

УТВЕРЖДАЮ

Проектор по научной работе
ФГБОУ ВО КНИТУ
Д.Т. Капитанов
Д.т.н., профессор Р.Р.Сафин

« 27. » 02. 2023г

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию
Чирикова Александра Александровича

«Структура и механические свойства неразъемных соединений сверхвысокомолекулярного полиэтилена и материалов на его основе, формируемых с помощью электромагнитной индукции», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение

Рассмотрев и обсудив диссертационную работу Чирикова А.А. «Структура и механические свойства неразъемных соединений сверхвысокомолекулярного полиэтилена и материалов на его основе, формируемых с помощью электромагнитной индукции», отмечаем следующее:

Актуальность темы диссертационной работы

Сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ) благодаря уникальному сочетанию высокой прочности, жесткости, низкого коэффициента трения, морозостойкости, агрессивостойкости и износостойкости представляет огромный интерес как один из перспективных материалов для применения в условиях Арктики. Однако СВМПЭ из-за высокой длины макромолекул и их переплетений не переходит при нагревании в вязкотекучее состояние, что практически исключает возможность его переработки традиционными для термопластов технологиями (экструзии, литье, сварка). Таким образом, разработка новых технологий получения неразъемных соединений СВМПЭ и композитов на его основе с использованием электромагнитной индукции для получения габаритных и сложных по геометрии конструкций является актуальной задачей современного полимерного материаловедения. В этой связи диссертационная работа Чирикова А.А., посвященная разработке новых технологий соединения СВМПЭ с образованием качественного прочного неразъемного соединения, несомненно является актуальной.

Содержание диссертационной работы.

Диссертационная работа изложена на 144 страницах, состоит из введения, 5 глав, заключения, списка использованной литературы из 170 источников, 5 приложений, содержит

9 таблиц и 53 рисунка. Работа соответствует паспорту специальности 2.6.17 – Материаловедение.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы исследования, определены цель и задачи, которые необходимо решить для ее достижения, сформулированы научная новизна и практическая значимость работы; положения, выносимые на защиту; показана связь с государственными научными программами.

В первой главе на основе литературных источников проведен обзор по СВМПЭ, включающий синтез, молекулярное строение, морфологию, свойства, способы модификации для улучшения эксплуатационных свойств, особенности переработки, а также перспективы применения СВМПЭ. Проведен анализ известных технологий получения, структуры и свойства неразъемных соединений (НС) термопластичных полимеров, в том числе СВМПЭ и композитов на его основе. На основании проведенного литературного обзора сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

Во второй главе представлены характеристики объектов, методы исследования, описание разработанной технологии соединения образцов СВМПЭ с помощью электромагнитной индукции и математической модели теплового процесса в СВМПЭ при температурном воздействии электромагнитной индукцией.

В качестве методов исследования структуры композитов применяли взаимодополняющие методы исследования: оптический микроскоп «NEOPHOT 2» (Германия), растровый электронный микроскоп (РЭМ) «Jeol JSM-7800F» (Япония) и «LEO EVO 50» (Германия). Термодинамические параметры определяли на дифференциальном сканирующем калориметре DSK 204 (Германия). ИК-спектроскопию проводили на приборе 7000 FT-IR (США). Фазовый состав образцов исследовали на рентгеновском дифрактометре XRD-6000 на CuK-излучении.

Таким образом, работа выполнена с использованием комплекса современных физико-химических методов исследования и высокоточного научного оборудования, что обуславливает достоверность полученных результатов.

В третьей главе представлены результаты исследования структуры и физико-механические свойства неразъемного соединения СВМПЭ при воздействии электромагнитной индукцией в зависимости от температурного режима. С использованием разработанной математической модели рассчитаны и выделены области термического влияния при нагревании: шов и околошовные зоны. На основании проведенных исследований выявлена взаимосвязь «технология-структура-свойства» неразъемного соединения СВМПЭ. Определены рациональные технологические параметры термического

воздействия на СВМПЭ с помощью электромагнитной индукции для получения качественных неразъемных соединений с сохранением прочностных свойств 96,9%.

В четвертой главе представлены результаты апробации выбранного режима сварки электромагнитной индукцией СВМПЭ на физико-механические свойства и структуру композиционных материалов на основе СВМПЭ. В качестве объектов исследования выбраны композиционные материалы, содержащие дисперсный и волокнистые наполнители, разработанные в Институте проблем нефти и газа СО РАН. Установлено, что прочность соединенных образцов композитов ниже, чем у образцов монолитного и соединенного СВМПЭ без модификаторов. При этом коэффициент сохранения прочности соединенных композитов составляет $\geq 75\%$, что свидетельствует о высоком качестве соединения согласно ГОСТ 16971-71. Наполнение СВМПЭ модификаторами позволяет повысить эластические свойства в зоне шва, а это, в свою очередь, повышает сопротивляемость к ударным и усталостным нагрузкам сваренного полимерного материала. Таким образом, в этой главе, как и в главе 3, исследованы физико-химические процессы, происходящие при формировании неразъемных соединений из композитов, и выявлена взаимосвязь «технология-структуро-свойства» неразъемного соединения композитов при термическом воздействии магнитной индукцией.

