

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»**

НАНОСТРУКТУРНЫЕ, ВОЛОКНИСТЫЕ И КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

**Материалы XIV Всероссийской научной и студенческой
конференции с международным участием**

Санкт-Петербург, 14–18 мая 2024 года

Санкт-Петербург

2024

УДК 678:677.4:677.017(063)
ББК 24.7:35.71:35.73:37.23-3-1я43
Н25

Н25 Наноструктурные, волокнистые и композиционные материалы: материалы XIV Всероссийской научной и студенческой конференции с международным участием / Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. – Санкт-Петербург: ФГБОУВО «СПбГУПТД», 2024. – 102 с.
ISBN 978-5-7937-2531-6

Всероссийская научная конференция и молодежный конкурс научных докладов с 14.05.2024 г. по 18.05.2024 г.

Оргкомитет:

Демидов А. В. – д-р техн. наук, профессор, председатель
Макаров А. Г. – д-р техн. наук, профессор, сопредседатель
Романов В. Е. – д-р техн. наук, профессор, сопредседатель
Асташкина О. В. – канд. техн. наук, доцент, зам. председателя
Васильев М. П. – д-р техн. наук, профессор
Жуковский В. А. – д-р техн. наук, профессор
Анисимов А. В. – д-р техн. наук, профессор
Хохлова В. А. – канд. техн. наук, доцент
Свердлова Н. И. – канд. техн. наук, доцент
Штягина Л. М. – канд. техн. наук, доцент
Виноградова Л. Е. – канд. техн. наук, доцент
Кузнецов А. Ю. – канд. техн. наук, доцент
Лукичева Н. С.
Дианкина Н. В.
Марценюк В. В.
Уварова Н. Ф.
Гладунова О. И.
Анущенко Т. Ю.
Ширшова Е. П.

УДК 678:677.4:677.017(063)
ББК 24.7:35.71:35.73:37.23-3-1я43

ISBN 978-5-7937-2531-6

© ФГБОУВО «СПбГУПТД», 2024

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Алексеева О. В., Носков А. В., Агафонов А. В.</i> Антимикробная активность композиционных пленок ГОЭЦ/органобентонит	8
<i>Анущенко Т. Ю., Жуковский В. А., Хохлова В. А.</i> Разработка эндопротеза с фторполимерным покрытием и исследование его свойств	9
<i>Бекренев Н. В., Злобина И. В.</i> СВЧ модификация отвержденных полимерных композиционных материалов, формируемых аддитивными методами	11
<i>Беляев А. О., Данилов В. Е., Айзенштадт А. М.</i> Повышение прочности древесины сосны при пропитке кремний и титан содержащими растворами	13
<i>Белянкин Е. О., Далидович В. В.</i> Возможность направленного регулирования свойств углеродсодержащих катионитов путём изменения количественного соотношения их поверхностных групп	15
<i>Борисова Н. В., Устинова Т. П.</i> Оценка структуры, свойств и перспектив применения разноокисленных полиакрилонитрильных волокнистых отходов в технологии функциональных материалов	17
<i>Вилачева Ю. Ю., Марценюк В. В., Асташкина О. В.</i> Исследование свойств газодиффузионных слоев в виде углерод- полимерных композитов с фторопластовыми матрицами	19
<i>Внукова П. А., Середина М. А.</i> Снижение горючести полиэтилентерефталата с использованием замедлителей горения отечественного производства	21
<i>Выдрина А. С.</i> Получение и исследования композиции на основе карбоксиметилцеллюлозы с кровоостанавливающими свойствами	23

<i>Гарамов Г. А., Шинкарук А. А., Соколова Ю. В.</i> Определение емкости поглощения оксида кальция сапонитсодержащим материалом	24
<i>Гладунова О. И.</i> О возможности повышения адгезии полиоксадиазольных волокон к эпоксидному связующему	27
<i>Глоба А. И., Балаш А. Ю.</i> Подбор сшивающих агентов для полиуретан-акрилатных пленкообразующих систем на водной основе	28
<i>Грозова Н. А., Баранов И. С., Давыдова С. А.</i> Влияние геометрии стеклянных чешуек на прочностные и оптические свойства прозрачных композиционных материалов	31
<i>Грубов Д. А., Трифонова И. П., Бурмистров В. А.</i> Применение ПВХ-пластизолей для создания вибропоглощающих композиционных материалов	33
<i>Денисов М. Е., Редина Л. В., Козуб Д. А.</i> Получение многофункциональных волокнистых материалов при обработке композициями на основе фторполимеров	34
<i>Долинская Р. М.</i> Использование отходов промышленных предприятий Республики Беларусь в качестве ингредиентов композиционных эластомерных материалов	37
<i>Дымникова Н. С., Ерохина Е. В.</i> Наночастицы серебра для антиинфекционной отделки текстильных материалов	39
<i>Ерзунов К. А., Трегубов А. В., Петрушина В. Ю., Одинцова О. И.</i> Разработка печатной композиции на основе частиц ZnO для полифункциональной отделки текстильных материалов	41
<i>Ерохина Е. В., Дымникова Н. С.</i> Природные стабилизаторы и восстановители для синтеза наночастиц серебра	43

<i>Зайцев В. М., Данилова А. И., Обедзинская Е. Д.</i> Исследования влияния параметров ультразвуковой сварки на прочностные свойства соединения композитов стекловолокно-полипропилен	45
<i>Ибатуллина А. Р., Сергеева Е. А.</i> Плазменная модификация как метод повышения адгезионной способности арамидных волокон	47
<i>Кадыкова Ю. А., Васинкина Е. Ю., Калганова С. Г., Тригорлый С.В., Сивак А. С., Сивак Т. П.</i> СВЧ-камера на квазикоаксиальном волноводе для модификации полимерных материалов	48
<i>Карова Е. Р.</i> Влияние природы растворителя на реологические и волокнообразующие свойства растворов пара-арамидов	50
<i>Кокшаров С. А., Алеева С. В.</i> Преимущества биохимической подготовки льняного волокна для армирования полимерных композиционных материалов	52
<i>Королева И. М., Пыхтин А. А.</i> Проектирование составов дисперсно-наполненных полимерных композиционных материалов на основе полиолефина и коротких стеклянных волокон	54
<i>Кржечковский Д. В., Кузнецов А. Ю., Свердлова Н. И.</i> Зависимость эксплуатационных свойств полимербетона от включенного в его состав дисперсного полиэтилентерефталатного заполнителя	56
<i>Кудринская О. В., Христофоров Д. Е., Асташкина О. В.</i> Влияние концентрации фуллеренов на сорбционные свойства модифицированных ими сорбентов	58
<i>Лукичева Н. С., Яркевич А., Клепиков В. В.</i> Материалы для акустических мембран стетофонендоскопов	60
<i>Мазуркевич Е. М.</i> Влияние углеродных нанодисперсий на характеристики фторполимерных композитов	62

