

ОТЗЫВ

официального оппонента Соколовой Марины Дмитриевны на диссертационную работу Бусловича Дмитрия Геннадьевича на тему «Разработка экструзируемых износостойких СВМПЭ композитов для переработки методом шнековой экструзии», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. - Материаловедение (ранее 05.16.09).

1. Актуальность диссертационной работы

Полимерные композиционные материалы широко применяются в современной технике, в том числе машиностроительной, транспортной, перерабатывающей и добывающей отраслях. Одним из перспективных инженерных полимеров по уровню свойств является сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ), что определяет исключительные области его промышленного применения. Однако изготовление изделий сложной формы из СВМПЭ сопряжено с рядом технических проблем. При очень высокой молекулярной массе СВМПЭ имеет чрезвычайно высокую вязкость расплава (значение ПТР близко к нулю), что делает его непригодным для обработки стандартными для полимеров методами (шнековая экструзия, литье под давлением и др.). Известно, что СВМПЭ может быть пластифицирован добавлением полипропилена, полиэтилена высокой плотности и другими полимерными пластификаторами, при этом происходит значительное снижение физико-механических характеристик получаемых композитов.

Диссертационная работа Бусловича Д.Г. посвящена актуальной научно-технической проблеме, а именно разработке экструзируемых высокопрочных износостойких композитов на основе СВМПЭ, обладающих повышенными механическими, трибологическими и технологическими характеристиками.

2. Научная новизна работы заключается в следующем:

- впервые предложен подход к дисперсному упрочнению СВМПЭ мелкодисперсными включениями ПП, реализуемый посредством жидкофазного диспергирования частиц в расплаве (порошка) СВМПЭ в двухшнековом экструдере, что позволило существенно повысить механические характеристики композитов по сравнению с традиционными методами изготовления;

- впервые развита методика определения рационального состава и режима изготовления экструзируемых композитов «СВМПЭ-ПП» и «СВМПЭ-ПП-ПЭ-прив-ВТМС», основанная на построении поверхностей эффективных характеристик от значений управляющих параметров, использующая метод линейной интерполяции ограниченного количества экспериментальных данных с применением полинома Лагранжа;

- впервые в рамках представлений о материалах с иерархически организованной структурой разработан экструзируемый износостойкий композит на основе СВМПЭ, армированный стекловолокнами и упрочненный мелкодисперсными включениями полипропилена, обладающий высокими

механическими и трибологическими характеристиками при различных нагрузочно-скоростных условиях трибонагружения.

3. Практическая значимость полученных результатов

По результатам выполнения исследований получен акт внедрения от ООО «НИОСТ» (г. Томск). Получен патент на изобретение на состав разработанного экструдированного антифрикционного композита на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена. По результатам проведенных исследований состав на основе мелкодисперсного порошка GUR2122 «СВМПЭ + ПЭВП-прив-ВТМС + ПП + МСВ», в котором повышение физико-механических характеристик достигнуто за счёт преимущественной ориентации стекловолокон и компатибилизации компонентов вследствие наличия в ПЭВП привитых силановых групп, рекомендуется для изготовления направляющих для роликовых и пластинчатых цепей, для конвейеров, а также для производства труб методами шнековой экструзии.

4. Обоснованность и достоверность полученных результатов

Достоверность и обоснованность полученных в работе экспериментальных результатов, выводов и рекомендаций обеспечена корректностью постановки задачи, использованием аттестованного оборудования, поверенных средств измерений и апробированных методик экспериментальных исследований, а также согласованностью полученных результатов, смежным опубликованным экспериментальным данным и результатам других авторов.

5. Анализ содержания диссертационной работы:

Диссертационная работа состоит из введения, 6 глав, в которых представлено содержание выполненной работы, заключения, списка сокращений и обозначений, списка публикаций по теме диссертации. Объем диссертации составляет 171 страницу, включая 39 таблиц и 75 рисунков.

Во введении автором диссертационной работы обосновывается актуальность выбранной темы, сформулированы цели и задачи исследований, указана научная новизна и практическая значимость научных результатов, приведены положения, выносимые на защиту.

В первой главе приведен литературный обзор источников, в которых отражены основные сведения о способах получения и смешения композитов на основе СВМПЭ, структуре, свойствах и применении СВМПЭ. Рассматриваются наполнители различной природы и размеров. Рассмотрены результаты исследований, посвященных повышению показателя текучести расплава СВМПЭ путем введения пластифицирующих наполнителей. На основании проведенного анализа литературы поставлены задачи исследований.

Во второй главе описаны применяемые типы и размеры частиц исходных порошковых и волокнистых материалов, способы изготовления заготовок методом горячего прессования и экструзионного компаундирования в экструдерах. Описаны методы определения эксплуатационных характеристик. Приведено описание

методов оценки ключевых физико-механических и трибологических свойств исследованных материалов.