В пятой главе определены основные области применения разработанного способа соединения - получение неразъемных футеровочных материалов, перспективных для применения, в первую очередь, в горнодобывающей промышленности, а также в нефтегазодобывающих, химических и строительных предприятиях, защитных покрытиях морских и речных причалов. Приведены сведения о внедрении разработанной технологии получения неразъемного соединения деталей из СВМПЭ в компании ООО «Глобал Терраника» для изготовления деталей ходовой части вездехода «Terranica DREAMTRACK». Предложены пути усовершенствования разработанной технологии для получения неразъемного соединения материалов на основе СВМПЭ с помощью электромагнитной индукции для соединения различных изделий и использования стальной сетки как армирующего элемента.

В Заключении выполнено обобщение полученных в ходе исследования данных, сформулированы основные научные результаты работы, их практическая значимость, перспективы дальнейшей разработки темы исследования.

В Приложении представлены 1 патент РФ на изобретение, 2 акта внедрения.

Содержание диссертационной работы написано научным языком, изложено грамотно и логично. Автореферат диссертации и опубликованные работы в полной мере отражают содержание диссертационной работы. Рукопись и автореферат оформлены в соответствии с

требованиям ВАК Полученные соискателем результаты обладают научной новизной, теоретической и практической значимостью

Научная новизна диссертации заключается в следующих полученных результатах:

1. Показано, что прочность неразъемного соединения обеспечивается формированием шва со степенью кристалличности на уровне исходного СВМПЭ за счет образования сферолитоподобной структуры и уменьшения дефектов плавления при кристаллизации СВМПЭ.
2. Протекание процессов окислительного структурирования СВМПЭ при термическом воздействии способствует усилению когезии макромолекул СВМПЭ на дублируемых поверхностях и адгезии на границе раздела фаз СВМПЭ и металлической сетки.
3. Установлено, что модифицирующие наполнители СВМПЭ играют роль зародышебразователей для формирования развитых сферолитных структур в процессе кристаллизации СВМПЭ в результате термического воздействия магнитной индукцией.

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 исследований. Основное содержание диссертационной работы отражены в 8 публикациях, из них 4 статьи опубликованы в научных журналах, входящих в перечень рецензируемых научных журналов и изданий ВАК РФ, 2 статьи – в журналах, включенных в базы данных цитирования Web of Science и Scopus, в одном патенте РФ и в научных трудах конференций.

Целесообразность проведенных исследований подтверждается промышленным апробированием разработанной технологии получения неразъемных соединений в ООО «Глобал Терраника».

Практическая значимость результатов работы

Впервые для получения неразъемных соединений СВМПЭ и модифицированных материалов на его основе предложена и доказана эффективность использования электромагнитной индукции. Разработанная технология дает возможность получения габаритных и конструктивно сложных изделий из СВМПЭ и материалов на его основе.

Глубина термического воздействия СВМПЭ не превышает 10 мм, что значительно меньше по сравнению с другими технологиями соединения термопластов (сварка горячим воздухом, нагревательной плитой и др.) и минимизирует деформацию изделий в процессе термического воздействия. Неразъемные соединения, полученные по разработанной технологии приняты к использованию в компании ООО «Глобал Терраника», в качестве деталей ходовой части вездехода «Terranica DREAMTRACK», на основании чего получено 2 акта внедрения.

Определена наиболее перспективная область применения разработанного способа соединения: футеровка оборудования и конструкций горно-, нефтегазодобывающих, химических и строительных предприятий. В рамках НОЦ мирового уровня «Север – территория устойчивого развития» подготовлены предложения для АК «АЛРОСА» (ПАО) для изготовления футеровочных плит больших габаритов на горно-обогатительных оборудований. Разработано устройство для соединения деталей из СВМПЭ, защищенное патентом РФ на полезную модель №184919 «Сварка СВМПЭ с помощью электромагнитной индукции

Работа выполнялась в соответствии со следующими научно-исследовательскими программами и темами:

- Госзадания Министерства науки и высшего образования РФ №122011100162-9 с использованием научного оборудования Центра коллективного пользования ФИЦ ЯНЦ СО РАН грант № 13. ЦКП.21.0016;
- проекта РФФИ № 19-38-90141 Аспиранты «Структурообразование в сварном шве при сварке изделий из сверхвысокомолекулярного полиэтилена и его композитов методом магнитной индукции»;
- программы деятельности Научно-образовательного центра мирового уровня «Север – территория устойчивого развития».