<i>Мусихина А. С., Марценюк В. В.</i> Исследование влияния внешней нагрузки на удельное электрическое сопротивление газодиффузионных слоев	64
<i>Петраш Ю. А., Безруков А. А., Гладунова О. И.</i> О подготовке графенов к работе и получении наноструктурных полимерных композиционных материалов	66
<i>Платунова А. А., Штягина Л. М.</i> Сверхвысокомолекулярный полиэтилен: свойства и синтез	67
<i>Прокочук Н. Р., Ленартович Л. А.</i> Влияние нанодисперсных оксидов металлов на свойства ПЭТ	70
<i>Пророкова Н. П., Вавилова С. Ю.</i> Поверхностное модифицирование термопластичных нитей в процессе получения: новый подход	71
<i>Прохорова А. Е.</i> Исследование структурирования растворов карбоксиметилцеллюлозы п-аминобензойной кислотой	73
<i>Пяташева Д. В., Кузнецов А. Ю.</i> Исследование влияния процессинговой добавки на физико- механические характеристики полиэтиленовой мононити	74
<i>Самсонова К. А., Дянкова Т. Ю.</i> Совершенствование технологии крашения материалов на основе волокна Арлана	76
<i>Смирнов В. В., Кузнецов А. Ю.</i> Исследование свойств коллоидных частиц висмута, полученных методом лазерной абляции	78
<i>Степанов М. Г., Дянкова Т. Ю.</i> Придание гидро- и олеофобных свойств полиамидным изделиям	80
<i>Тальвинский С. О., Кузнецов А. Ю.</i> Углеродная вспененная теплоизоляция	82
<i>Трофимова Е. Н., Дянкова Т. Ю.</i> Красители для метакрилатных волокнистых материалов	83

<i>Трущелев А. В., Мигунов Н. Ю., Бычкова Е. В., Щербина Н. А.</i> Биоразлагаемые пленочные композиты на основе наполненного полилактида	85
<i>Уварова Н. Ф., Дианкина Н. В.</i> Углеродные материалы, модифицированные частицами металлов	86
<i>Христофоров Д. Е., Кузнецов А. Ю.</i> Применение полимер-песчаных композитов в технологии производства сосудов высокого давления	89
<i>Чернов О. М.</i> Изучение теоретических аспектов моделирования процессов получения токопроводящих полимерных нанокомпозитов	90
<i>Шарапова А. А., Кудрявцева Е. В., Буринская А. А.</i> Получение стабильных коллоидных растворов наночастиц оксида цинка	92
<i>Шаховский Н. А., Борисова Н. В., Бычкова Е. В.</i> Композиты для кабельных пластикатов пониженной горючести на основе поливинилхлорида	93
<i>Шикунова А. А., Николаева О. И.</i> Влияние наполнителя на паропроницаемость акрилового герметика	95
<i>Ширшова Е. П.</i> Влияние термообработки на формирование вторичной пористой структуры в отходах синтактных пен	96
<i>Яркевич А., Марценюк В. В., Лукичева Н. С.</i> Снижение удельного электрического сопротивления газодиффузионных слоев за счет нанесения микропористого слоя	99

Алексеева О. В., Носков А. В., Агафонов А. В.

Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН

АНТИМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПЛЕНОК ГОЭЦ/ОРГАНОБЕНТОНИТ

В последние годы органо-неорганические композиты привлекают большое внимание исследователей в связи с перспективами их использования в пищевой промышленности, медицине, фармацевтике, а также для решения экологических проблем. Для создания композитов часто используются биосовместимые природные полимеры, модифицированные неорганическими наполнителями. Гидроксиэтилцеллюлоза (ГОЭЦ) — один из наиболее известных неионогенных водорастворимых биоразлагаемых эфиров целлюлозы, обладающий хорошими пленкообразующими свойствами, что делает его пригодным для биомедицинских применений.

Целью исследования было получение полимерных материалов на основе гидроксиэтилцеллюлозы и органобентонита и исследование их структуры и биологической активности. Для приготовления композитных пленок ГОЭЦ/органобентонит использовали бентонит, модифицированный ПАВ (хлоридом гексадецилтриметиламмония). Полимерные композиты были получены интеркалированием алюмосиликата в матрицу ГОЭЦ. С помощью рентгенофазового анализа были выявлены рефлексы, соответствующие кристаллическому наполнителю в полимерном материале. Полученные композиционные пленки были протестированы по отношению к Грам-положительным бактериям *Staphylococcus aureus* и ассоциации грибов (*Aspergillus* и *Cladosporium*).

Мы обнаружили, что как исходные полимерные пленки, так и модифицированные органобентонитом (менее 5 мас. % наполнителя), не проявляли бактериостатического действия в отношении *St. aureus*. Но вокруг образцов композиционной пленки ГОЭЦ/органобентонит, содержащей 5 мас. % наполнителя, наблюдалась четко выраженная зона лизиса. Можно сделать вывод, что гидроксиэтилцеллюлоза приобретает бактериостатическое действие в результате модифицирования органобентонитом (не менее 5 мас. % наполнителя). По-видимому, одной из причин инактивации микроорганизмов является способность органобентонита адсорбировать болезнетворные бактерии и удерживать их в составе композита. Это обеспечивает физический барьер против развития бактерий. Также была исследована биостойкость композиционных пленок ГОЭЦ/органобентонит против плесневых грибов. Обнаружено, что рост микроорганизмов не обнаружен на поверхности пленок, содержащих 0~5 мас. % наполнителя.

Таким образом, в результате испытаний биологической активности гидроксипропилцеллюлозы, модифицированной органомонтонитом, нами установлено, что исследуемые материалы проявляют антимикробное действие в отношении ряда болезнетворных бактерий и грибов

Анущенко Т. Ю., Жуковский В. А., Хохлова В. А.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

РАЗРАБОТКА ЭНДОПРОТЕЗА С ФТОРПОЛИМЕРНЫМ ПОКРЫТИЕМ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО СВОЙСТВ

Любое оперативное лечение, как радикальное, так и паллиативное, сопровождается возникновением спаечного процесса брюшной полости и связанными с ним осложнениями, в связи с чем задача профилактики послеоперационных брюшных сращений является актуальной проблемой хирургии. По данным Международного общества изучения спаек (International Adhesion Society), послеоперационный спаечный процесс является самым частым осложнением абдоминальных операций [1].

На сегодняшний день представленные на мировом рынке медицинских изделий современные эндопротезы с антиадгезивными свойствами труднодоступны отечественному потребителю и не всегда эффективно препятствуют спайкообразованию. В связи с этим актуальным и целесообразным становится поиск материалов и технологий создания отечественных эндопротезов, обладающих противоспаечными свойствами, способных конкурировать с зарубежными аналогами по стоимости и функциональным характеристикам.

Существует гипотеза, что покрытие эндопротеза с одной стороны должно обеспечивать его антиадгезионные свойства в первые часы после имплантации (мезотелизации), а с другой – биоинертность и устойчивость к инфекции. Также эндопротез должен обладать такими физическими характеристиками, как низкая материалоемкость, высокая пористость, мягкость и эластичность, которые будут способствовать быстрой мезотелизации поверхности эндопротеза.

Учитывая предъявляемые требования к эндопротезам, в качестве объектов исследования были выбраны сетчатые полотна, связанные из биосовместимых нерассасывающихся комплексных лавсановых (полиэфирных) нитей с фторкаучуковым покрытием. Оригинальная основовязаная структура и используемое сырьё обеспечивают эндопротезу

стабильность размеров и физико-механических свойств, формоустойчивость, оптимальную растяжимость, атравматичность, нераспускаемость краев при разрезании, оптимальную объемную пористость [2].

В качестве полимера для нанесения пленочного покрытия на лавсановый эндопротез был выбран фторкаучук СКФ-26.

Наносимое на сетчатое полотно дополнительное покрытие из фторкаучука обеспечивает полное отсутствие фитильности, снижает риск инфицирования при сохранении эластичных свойств, присущих эндопротезам из комплексных нитей, а также позволяет сохранить достаточный размер пор для прорастания соединительной тканью. Сочетание данных свойств способствует формированию на эндопротезе-сетке тонкого, нежного и равномерного соединительнотканного рубца, напоминающего по строению сухожильное волокно, что существенным образом уменьшает в послеоперационном периоде ощущение пациентом дискомфорта, связанного с наличием инородного тела в организме.

