



УТВЕРЖДАЮ

Директор ИХФ РАН

Д.х.н., проф. Надточенко В.А.

» апреля 2019 года

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института химической физики им.Н.Н.Семенова Российской академии наук

Диссертация «Влияние природы наполнителей на комплекс износостойких и физико-механических свойств композиционных материалов на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена, полученных методом полимеризации *in situ*», выполнена в лаборатории каталитической полимеризации на твердых поверхностях (№ 1612) отдела полимеров и композиционных материалов ИХФ РАН.

В период подготовки диссертации соискатель Заболотнов Александр Сергеевич учился в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук (ИХФ РАН), а с 2017 года по настоящее время работает в лаборатории каталитической полимеризации на твердых поверхностях в должности младшего научного сотрудника.

В 2013 году Заболотнов А.С. окончил магистратуру Московского государственного университета тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова по специальности «Химическая технология».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институт химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук в 2019 г.

Научный руководитель – доктор химических наук Новокшенова Людмила Александровна. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук, лаборатория «Каталитической полимеризации на твердых поверхностях». Заведующий лабораторией..

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Целью диссертации является исследование влияния природы наполнителей на комплекс износостойких и физико-механических свойств композиционных материалов на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ), полученных методом полимеризации in-situ.

Диссертация Заболотнова А.С. соответствует специальности 02.00.06 – высокомолекулярные соединения (пункты 2,3,9).

Актуальность диссертационной работы обусловлена востребованностью композиционных материалов на основе СВМПЭ. Этот инженерный термопласт обладает уникальным комплексом свойств, сочетая высокую износостойкость, стойкость к растрескиванию и ударным нагрузкам, морозостойкость, низкий коэффициент трения, а также способность сохранять эти свойства в широком интервале температур. Введение функциональных наполнителей позволяет повысить ряд важных эксплуатационных характеристик этого полимера. Интересной и практически важной задачей является исследование влияния типа наполнителя на износостойкость композиционных материалов на основе СВМПЭ в зависимости от типа воздействия на истираемое тело в процессе трения и связи износостойкости композитов с их физико-механическими свойствами. Этой проблеме при использовании полимеризационного метода получения композитов посвящена данная работа.

Личный вклад автора. Автор принимал активное участие в получении, обработке и обсуждении результатов исследований, подготовке публикаций. Экспериментальные исследования процессов синтеза композитов на основе СВМПЭ и наполнителей разного типа выполнены лично автором, либо при его непосредственном участии. Изготовление образцов для исследования физико-механических свойств, проведение исследований комплекса трибологических и износостойких характеристик композитов осуществлялись лично автором.

Достоверность полученных результатов и обоснованность выводов работы опираются на большой экспериментальный материал, в котором подробно рассмотрено влияние всех основных факторов на исследованные закономерности, а также на использование проверенных и хорошо зарекомендовавших себя методов исследования. Сделанные выводы полностью аргументированы, а выполненный объем исследований в полной мере достаточен для обоснования основных положений, выносимых на защиту.

Научная новизна работы.

При полимеризационном способе получения композитов СВМПЭ определены условия нанесения катализатора на основе хлорида ванадия на примененные наполнители разного типа (эксфолиированный органомодифицированный слоистый силикат монтмориллонит ММТ, нанопластины графита НПП, дисульфид молибдена, шунгит), обеспечивающие в условиях суспензионной полимеризации этилена в среде органического растворителя образование матричного СВМПЭ в виде покрытия на частицах наполнителя.

Впервые выполнено сопоставительное комплексное исследование влияния типа наполнителя на износостойкость композиционных материалов на основе СВМПЭ в зависимости от вида воздействия на изнашиваемое тело в процессе истирания и особенности их физико-механических свойств. Впервые установлено, что органомодификатор не только увеличивает межслоевое расстояние в частицах ММТ, что обеспечивает интеркаляцию в них катализатора и расслоение на отдельные нанослои в процессе синтеза композитов, но также оказывает пластифицирующее действие, существенно влияя на комплекс деформационно-прочностных и износостойких свойств получаемых на его основе композитов. На межфазной поверхности полимер-наполнитель присутствует органический модификатор, который может оказывать пластифицирующее действие и облегчать скольжение при деформации, а также способствовать отслаиванию нанослоев ММТ. Благодаря этому композиты СВМПЭ с органомодифицированным ММТ (содержание наполнителей до 6 об.%) проявляют наиболее высокие деформационно-прочностные свойства (предел прочности и относительное удлинение при растяжении) и обладают наиболее высокой износостойкостью при абразивном износе по шкурке по сравнению с композитами с другими примененными наполнителями. Определена также эффективность применения наполнителей использованных типов для повышения износостойкости композитов СВМПЭ при фрикционном износе при трении скольжения по стали, при высокоскоростном ударном воздействии водно-песчаной суспензии.

Практическая значимость работы. Создание разработанных материалов способно расширить области применения СВМПЭ в качестве конструкционных материалов с повышенной жесткостью, деформационной теплостойкостью, низким коэффициентом трения, повышенной износостойкостью при разных типах воздействия в процессе истирания. Увеличенная теплостойкость дает возможность использовать композиты в расширенном температурном интервале. Повышение износостойких характеристик дает возможность применять синтезированные композиты в качестве

материалов для футеровки вагонов, самосвалов, перевалочных бункеров, карьерных ковшей экскаваторов, применение в конструкциях причальных обвесов. Фрикционные характеристики разработанных композитов предполагают использование их в машиностроении.