В третьей главе представлены результаты исследований экструзируемости композитов на основе СВМПЭ при введении пластифицирующих (полимерных) добавок. На основании полученных результатов установлено, что наиболее эффективными пластифицирующими наполнителями для матрицы СВМПЭ в плане сохранения механических и трибологических свойств, а также обеспечения приемлемой текучести расплава следует считать полимерные пластификаторы «ПЭВП-прив-ВТМС (10 вес. %) + ПП21030 (10 вес. %)», а также ПП21030 (20 вес. %). Однако в случае изготовления методом горячего прессования порошковых смесей формируются неоднородные по структуре композиты, в которых наполнитель распределен в виде крупных включений.

В четвертой главе описаны результаты, полученные при варьировании типа и количества вводимого порошка ПП (с различным ПТР), а также размера исходных частиц СВМПЭ. Используются два типа ПП с целью определения более эффективного пластифицирующего наполнителя для обеспечения высокого показателя текучести расплава при сохранении механических характеристик на уровне ненаполненного СВМПЭ, а также СВМПЭ с тремя разными размерами частиц и близкой по значению молекулярной массой с целью установления рационального размера порошка матрицы для изготовления заготовок одношнековой экструзией фидстоков. Установлено, что более высокими механическими свойствами, а также величиной ПТР обладает композит на основе мелкодисперсного СВМПЭ GUR 2122 «СВМПЭ + 20 вес. % ПП21030». За счёт более высокого значения ПТР частицы ПП лучше растекаются, обеспечивая более однородное распределение по объёму композита. Развитие в процессе экструдирования сдвиговых деформаций позволяет уменьшить размер частиц ПП от 450 мкм до 20 мкм при двухшнековом компаундировании и до 10 мкм при последующей одношнековой экструзии. Достигнутое повышение деформационных характеристик композита СВМПЭ GUR 2122 «СВМПЭ + 20 вес. % ПП21030» связано с более равномерным распределением мелко диспергированных частиц ПП в СВМПЭ матрице и формированием более однородной структуры при экструзионном компаундировании компонентов.

В пятой главе приведены результаты исследований СВМПЭ-композитов, полученных при введении разного количества ПП и ПЭВП-прив-ВТМС (в диапазоне 10-20 вес. %) с целью разработки оптимального состава экструзируемого композита на основе СВМПЭ, обладающего одновременно повышенными механическими и трибологическими характеристиками. Зависимости механических и триботехнических свойств от управляющих параметров построены в виде изолиний, на которых выделялись области с заданными ограничениями. Полученные графики всех характеристик накладывали друг на друга, и пересечение выделенных на них областей соответствовало области, отвечающей достижению всех заданных требований одновременно. На основании анализа результатов исследований структуры, механических и трибологических свойств СВМПЭ-композитов при варьировании содержания полипропилена и привитого

полиэтилена, выявленный состав рекомендован для изготовления стеклонаполненных экструдированных композитов.

В шестой главе изложены результаты исследований по разработке рационального состава высокопрочного экструдированного износостойкого композита на основе «СВМПЭ + 17 % ПЭВП-прив-ВТМС + 12 % ПП» с добавлением полых стеклосфер и стекловолокон. С помощью метода линейной интерполяции с использованием полинома Лагранжа на основании анализа справочных данных о количественных показателях направляющих определен оптимальный состав композита «СВМПЭ + 17 % ПЭВП-прив-ВТМС + 12 % ПП», наполненный 5 вес. % молотых стекловолокон (МСВ), в котором при изготовлении заготовок одношнековой экструзией достигаются повышенные механические свойства за счёт преимущественной ориентации стекловолокон и компатибилизации компонентов вследствие наличия в ПЭВП привитых силановых групп. Полученный композит рекомендуется для изготовления методом шнековой экструзии направляющих для роликовых и пластинчатых цепей, конвейеров, а также производства труб для перекачки агрессивных жидкостей.

В заключении приведены выводы по результатам диссертационного исследования.

6. Соответствие содержания работы указанной специальности

Диссертационная работа соответствует пунктам № 1, 4 научной специальности 2.6.17 - Материаловедение (в соответствии с предыдущей редакцией номенклатуры паспорта специальности 05.16.09 – Материаловедение (в машиностроении)):

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.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».

7. Замечания по диссертационной работе:

1. В разделе методики исследований не приведены данные по подготовке образцов для структурных исследований методом растровой электронной микроскопии. Например, каким материалом производилось напыление тонкопленочного покрытия (фольги) и пр.?