Разработка нового эндопротеза и его физико-механические исследования проводились на базе ООО «Линтекс» (г. Санкт-Петербург).

Экспериментальное исследование, посвященное предварительной оценке профиля безопасности сетчатых эндопротезов с фторполимерным покрытием при внутрибрюшном размещении у крупных животных проведено на базе ООО «Центр доклинических исследований» (Технопарк высоких технологий, г. Пенза). Эксперимент был выполнен на 3 свиньях обоих полов породы «русская белая».

Результаты исследования показали, что разработанные эндопротезы из нерассасывающихся комплексных лавсановых (полиэфирных) нитей с фторкаучуковым покрытием не вызывают каких-либо клинически значимых побочных реакций или осложнений и при интраперитонеальной установке обладают противоспаечными свойствами [3].

Список литературы

1. **Вербицкий, Д.А.** Применение геля карбоксиметилцеллюлозы для профилактики спайкообразования в брюшной полости: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб., 2004. 32 с
2. **Жуковский, В.А.** Отечественные сетчатые эндопротезы для пластики опорных мягких тканей // Мед. техника. – 2003. - № 1. – С. 8-11.
3. **Белоусов, А.М.** Безопасность сетчатых эндопротезов с фторполимерным покрытием: результаты пилотного исследования / А.М. Белоусов; В.П. Армашов; Д.Д. Шкарупа; Т.Ю. Анущенко; Т.С. Филипенко; В.А. Жуковский; Н.Л. Матвеев // Хирургия. Журнал имени Н.И. Пирогова. – 2023. - № 2 – С. 43-58.

Бекренев Н. В.¹, Злобина И. В.^{1,2}

¹Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

²НИЦ «Курчатовский институт»

СВЧ МОДИФИКАЦИЯ ОТВЕРЖДЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, ФОРМИРУЕМЫХ АДДИТИВНЫМИ МЕТОДАМИ

В современном машиностроении, а также энергетике и строительстве значительный объем конструктивных элементов приходится на изделия из полимерных композиционных материалов (ПКМ), что определяется их более высокой по сравнению с металлами и сплавами удельной прочностью [1]. Процесс формирования композитов в полной мере соответствует концепции аддитивных технологий, которые основаны на программируемой послойной выкладке материала в соответствии с созданной предварительно твердотельной моделью изделия. Поэтому трехмерную печать можно считать перспективным инструментом автоматизации и повышения эффективности изготовления изделий из ПКМ [2]. В то же время для аддитивных технологий печати композиционными филаментами в настоящее время характерен коэффициент армирования, значительно меньший по сравнению с оптимальным, что приводит к снижению физико-механических свойств материалов.

Целью работы явилось исследование возможности применения воздействия СВЧ электромагнитного поля на монослои из филаментов, армированных непрерывным углеродным волокном, для обоснования повышения физико-механических свойств изделий, полученных с использованием аддитивных технологий.

Монослои имели вид полосы и представляли собой контур из двух расположенных рядом дорожек филамента, пространство внутри контура было заполнено однонаправленными дорожками, расположенными под углом 45° к большей оси образца. Обработку образцов размерами $150 \times 10 \times (0,8-1)$ мм в СВЧ электромагнитном поле осуществляли на экспериментальной СВЧ технологической установке, созданной на базе микроволнового рупорного излучателя «Жук-2-02» производства ООО «АгроЭкоТех» (г. Обнинск, Калужской обл.) при плотности потока энергии (ППЭ), равной $(40-41) \times 10^4$ мкВт/см². Испытания контрольных и опытных образцов проводили на растяжение в соответствии ГОСТ 32656-2017 на машине испытательной универсальной ИР 5082-100 с выходом на компьютер и на трехточечный изгиб в соответствии с ГОСТ Р 56805-2015 с

использованием цифрового прессы ПМ-МГ4 СКБ «Стройприбор», г. Челябинск.

Установлено, что в сравнении с контрольными образцами напряжения растяжения опытных образцов в среднем возрастают на 12%. Абсолютные значения напряжений контрольных образцов составили в среднем 163 МПа, опытных после СВЧ воздействия – 182,4 МПа. При этом относительное удлинение при разрыве составляет (4-5)%, изменения в опытных образцах мало значимы. Напряжения трехточечного изгиба возрастают после СВЧ воздействия на 17%, в среднем с 1,34 до 1,57 МПа. Отмечено, что наибольшее влияние СВЧ модификация оказывает на жесткость монослоя. Секущий модуль E_t^{secant} возрастает с 55 МПа до 328 МПа (практически в 6 раз), а хордовый модуль E_t^{chord} – с 420 МПа до 1339 МПа (более, чем в 3 раза).

Установлено, что образцы в процессе воздействия СВЧ излучения на принятых в эксперименте режимах испытывают нагрев до температуры (70-80)⁰С, при которой обеспечивается временный переход термореактивной матрицы в высокоэластичное состояние и создаются условия для изменений в структуре, при которых согласно данным авторов данной работы [3] создаются условия для повышения физико-механических свойств ПКМ, полученных методом прессования, что свидетельствует об аналогичном механизме повышения физико-механических свойств монослоев, сформированных из композитных филаментов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ 23-79-00039 «Обоснование методологии комплексного модифицирования композиционных материалов для экстремальных условий эксплуатации на основе изучения фазово-структурных превращений под влиянием электрофизических воздействий различного частотного диапазона».

Список литературы

1. **Михайлин, Ю.А.** Специальные полимерные композиционные материалы / Михайлин Ю.А. — СПб. : Научные основы и технологии, 2008 . – 660 с..
2. **Петров, В.М.** О влиянии структуры на прочность изделий из пластиков, получаемых методом 3D-печати / В.М. Петров, С.Н. Безпальчук, С.П. Яковлев // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. – 2017. – Т. 9. - № 4. – С. 765-776.
3. **Злобина, И.В.** О механизме повышения механических характеристик отвержденных полимерных композиционных материалов под действием СВЧ электромагнитного поля / И.В. Злобина, Н.В. Бекренев // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Физика.2022. Т. 22. № 2. С. 158-169.

Беляев А. О., Данилов В. Е., Айзенштадт А. М.

Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В.Ломоносова

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ПРИ ПРОПИТКЕ КРЕМНИЙ И ТИТАН СОДЕРЖАЩИМИ РАСТВОРАМИ

Памятники деревянного зодчества, сохранившиеся на территории Архангельской области – церкви, часовни, мельницы, укрепления, мосты, усадьбы относят к уникальному и самобытному наследию Русского Севера. К сожалению, процент деревянных объектов культурного и исторического значения, поврежденных в результате актов вандализма, а также из-за недостаточных технических мер по их сохранению, с каждым годом растет.

В работах [1-3] был использован подход к процессу консервации древесины, заключающийся во введение органо-минерального компонента на основе арабиногалактана и механоактивированного кремнеземсодержащего песка в полимерную матрицу древесины. К преимуществам данного подхода следует отнести повышенную прочность и твердость поверхности обработанной древесины за счет образования химических связей между активными центрами клеточных стенок древесины и компонентами пропитывающего защитного состава. Тем не менее, данный способ не позволяет пропитывать древесину на значительную глубину без использования автоклава в связи с относительно крупными размерами внедряемых частиц кремнезема (порядка 400-500 нм).