Полнота изложения и апробация диссертационной работы. Результаты диссертационной работы в полной мере отражены в 6 статьях, опубликованных в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК:

1. Синтез и свойства нанокomпозиционных материалов на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена и нанопластин графита. / Бревнов П.Н., Кирсанкина Г.Р., Заболотнов А.С., Крашенинников В.Г., Гринев В.Г., Березкина Н.Г., Синевич Е.А., Щербина М.А., Новокшонова Л.А. // Высокомолекулярные соединения. Серия С. 2016. Т. 58. № 1. С. 42-54. Переводная версия: Synthesis and properties of nanocomposite materials based on ultra-high-molecular-weight polyethylene and graphite nanoplates / Brevnov P.N., Kirsankina G.R., Zabolotnov A.S., Krasheninnikov V.G., Grinev V.G., Novokshonova L.A., Berezkina N.G., Sinevich E.A., Shcherbina M.A. // Polymer Science. Series C. 2016. Т. 58. № 1. С. 38-49.
2. Каталитическая активация слоистых силикатов для синтеза нанокomпозиционных материалов на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена. / Бревнов П.Н., Заболотнов А.С., Крашенинников В.Г., Покидько Б.В., Бакиров А.В., Бабкина О.Н., Новокшонова Л.А. // Кинетика и катализ. 2016. Т. 57. № 4. С. 484-492. Переводная версия: Catalytic activation of layered silicates for the synthesis of nanocomposite materials based on ultra-high molecular weight polyethylene. / Brevnov P.N., Zabolotnov A.S., Krasheninnikov V.G., Novokshonova L.A., Pokid'ko B.V., Bakirov A.V., Babkina O.N. // Kinetics and Catalysis. 2016. Т. 57. № 4. С. 482-489.
3. Влияние графитовых нанопластин на термоокислительную деструкцию полиэтилена. / Бревнов П.Н., Кирсанкина Г.Р., Заболотнов А.С., Крашенинников В.Г., Новокшонова Л.А., Монахова Т.В., Ломакин С.М., Берлин А.А. // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2017. № 4. С. 2-6. Переводная версия: The effect of graphite nanoslabs on thermal oxidative destruction of polyethylene. / Brevnov P.N., Kirsankina G.R., Zabolotnov A.S., Krasheninnikov V.G., Novokshonova L.A., Berlin A.A., Monakhova T.V., Lomakin S.M. // Polymer Science. Series D. 2017. Т. 10. № 4. С. 330-333.
4. Износостойкость композиционных материалов на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена с наполнителями разного типа. / Заболотнов А.С., Бревнов П.Н., Акульшин В.В., Новокшонова Л.А., Доронин Ф.А., Евдокимов А.Г., Назаров В.Г. // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2017. № 12. С. 13-19. Переводная версия: The wear resistance of composite materials based on ultra-high-molecular-weight polyethylene with fillers of various types. / Zabolotnov A.S., Brevnov P.N., Akul'shin V.V., Novokshonova L.A., Doronin F.A., Evdokimov A.G., Nazarov V.G. // Polymer Science. Series D. 2018. Т. 11. № 3. С. 297-302.
5. Влияние типа наполнителя на механические свойства композиционных материалов на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена. / Гринев В.Г., Крашенинников В.Г.,

Заболотнов А.С., Ладыгина Т.А., Бревнов П.Н., Новокшонова Л.А., Берлин А.А. // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2017. № 10. С. 14-22.

Переводная версия: The effect of filler type on the mechanical properties of composite materials based on ultra-high-molecular-weight polyethylene. / Grinev V.G., Krashennnikov V.G., Zabolotnov A.S., Ladygina T.A., Brevnov P.N., Novokshonova L.A., Berlin A.A. // Polymer Science. Series D. 2018. Т. 11. № 2. С. 202-208.

6. Влияние фторирования сверхвысокомолекулярного полиэтилена и композитов на его основе на поверхностную структуру и свойства. / Назаров В.Г., Нагорнова И.В., Столяров В.П., Доронин Ф.А., Евдокимов А.Г., Бревнов П.Н., Заболотнов А.С., Новокшонова Л.А. // Химическая физика. 2018. Т. 37. № 12. С. 63-73.

Результаты работы доложены на конференциях: V семинар памяти профессора Ю.И. Ермакова «Молекулярный дизайн катализаторов для процессов переработки углеводородов и полимеризации от фундаментальных исследований к практическим приложениям» (Республика Алтай, Горноалтайск, 2015), на конференции «Дни науки. Санкт-Петербург. Новые материалы» (Санкт-Петербург, 2015), на конференции «Новые композиционные материалы» Фонд Перспективных Исследований (Москва, 2016), на седьмой Всероссийской Каргинской конференции «Полимеры - 2017» (Москва, 2017).

Диссертационная работа «Влияние природы наполнителей на комплекс износостойких и физико-механических свойств композиционных материалов на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена, полученных методом полимеризации *in situ*» Заболотнова Александра Сергеевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.06 – высокомолекулярные соединения.

Заключение принято на заседании ученого совета отдела полимеров и композиционных материалов. На заседании присутствовало 19 членов ученого совета. Результаты голосования: «за» – 19 человек, «против» – нет, «воздержалось» – нет.
Протокол № 2 от 20 февраля 2019 года.

Секретарь Ученого Совета Отдела полимеров и
композиционных материалов ИХФ РАН

Кандидат химических наук  О.П.Кузнецова