Рекомендации по использованию результатов диссертации

Полученные научно-технические результаты целесообразно использовать в разработках новых полимерных композитов на основе СВМПЭ в таких научно-исследовательских центрах и университетах как ИФПМ СО РАН (Томск), ФИЦ ЯНЦ СО РАН (Якутск), ФГАОУ ВО СВФУ им. М.К. Аммосова (Якутск), ФГАОУ ВО «НИ ТПУ» (Томск), ФГБОУ ВО «ОмГТУ» (Омск), ИХХТ СО РАН (Красноярск), МИСиС (Москва) и др.

Разработанная технология получения неразъемных соединений СВМПЭ и модифицированных материалов на его основе могут расширить области применения, ассортимент изделий и запчастей технических систем, с переходом на импортозамещающие

аналоги в реальном секторе экономики РФ, в особенности РС(Я), созданием эффективной и надежной инфраструктуры, обеспечивающей устойчивое развитие Северных Регионов РФ.

Замечания по диссертационной работе

По диссертационной работе Чирикова А.А. имеются следующие **замечания**:

1. В настоящее время марочный ассортимент СВМПЭ очень обширен. Чем объясняется выбор марки GUR-4150 в качестве полимерной матрицы? Можно ли разработанный способ сварки применять для других марок СВМПЭ?

2. Осуществляли ли вы сварку СВМПЭ методами, приведенными в разделе 1.4, например, сваркой нагретым газом без присадочного материала, сваркой нагретым присадочным материалом, сваркой ультразвуком или экструзионной сваркой и т.д.?

3. Не совсем понятен выбор технологических параметров, обеспечивающих качество неразъемного соединения, т.к. меняется только температура, в то время как давление и время выдержки остаются неизменным.

4. На рисунке 3.6 приведена термограмма ДСК образцов. Чем вы объясняете смещение температур начала, пика и конца плавления по сравнению с монолитным образцом?

4. С помощью разработанной математической модели определены глубины термического воздействия при нагревании с помощью электромагнитной индукции, которые приведены в таблице 3.2. Однако в этой таблице непонятно, какие данные приведены в последних столбцах?

5. В диссертационной работе очень скромно описана математическая модель определения температурных полей свариваемых материалов. На наш взгляд необходимо было подробно написать, как решается задача и более обширно провести исследование. Например, можно было отрегулировать начальную температуру, скорость, время нагрева и охлаждения в период оплавления и кристаллизации СВМПЭ, тем самым получая новые (контролируя?) механические свойства неразъемных соединений.

6. Как получали полимерные композиты? Простое смешивание или применяли какие-то активационные технологии? Было бы информативнее привести физико-механические характеристики всех рассмотренных композитов.

7. Положения 1 и 4 научной новизны по своим формулировкам не раскрывает в чем заключается научная сущность, а скорее соответствует практической значимости.

Указанные замечания не являются принципиальными, не затрагивают сущности работы, достоверности полученных результатов, обоснованности выводов не снижают общей положительной оценки диссертационной работы.

Заключение

Диссертационная работа Чирикова А.А. «Структура и механические свойства неразъемных соединений сверхвысокомолекулярного полиэтилена и материалов на его основе, формируемых с помощью электромагнитной индукции» по актуальности темы исследования, научной новизне, практической значимости и достоверности достигнутых результатов, а так же по объему выполненных исследований, уровню публикаций и личному вкладу представляет собой законченное, самостоятельно проведенное , научно-квалификационное исследование, в котором решена важная научно-практическая задача разработки метода получения неразъемных соединений СВМПЭ и его композитов, расширяющих области применения деталей из СВМПЭ. Представленная работа соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013г №842 (ред.от 11.09.2021)предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Чириков Александр Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение.

Диссертационная работа и автореферат обсуждались на расширенном заседании кафедр «Химия и технология переработки эластомеров» и «Технология переработки полимеров и композиционных материалов» КНИТУ, протокол № 16 от 20.02.23г
Д.т.н., профессор (02.00.06 – Высокомолекулярные соединения)

Заслуженный деятель науки РФ, РТ

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский

технологический университет»

Заведующий кафедрой «Химия и технология

переработки эластомеров»

С.И.Вольфсон

420015, г. Казань

Ул.К.Маркса 68

Тел.+7(843)2314174

svolfson@kstu.ru



Подпись Вольфсон

удостоверяю.

Начальник отдела по работе с
сотрудниками ФГБОУ ВО «КНИТУ»

А.В. Гренцова
«17 ок 20 13