Целью данной работы стало повышение глубины проникновения защитного состава в древесину за счет использования в качестве пропитывающего состава растворов прекурсоров оксидов металлов – тетраэтилортосиликата (ТЭОС) и тетрабутил титаната (ТБТ).

В качестве объекта исследования была выбрана древесины сосны обыкновенной, опытные образцы из которой были изготовлены согласно ГОСТ 16483.10-73. Размер основания 20x20 мм длина вдоль волокон 30 мм (для прочностных испытаний). После изготовления образцы проходили выбраковку (удалялись образцы имеющие дефекты, сучки) и высушивались до постоянной массы при температуре 60°C в сушильном шкафу.

В качестве пропитывающего состава использовали ТЭОС (ч.д.а., производитель «Спектр-Хим») и ТБТ (технический, производитель ООО «ТК Спектр-Хим»). Образцы древесины (по 4 шт.) погружали в емкости с раствором ТЭОС, ТБТ и их смеси в объемном соотношении 1:1. Выдержку образцов в растворе осуществляли в течение 3 суток, после чего их извлекали, обтирали фильтровальной бумагой и сушили до постоянной массы при температуре 60°C в сушильном шкафу. Характеристики образцов древесины до и после обработки представлены в таблице 1.

Обсуждая полученные результаты можно отметить, что наибольший прирост плотности (в 14%) наблюдается у образцов, обработанных растворами ТБТ и смесью ТБТ с ТЭОС, вероятно в связи с их полимеризацией. Аналогичный показатель для ТЭОС составил около 1 %. При этом глубина проникновения для всех растворов составила порядка 4 мм, что, по нашему мнению, уже достаточно для защиты древесины от механических повреждений.

Таблица 1 – Характеристики образцов древесины до и после обработки

Раствор	№ образца	L, мм	b, мм	h, мм	m, г	V, см ³	ρ, г/см ³	ρ _{ср} , г/см ³
Исходные образцы								
ТБТ	50	29,94	19,70	19,04	4,43	11,23	0,39	0,40
	97	30,21	19,40	19,72	4,70	11,56	0,41	
	109	30,67	19,41	19,50	4,23	11,61	0,36	
	124	29,81	19,43	19,04	4,61	11,03	0,42	
ТЭОС+ТБТ	34	29,95	19,53	19,56	3,95	11,44	0,35	0,39
	48	31,21	19,51	19,21	4,49	11,70	0,38	
	66	29,71	19,32	19,12	4,60	10,97	0,42	
	146	30,84	19,45	19,10	4,90	11,46	0,43	
ТЭОС	45	29,40	19,23	19,51	4,53	11,03	0,41	0,44
	79	31,05	18,88	19,65	5,55	11,52	0,48	
	241	30,17	19,05	19,66	5,13	11,30	0,45	
	256	31,59	19,44	19,11	4,96	11,74	0,42	
Обработанные образцы								
ТБТ	50	30,09	19,60	19,01	5,21	11,21	0,46	0,45
	97	30,43	19,44	19,71	5,29	11,66	0,45	
	109	30,90	19,42	19,37	4,76	11,62	0,41	
	124	29,85	19,10	19,53	5,35	11,13	0,48	
ТЭОС+ТБТ	34	30,00	19,62	19,57	4,62	11,52	0,40	0,45
	48	31,22	19,67	19,37	5,19	11,90	0,44	
	66	29,73	19,28	19,57	5,30	11,22	0,47	
	146	30,79	19,41	19,49	5,73	11,65	0,49	
ТЭОС	45	29,40	19,17	19,41	4,54	10,94	0,41	0,45
	79	31,05	18,79	19,61	5,54	11,44	0,48	
	241	29,98	19,08	19,59	5,15	11,21	0,46	
	256	31,64	19,05	19,35	4,96	11,66	0,43	

Список литературы

1. **Victor Danilov**, Arkady Ayzenshtadt, Natalya Kilyusheva & Alexander Belyav. Wood surface modification with an arabinogalactan–silica composition // Journal of Wood Chemistry and Technology. 2021. P. 1-13. DOI:

10.1080/02773813.2021.1977828

<https://doi.org/10.1080/02773813.2021.1977828>

2. **Килюшева Н.В.**, Айзенштадт А.М., Данилов В.Е., Беляев А.О. Физико-механические характеристики минерализованной древесины // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. № 6. С. 8-16. DOI <https://doi.org/10.34031/2071-7318-2022-7-6-8-16>

3. **Килюшева Н.В.**, Данилов В.Е., Беляев А.О., Айзенштадт А. М. Применение арабиногалактана для минерализации древесины // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2023. Т. 27. № 2. С. 121–127. DOI: 10.18698/2542-1468-2023-2-121-127

Белянкин Е. О., Далидович В. В.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)

ВОЗМОЖНОСТЬ НАПРАВЛЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СВОЙСТВ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ КАТИОНИТОВ ПУТЁМ ИЗМЕНЕНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО СООТНОШЕНИЯ ИХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ГРУПП

Решение проблем экологии тесно связано с поиском новых видов сырья на базе разнообразных промышленных отходов, в связи с чем было предложено получать фосфорнокислые катиониты (ФК) из отходов деревообработки осины (О), дуба (Д) и лигнина (Л) кислотнo-солевой активацией и изучение состава их поверхностно-функциональных групп. Для этого использовалась в качестве активатора смесь фосфорной кислоты H_3PO_4 40 % (масс. доли) и солей: 15%-ные водные растворы дигидрофосфата натрия (NaH_2PO_4), гидроортофосфата натрия 12-водного ($Na_2HPO_4 \times 12H_2O$), фосфата натрия (Na_3PO_4), взятые в соотношении 1:1. Были получены таблетированные при давлении 20 МПа ФК (соотношение древесины и лигнина 1:1, исходной смеси отходов и активатора 1:2) с последующим их термоотверждением в течение 6 часов при температуре 150 °С, которые затем подвергались отмывке и повторной сушке в течение 2 часов при температуре 130 °С. Определение количества функциональных групп (карбонильных-СНО, карбоксильных-СООН, гидроксильных-ОН) было произведено по методу Бозма.

Результаты определения количества функциональных групп ФК представлены в таблице 1.

Определение ионообменных свойств ФК определяли по методу определения физико-химических свойств ионитов.

Результаты определения ионообменных свойств ФК представлены в таблице 2.

Таблица 1 - Результаты определения количества функциональных групп ФК

Активатор	Материал или марка угля	СНО-группы, мг-экв/г	СООН-группы, мг-экв/г	ОН-группы, мг-экв/г	Сумма СНО, СООН и ОН-групп, мг-экв/г
$H_3PO_4+K_3PO_4$	О+Л	1,43	0,95	3,77	6,15
$H_3PO_4+K_2HPO_4$	О+Л	0,75	1,75	3,64	5,64
$H_3PO_4+KH_2PO_4$	О+Л	0,43	0,63	3,54	4,60
$H_3PO_4+K_3PO_4$	Д+Л	2,70	1,29	2,31	6
$H_3PO_4+K_2HPO_4$	Д+Л	2,40	0,26	2,10	4,66
$H_3PO_4+KH_2PO_4$	Д+Л	2,10	0,57	1,32	4,49
-	СМ-1	1,67	0,80	1,98	4,45

Таблица 2 - Результаты определения ионообменных свойств ФК

Активатор	Материал или марка угля	ПОЕ по NaOH, мг-экв/г	СОЕ по NaCl, мг-экв/г	СОЕ по CaCl ₂ , мг-экв/г
$H_3PO_4+K_3PO_4$	О+Л	6,15	0,64	0,22
$H_3PO_4+K_2HPO_4$	О+Л	6,00	0,57	0,28
$H_3PO_4+KH_2PO_4$	О+Л	5,81	0,75	0,36
$H_3PO_4+K_3PO_4$	Д+Л	7,70	0,70	0,30
$H_3PO_4+K_2HPO_4$	Д+Л	7,20	0,85	0,45
$H_3PO_4+KH_2PO_4$	Д+Л	7,30	0,70	0,31
-	СМ-1	6,49	2,02	2,85

Результаты показывают возможность направленного регулирования свойств ионообменных материалов путём изменения количественного соотношения их поверхностных групп при соответствующем подборе технологических параметров получения.