2. Не понятны количественные основания, по которым даны определения «мягкие» и «жесткие» условия трибонагружения. Что в данном случае больше превалирует прикладываемая нагрузка или скорость скольжения?

3. В работе на странице 90 описываются результаты трибологических испытаний в условиях граничной смазки, проводимых на контртеле из нержавеющей стали; однако в диссертации нет пояснения из какой конкретно стали

сделано контрольно и в какой конкретно среде проводились испытания (дистиллированная вода, масло, физиологический раствор)?

4. На рисунках 4.4 и 5.9 приводятся графические зависимости распределения частиц по размеру в композитах на основе СВМПЭ. Данные зависимости были бы более наглядны в виде гистограмм распределения по размерам.

5. Целесообразно было бы провести более детальное сравнение свойств разработанных и известных полимерных композитов с точки зрения эффективности их применения в качестве материалов триботехнического назначения.

6. При формулировке выводов следовало бы избежать использования кратной или процентной размерности исследованных автором технологических, механических и трибологических характеристик, а привести их оптимальные значения для заявленной в работе области применения, чтобы сделать представление результатов более наглядным.

8. Оформление диссертации

Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям (ГОСТ Р 7.0.11-2011). Материал диссертации изложен последовательно и логично грамотным техническим языком. **Автореферат** диссертации соответствует её содержанию.

9. Публикации по работе

По теме диссертационного исследования опубликовано 11 научных работ, включающих 8 статей в научных журналах из перечня ВАК, 3 статьи в журналах, включенных в библиографические базы данных цитирования Web of Science и Scopus, и в одном патенте на изобретение РФ. Результаты широко обсуждены и апробированы на российских и международных конференциях.

10. Общая характеристика работы

В работе четко сформулирована цель и задачи, а само исследование выполнено на высоком научном уровне. Прослеживается логическая взаимосвязь между главами, анализ литературных данных позволил автору, основываясь на ключевых концепциях материаловедения, правильно выбрать методику и пути исследования. С учетом полученных экспериментальных данных были разработаны экструдированные волоконно-наполненные композиты на основе СВМПЭ, обладающие повышенными механическими, трибологическими и технологическими свойствами.

11. Заключение

Таким образом, в диссертационной работе представлен обширный экспериментальный материал, полученный, в большинстве, лично соискателем. Изложенные результаты, их интерпретация, сделанные выводы дают необходимые основания считать, что в ходе выполнения работы и написания диссертации соискатель приобрел необходимую для исследователя – экспериментатора профессиональную квалификацию.

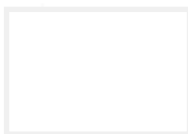
Указанные замечания не относятся к сути сформулированных выводов и выносимых на защиту положений и не изменяют общего положительно впечатления от диссертации, заслуживающей высокой оценки.

Диссертация «Разработка экструдированных износостойких СВМПЭ композитов для переработки методом шнековой экструзии» представляет собой законченную научно-квалификационную работу по уровню и содержанию, соответствующую требованиям п. 9. «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Работа содержит новые знания и научно обоснованные технические решения, внедрение которых внесет существенный вклад в развитие экономики страны в сфере материалов машиностроительного и другого назначения. Автор диссертации заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. - Материаловедение (ранее 05.16.09).

На обработку персональных данных согласна.

Официальный оппонент:

Доктор технических наук, доцент



Соколова Марина Дмитриевна

Ученая степень: Доктор технических наук,

Шифр научной специальности 2.6.17 - Материаловедение (в соответствии с предыдущей редакцией номенклатуры паспорту специальности 05.16.09 – Материаловедение (в машиностроении));

Ученое звание: доцент по специальности Материаловедение (промышленность);

Должность: Директор, «Институт проблем нефти и газа Сибирское отделение Российской академии наук» (ИПНГ СО РАН) - обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»,

Адрес 677007, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Автодорожная, 20;

Телефон + 7 (4112)39 06 20;

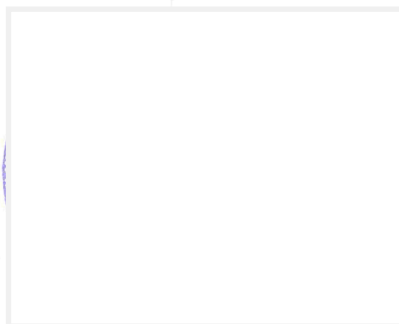
E-mail: marsokol@mail.ru

подпись М.Д. Соколовой заверяю.

Ученый секретарь ИПНГ СО РАН

кандидат технических наук

Любовина В.А.
14.06.2022
Любовина В.А.



В.А. Будугаева

07.06.2022

С отзывом ознакомлена 17.06.22. Будугаева В.А.