЭ, модифицированного наноразмерными оксидными керамиками» является законченным исследованием, отвечает требованиям «Положения о присвоении ученых степеней» П. П.9, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Т.А. Охлопкова заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09– Материаловедение (машиностроение).

Официальный оппонент,
старший научный сотрудник
лаборатории механики полимерных композиционных материалов
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Институт физики прочности и материаловедения СО РАН»,
кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник

Корниенко Людмила Александровна

9 ноября 2018 г.

634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 2/4

e-mail: rosms@ispms.tsc.ru

тел. 8(3822) 286-702

Подпись Корниенко Л.А. удостоверяю

Ученый секретарь ИФПМ СО РАН, к.ф.-м.н.



Матолыгина Н.Ю.