Борисова Н. В., Устинова Т. П.

Энгельсский технологический институт (филиал) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

ОЦЕНКА СТРУКТУРЫ, СВОЙСТВ И ПЕРСПЕКТИВ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗНООКИСЛЕННЫХ ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛЬНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ ОТХОДОВ В ТЕХНОЛОГИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Одной из основных проблем, имеющей приоритетное социальное, экономическое и экологическое значение, является проблема загрязнения природной среды твердыми отходами производства. К таким отходам можно отнести волокнистые отходы, образующиеся на стадии термостабилизации полиакрилонитрильного прекурсора в технологии углеродных волокнистых материалов (отходы окси-ПАН). Причинами некондиционной продукции могут быть некачественное исходное сырье, нарушения технологического режима процесса термоокисления, несвоевременно проведенные ремонтные работы оборудования, в результате чего образуются неизбежные отходы, которые не нашли до настоящего времени практического применения. В связи с этим, целью данной работы является поиск технических решений проблемы утилизации исследуемых отходов, обеспечивающих получение ликвидной продукции различного функционального назначения.

Волокнистые отходы окси-ПАН (ПАН-ОК) представляют собой неоднородные по цвету и объемной плотности объекты исследования, что послужило основой для ранжирования их по степени окисления от 0 до 1,0 с условным разделением на образцы от ПАН-ОК₀ до ПАН-ОК_{1,0}.

Согласно действующему законодательству, любой отход должен быть отнесен к конкретному классу опасности. В связи с этим согласно с методикой Минприроды РФ и методиками определения острой токсичности для данного класса отходов установлен V класс опасности, т.е. они отнесены к практически неопасным материалам.

Исследования структурных особенностей и свойств ПАН волокнистых отходов разной степени окисления, полученные методами ИК-спектроскопии, ТГА, элементного анализа, оптической и электронной микроскопии, а также результаты физико-механических испытаний позволили разработать технические условия на отходы ПАН-ОК (ТУ 2272-004-05286136-2015) и рекомендовать их в качестве наполнителей

полимерматричных композиционных материалов функционального назначения [1].

Введение отходов ПАН-ОК в полимеризующуюся систему на стадии синтеза полиамида 6 обеспечивает получение композитов с повышенной теплостойкостью и твердостью, которые могут быть использованы для изготовления деталей, применяемых в железнодорожной отрасли, в частности, при получении бокового упора для системы рельсовых креплений [2].

Экструзионное совмещение исследуемых волокнистых отходов с полиэтиленовой матрицей предложено для производства материалов геотехнического назначения, в том числе геомембран. Установлено, что даже при небольших степенях наполнения полиэтилена низкого давления (ПЭНД) удаётся существенно повысить его деформационно-прочностные характеристики.

Для изготовления геотехнического модуля, представляющего собой сотовую конструкцию из полиэтиленовых лент, соединенных высокопрочными швами в шахматном порядке, главное условие - сохранить способность армированных разноокисленными отходами ПАН-ОК полиэтиленовых лент к ультразвуковой сварке. Экспериментальными данными доказано, что у волокнонаполненного ПЭНД формируется качественный шов и обеспечивается необходимая прочность сцепления ленты, соответствующая требованиям нормативных документов.

Исследование геокомпозитов на основе полиэтиленвинилацетата и отходов ПАН-ОК, получаемых с использованием ультразвука, который способствует равномерному распределению наполнителя, показало высокую устойчивость к старению разработанных материалов, применяемых для габионных конструкций.

Еще одним интересным решением реализации поставленной цели является модификация поверхности разноокисленных отходов ПАН-ОК методом металлизации. Результаты проведенных в данной работе исследований позволили разработать энерго- и ресурсосберегающий способ меднения или серебрения волокнистого материала на основе ПАН-ОК в малокомпонентном электролите [3], который позволяет получать прочные, равномерные по всей длине волокнистого материала покрытия, имеющие хорошую адгезию и характерный для покрываемого металла цвет. Полученные материалы рекомендуются для применения в электротехнике, электронной промышленности, приборостроении.

Таким образом, комплексная оценка структуры и свойств разноокисленных ПАН волокнистых отходов свидетельствует о перспективности их применения при получении полимерных материалов функционального назначения.

Список литературы

1. **Моругова, О.А.** Структурные особенности и комплексная оценка свойств отходов окси-ПАН и полимерматричных композитов на их основе: Дис. ... канд. техн. наук: 05.17.06. - Саратов, 2016. - 165 с.
2. **Volkova, E.S.** Structure and properties of fiber-filled polyamide composites obtained by polymerization mixing of the components /Volkova E.S., Borisova N.V., Ustinova T.P. // Fibre Chemistry . - 2022. - Vol. 53, № 6, March. - P. 399-402.
3. **Borisova, N.V.** Coppering of Polyacrylonitrile Precursors /Borisova N.V., Mavlyutova L.M., Ustinova T.P., Solovyeva N.D. // Fibre Chemistry . - 2020. - Vol. 52, № 2, July. - P. 100-104.

Виладчева Ю. Ю., Марценюк В. В., Асташкина О. В.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ГАЗОДИФФУЗИОННЫХ СЛОЕВ В ВИДЕ УГЛЕРОД-ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ С ФТОРОПЛАСТОВЫМИ МАТРИЦАМИ

В течение последних десятилетий в мировой промышленности наблюдается тенденция на частичный отказ от традиционных видов топлива и применение альтернативных источников энергии в целях снижения выбросов парниковых газов.

В группе альтернативных источников энергии наиболее интенсивное развитие в настоящее время приобретает водородная энергетика, основанная на непосредственном получении полезной электрической энергии с помощью электрохимической реакции, протекающей при разрыве химических связей водородного топлива.

Устройство, в котором происходит разложение молекул водорода под действием кислорода воздуха, называется топливным элементом (ТЭ), или электрохимическим источником тока. Основной структурной единицей ТЭ является газодиффузионный слой (ГДС), необходимый для равномерного подвода реагентов к каталитически-активному слою, передачи электронов на приемное устройство и поддержания водного баланса с эффективным водоотведением.

В ходе исследования были получены ГДС в виде углеволокнистых композитов на основе полиакрилонитрильного (ПАН) прекурсора двух типов и определены их основные характеристики: удельное электрическое

сопротивление поперек плоскости ($УЭС$), общая пористость ($П_{общ}$), поверхностная плотность ($d_{пов}$), гидрофобность. ГДС-1 получали путем пропитки графитированного углеродного нетканого материала фторопластовым связующим марки Ф-2, дополнительно содержащим в своем составе 5% графенов от массы полимера с дальнейшей подпрессовкой препрега. Введение графенов осуществляли с целью снижения $УЭС$. Наполнитель ГДС-2 – графитированный углеродный нетканый материал предварительно пропитывали фенолформальдегидной смолой и карбонизовали при 900 °С, затем напыляли связующее, состав которого аналогичен составу для ГДС-1. Содержание фторопластовых матриц в готовых композитах составило 5 - 15 масс. %.

Согласно полученным данным, $УЭС$ ГДС-1 увеличивается с увеличением содержания Ф-2. Так, при содержании Ф-2 5 масс. % $УЭС$ составило 28 мОм/см², а при содержании Ф-2 15 масс. % оно составило 90 мОм/см². Аналогичная картина наблюдается и для ГДС-2: $УЭС$ увеличивается от 25 мОм/см² для 5 % содержания Ф-2 до 60 мОм/см² для 15 % содержания Ф-2.

Также были получены ГДС-3 и ГДС-4 с матрицами, состав которых такой же, как для ГДС-1 и ГДС-2 соответственно, но исключены графены. Их сопротивление на 15 – 20 % выше, чем для ГДС-1 и ГДС-2. Так, при содержании Ф-2 5 масс. % $УЭС$ ГДС-3 составляет 33 мОм/см² и увеличивается до 96 мОм/см² при содержании Ф-2 15 масс. %. Для ГДС-4 $УЭС$ увеличивается от 30 до 65 мОм/см² при увеличении содержания Ф-2 от 5 до 15 масс. %.

Поверхностная плотность полученных композитов зависит от содержания Ф-2. Так, для ГДС-1 она возрастает от 60 до 80 г/м² при увеличении содержания Ф-2 от 5 до 15 масс. %. Для ГДС-2 $d_{пов}$ возрастает от 90 г/м² до 110 г/м² при соответствующем содержании от 5 до 15 масс. %. Поверхностная плотность композитов, не содержащих в своем составе графенов, находится в тех же пределах.

Общая пористость композитов снижается с увеличением содержания фторопластовой матрицы. В целом, для ГДС-2 $П_{общ}$ меньше, чем для ГДС-1. При 5 масс. % Ф-2 для ГДС-1 $П_{общ}$ составляет 75 %, а при 15 масс. % - 67 %. Для ГДС-2 $П_{общ}$ равна 64 % при 5 масс. % Ф-2, и уменьшается до 55 % при увеличении содержания Ф-2 до 15 масс. %. В целом, общая пористость ГДС-1 и ГДС-2 соответствует значениям пористости аналогичных композитов, не содержащих в матрице графенов.

Краевой угол смачивания ГДС-1 составляет 120 °, ГДС-2 - 130 °.

Стоит отметить, что более плотная поверхность ГДС является предпочтительной при сборке ТЭ, поскольку при этом каталитически-активный слой располагается равномерно на поверхности композита.

Активных центров, доступных для подхода реагентов и активации электрохимической реакции, значительно больше.

Таким образом, предварительная карбонизация углеродного нетканого материала с фенолформальдегидной смолой позволяет обеспечить более низкое УЭС ГДС, повысить поверхностную плотность для распределения частиц катализатора, а также увеличить гидрофобность композита. Также показано, что введение графенов позволяет снизить УЭС композитов на 15 – 20 % без ухудшения других эксплуатационных свойств.

Научный руководитель: к.т.н., доцент О. В. Асташкина

Внукова П. А., Середина М. А.

Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)

СНИЖЕНИЕ ГОРЮЧЕСТИ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАМЕДЛИТЕЛЕЙ ГОРЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Полимерные материалы используются в различных отраслях специальной техники, в частности, для изготовления композиционных материалов, применяемых в авиа- и судостроении. В качестве декоративно-отделочных материалов изделия из полимеров применяются в учреждениях с массовым пребыванием людей (театрах, клубах, концертных залах, больницах, музеях, гостиницах). Вместе с тем, существенным недостатком большинства промышленно выпускаемых полимерных материалов является их легкая воспламеняемость и горючесть. Пожары, связанные с горением волокнистых материалов, приносят ежегодно миллиардные убытки и приводят, по данным мировой статистики, к гибели тысяч людей.

Изделия из полимерных материалов пониженной горючести должны обладать свойством самозатухания после удаления источника воспламенения, не гореть в пламени, не должны быть токсичными и канцерогенными, при горении таких материалов должно выделяться минимальное количество дыма и токсичных газов.

Полиэтилентерефталат (ПЭТФ) является одним из самых востребованных материалов в современной промышленности и быту: в производстве упаковочных материалов, пленок, приборостроении, строительстве, авиационной и автомобильной промышленности, при производстве электроники, для создания пресс-форм, медицинского оборудования и в текстильной промышленности. Полиэтилентерефталат

обладает комплексом высоких эксплуатационных свойств, но имеет существенный недостаток- высокую пожароопасность. Температура начала горения составляет 360°C, кислородный индекс равен 22% и горение на воздухе сопровождается выделением большого количества дыма, содержащие токсичные газообразные продукты горения.

Целью настоящей работы является изучение механизма огнезащитного действия замедлителей горения (ЗГ) с учетом основных закономерностей термоокислительного разложения и горения ПЭТФ. Для решения поставленной задачи необходимо исследовать влияние химического состава и строения различных типов замедлителей горения на процессы термолитиза полиэтилентерефталата. В качестве объекта исследования в работе использовали гранулят ПЭТФ производства ОАО «Могилевхимволокно». Согласно литературным данным [1,2] для снижения горючести ПЭТФ наиболее эффективны фосфор- и металлсодержащие замедлители горения, В работе для повышения огнестойкости ПЭТФ были выбраны ЗГ отечественного производства: полифосфат аммония, полифосфат меламина, борат меламина, гидроксид магния.

Основной характеристикой механизма огнезащитного действия ЗГ является выход карбонизованного остатка (КО) термолитиза полимера при максимальной температуре его термоокислительного разложения. С этой целью были приготовлены полимерные композиции, содержащие 5-30% ЗГ от массы ПЭТФ. Результаты исследования термолитиза ПЭТФ приведены в таблице 1.

Таблица 1- Влияние замедлителей горения на выход КО термолитиза ПЭТФ

Наименование ЗГ	КО, %, при содержании от массы ПЭТФ					
	0%	5%	10%	15%	20%	30%
Полифосфат меламина	56,3	25,4	34,8	35,3	39,0	44,2
Борат меламина		31,8	60,0	62,9	67,2	50,4
Гидроксид магния		33,0	43,2	41,4	40,0	44,6
Полифосфат аммония		41,7	44,6	67,5	69,8	32,1

Как видно из данных таблицы 1, увеличение содержания ЗГ в полимерном материале приводит к изменению выхода КО термолитиза ПЭТФ по сравнению с выходом КО термолитиза исходного полимера. С увеличением содержания полифосфата меламина и бората меламина в полимерной композиции с 5 до 30% повышается выход КО термолитиза ПЭТФ до 44% для полифосфата меламина и до 50% при использовании бората меламина. Это связано с различием в механизмах огнезащитного действия фосфор- и борсодержащих ЗГ [2,3]. КО термолитиза полимерной композиции, содержащей гидроксид магния, имеет максимальное значение за счет того,

что температура термодеструкции данного ЗГ совпадает с температурой максимума разложения ПЭТФ. Полифосфат аммония при нагревании вначале выделяет аммиак и воду, а при высоких температурах термолиза образует кислотные группы, которые конденсируются, дегидрируются, образуя сшитые ультрафосфаты [3].

Определение огнезащитных характеристик полимерных композиций, модифицированных ЗГ, показало, что наибольшей эффективностью огнезащитного действия для ПЭТФ, обладают гидроксид магния и борат меламина.

Список литературы

1. **Vahidi, Ghazal;** Bajwa, Dilpreet S.; Shojaeiarani, Jamileh; Stark, Nicole; Darabi, Amir. Advancements in traditional and nanosized flame retardants for polymers // A review. Journal of Applied Polymer Science. 2021. - №12. – p.138.
2. **Черников А.И.** Особенности горения полимерных материалов и способы повышения их огнестойкости // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации чрезвычайных ситуаций. - 2017. - Т1. - С.321-326
3. **Кодолов В.И.** Замедлители горения полимерных материалов. - М. : Химия. - 1980. - 269 с.

Выдрина А. С.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ С КРОВООСТАНАВЛИВАЮЩИМИ СВОЙСТВАМИ.

Актуальной проблемой травматологии и хирургии является возможность быстрой эффективной остановки кровотечения. Особенно остро она проявилась в период СВО. Быстрая остановка кровотечения позволяет облегчить состояние травмированного. Существующие кровоостанавливающие изделия на основе окисленной целлюлозы и коллагена имеют высокую стоимость по причине сложной технологии их производства. Вместе с тем, большой интерес представляет водорастворимый полимер на основе целлюлозы, который производится в больших количествах и допущен к использованию в медицинской практике

- карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ). Преимущество этого полимера в том, что он биологически инертен и имеет меньшую стоимость по сравнению с указанными ранее. Кроме того, КМЦ проявляет способность к остановке кровотечения, правда, медленно действующую.

В медицинской практике широко используется в качестве эффективного средства, допущенного к применению для остановки кровотечения аминокaproновая кислота (АК). Активные группы аминокaproновой кислоты (амино- и карбоксильная) способны взаимодействовать с группами КМЦ по диполь-дипольному и ионообменному механизмам, что позволяет регулировать свойства раствора карбоксиметилцеллюлозы, содержащих аминокaproновую кислоту.

Изменяя соотношение КМЦ с АК, можно регулировать свойства растворов (гелей) КМЦ и, соответственно, скорость взаимодействия раствора с кровью. Важным аспектом является исследование стабильности растворов КМЦ с АК, которая позволит определить наиболее активную структуру комплекса и его сроки хранения.

В работе исследованы реологические свойства растворов КМЦ с АК на вискозиметре Оствальда при различном соотношении карбоксиметилцеллюлоза и аминокaproновая кислота. Установлено, что образование равновесной структуры раствора происходит во времени, которое зависит от соотношения – COOH групп в H^+ форме КМЦ и аминокaproновой кислоты.

В работе предполагается провести исследования, позволяющие выбрать наиболее эффективную форму композиции с точки зрения кровоостанавливающих свойств, как в виде растворов, так и пленок на их основе.

Научные руководители: к.т.н., доцент В. Е. Немилев, к.т.н., доцент В. А. Хохлова

Гарамов Г. А., Шинкарук А. А., Соколова Ю. В.

Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕМКОСТИ ПОГЛОЩЕНИЯ ОКСИДА КАЛЬЦИЯ САПОНИТСОДЕРЖАЩИМ МАТЕРИАЛОМ

Как известно, бетон – один из долговечных материалов, обладающий повышенной огнестойкостью и прочностью. Однако, в процессе эксплуатации возможно нарушение структуры бетона вследствие

воздействия с течением времени различных факторов, таких как: механические воздействия, вибрация, агрессивные среды. Это способствует появлению целого ряда опасных явлений. К ним относятся:

- нарушение герметичности стен, перекрытий и др.;
- коррозия арматуры;
- снижение прочности;
- коррозия бетона;

В качестве альтернативы обычному бетону можно применять самовосстанавливающийся бетон, который позволит исключить потребность в использовании каких-либо мер по обнаружению и предотвращению разрушения бетона на более длительный период.

В качестве компонента придающего бетону самовосстанавливающие свойства предполагается использовать капсулы. Капсула состоит из оболочки и ядра (вяжущего вещества, обеспечивающего самовосстановление бетона). Компонентом ядра капсулы может стать сапонит. Сапонит представляет собой глинистый минерал, слоистый силикат из группы монтмориллонита, формирующийся под воздействием морфогенетических факторов и относящийся к осадочным горным породам техногенного происхождения, стадия формирования – метабенез. Содержание аморфной фазы в механоактивированном сапоните составляет 60-65 %, что позволяет рассматривать сапонитсодержащий материал как потенциально активный минеральный компонент в вяжущих композициях гидратационного типа твердения.

Сапонитсодержащий материал (ССМ) представляет собой многотоннажный отход (до 1 млн. тонн в год) промышленного обогащения кимберлитовых руд месторождения алмазов имени М.В. Ломоносова. Опытные пробы сапонитсодержащей пульпы отбирали в десяти случайно выбранных точках на разной глубине (от 1 до 3 метров) хвостохранилища обогатительной фабрики ПАО «Севералмаз» и усредняли. Затем из полученной объединенной пробы суспензии оборотной воды методом электролитной коагуляции выделяли сапонитсодержащий материал [1].

Для расчета емкости поглощения сапонитсодержащим материалом ионов Ca^{2+} использовали ионселективный электрод с рСа-функцией. Полученная функциональная зависимость фактической концентрации $\text{Ca}(\text{OH})_2$ от его заданной концентрации была разделена на прямолинейные участки (рис. 1). При добавлении 4 мл раствора $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (заданная концентрация 53 мг/л) начинает потенциометрически фиксироваться процесс взаимодействия сапонитсодержащего материала и ионов кальция. При дальнейшем увеличении заданной концентрации гидроксида кальция до определенного значения фактическая концентрация остается практически постоянной. Процесс взаимодействия завершается, когда в системе появляется избыток ионов кальция, и фактическая концентрация

гидроксида кальция резко возрастает при увеличении его заданной концентрации.

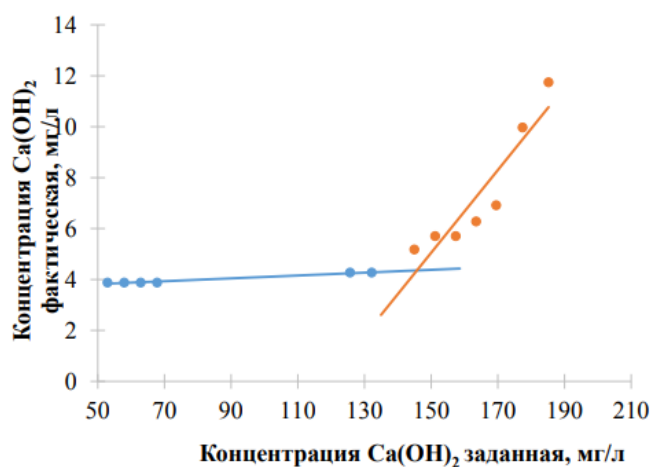


Рисунок 1 – обработка результатов эксперимента по определению емкости поглощения сапонитсодержащим материалом Ca^{2+}

Количество поглощенного анализируемой навеской сапонитсодержащего материала гидроксида кальция было рассчитано по разности (ΔC) концентраций заданной ($C_{\text{заданная}}$) и фактической ($C_{\text{факт}}$). Так, для точки пересечения линейных функциональных зависимостей (рис. 1) данные значения равны 145,73 и 4,36 мг/л, соответственно, а $\Delta C = 145,73 - 4,36 = 141,37$ мг/л.

Таким образом, емкость поглощения сапонитсодержащим материалом ионов Ca^{2+} , косвенно характеризующая его пуццолановую активность, при пересчете на массу сапонита (5,3 г.) составила 26 мг/г. Были проведены аналогичные эксперименты по определению емкости поглощения оксида кальция образцами с различным массовым содержанием сапонитсодержащего материала – глинистого компонента (от 15 до 100 %). По результатам испытания установлено, что механоактивированный ССМ проявляет пуццолановую активность, следовательно, может являться одним из компонентов ядра капсулы для самовосстанавливающихся бетонов.

Список литературы

1. **Малыгина М.А.**, Айзенштадт А.М., Королев Е.В., Дроздук Т.А., Фролова М.А. Аспекты электролитной коагуляции сапонитсодержащей суспензии оборотной воды горноперерабатывающих предприятий //Экология и промышленность России. 2022. Т. 26. № 11. С. 27-33. DOI: <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2022-11-27-33>.

Исследования выполнены при поддержке проекта РНФ № 23-13-20013.

Гладунова О. И.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

О ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ АДГЕЗИИ ПОЛИОКСАДИАЗОЛЬНЫХ ВОЛОКОН К ЭПОКСИДНОМУ СВЯЗУЮЩЕМУ

В период с 2005-2018 гг на кафедре НВКМ под руководством профессора А. А. Лысенко выполнены работы по получению полиоксиадиазольных (ПОД) волокон с повышенным кислородным индексом (КИ). В результате проведенных исследований была внедрена технология получения ПОД волокон, содержащих различные антипирирующие добавки. Если у обычных ПОД волокон КИ не превышает 26, то у модифицированных ПОД волокон КИ составляет 30-32 [1].

Помимо высокого КИ модифицированные полиоксиадиазольные волокна обладают повышенными прочностными характеристиками при одновременном высоком разрывном удлинении, низким коэффициентом трения, низкой усадкой при высоких температурах, высокой термической устойчивостью.

Основные области применения полиоксиадиазольных волокон: термостойкие рукавные фильтры, защитная одежда для пожарных и спасателей, фрикционные материалы, органопластики, способные продолжительное время работать при высоких температурах.

Одним из условий проявления высоких механических свойств композиционного материала является наличие хорошего взаимодействия волокон с матрицей и его монолитность. Данные условия выполняются при обеспечении хорошей смачиваемости (капиллярности) волокон связующим, а также высокой адгезии между слоями, характеризующей усилением расслоения на границе раздела волокно матрица [2].

Нити из исходного ПОД волокна и нити из ПОД волокон, модифицированных техническим углеродом, были исследованы на смачиваемость связующим и адгезионную прочность. Смачиваемость оценивали по высоте поднятия связующего за определенный промежуток времени при нормальных условиях по ГОСТ 29104.11-91. Адгезионную прочность связи волокно-матрица оценивали «методом петли», который состоит в вытягивании волокна из адгезионной ячейки в виде петли, затянутой в узел [3].

Смачиваемость образцов из модифицированных ПОД волокон оказалась значительно лучше, чем у образцов из исходных ПОД волокон. Прочность адгезионной связи у образцов ПОД волокон, модифицированных

техническим углеродом, оказалась выше на 25% по сравнению с образцами из исходного ПОД волокна.

Научный руководитель: д.т.н., профессор А. А. Лысенко

Список литературы

1. **Гладунова О.И.**, Асташкина О.В., Лысенко А.А. Разработка технологии получения огнестойких полиоксадиазольных (ПОД) волокон, модифицированных микро- и нанодобавками // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1 – 2018. – № 4. – С. 61-66.
2. **Морозова Т.В.**, Куприянова Е.В., Осипчик В.С. Исследование влияния смачиваемости арамидных волокон на прочностные характеристики органокомпозитов // Успехи в химии и химической технологии. Том XXXV – 2021. – № 7. – С. 47-49.
3. **Котомин С.В.**, Обидин И.М., Павлючкова Е.А. Расчет прочности адгезионной связи армирующих волокон с полимерами по методу “петли” // Механика композитных материалов.— 2022. — Т. 58, № 1. — С. 197–212.

Глоба А. И., Балаш А. Ю.

Белорусский государственный технологический университет

ПОДБОР СШИВАЮЩИХ АГЕНТОВ ДЛЯ ПОЛИУРЕТАН-АКРИЛАТНЫХ ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИХ СИСТЕМ НА ВОДНОЙ ОСНОВЕ

Интерес к разработке способов получения полиуретан-акрилатных пленкообразующих систем на водной основе, которые находят свое применение в качестве клеев, покрытий и пропитывающих составов, обусловлен несколькими причинами. Во-первых, заботой об окружающей среде – получение полимера в виде водной дисперсии приводит к снижению выбросов органических растворителей при производстве лакокрасочных материалов. Во-вторых, возможностью производства низковязких полимеров с высокой молекулярной массой, что обусловлено солубилизацией гидрофобной дисперсной фазы в водной среде. В-третьих, образование пространственно-сшитых полимерных структур за счет использования отвердителей, позволяет улучшить физико-механические и защитные свойства материалов [1].

Цель данной работы заключалась в синтезе функционализированных гидроксилсодержащих акриловых дисперсий на водной основе, а также подборе отвердителей для достижения оптимальных эксплуатационных свойств покрытий на их основе.

Основным компонентом полиуретан-акрилатных пленкообразующих систем являются гидроксил-содержащие акрилаты, которые в значительной степени определяют свойства покрытия. Гидроксильные группы полиакрилатов способны к взаимодействию с изоцианатными группами, что приводит к образованию сшитого полимера. Выбор состава акрилового сополимера основывается на области применения конечного материала и соответственно необходимых свойств, а также стоимости.

Изоцианаты являются вторым, не менее важным компонентом полиуретан-акрилатных пленкообразующих систем. Для этих целей для отверждения гидроксилсодержащих акриловых дисперсий в основном используют диизоцианаты, либо полиизоцианаты, которые могут быть ароматическими, алифатическими или циклоалифатическими.

Учитывая вышеизложенное, в качестве исходных сополимеров для получения воднодисперсионных полиуретан-акрилатных сополимеров в настоящем исследовании были синтезированы функционализированные гидроксильными сомономерами (гидроксиэтилакрилат, гидроксиэтилметакрилат) стирол-акриловые сополимеры в виде водных дисперсий. Экспериментально подобраны соотношения компонентов и технологические режимы синтеза сополимеров методом радикальной эмульсионной полимеризации. В качестве изоцианатного отвердителя выбран 1,6-гексаметилендиизоцианат.

Основными контролируемыми физико-механическими показателями гибридных покрытий были выбраны твердость по маятниковому прибору (ГОСТ 5233-2021); время высыхания до степени 3 (ГОСТ 19007-73) и водопоглощение (ГОСТ 33352-2015).

Расчет количества изоцианатного отвердителя осуществляли исходя из того, что при синтезе функционализированной акриловой дисперсии в реакцию вступает весь гидроксилсодержащий сомономер, то есть концентрация ОН-групп в сополимере составляет 1, 3, 5, 10 мол.%. Расчет количества отвердителя проводили с учетом количества функциональных ОН- и NCO-групп по следующим формулам [2]:

$$n_{\text{NCO}} = \text{NCO, \%} \cdot m_{\text{NCO}} / M_{\text{NCO}} \cdot 100\%$$

где NCO,% – содержание свободных изоцианатных групп;
 M_{NCO} – молекулярная масса ТСЦ-группы, г/моль (42 г/моль);
 m_{NCO} – количество изоцианата, г.

$$n_{\text{ОН}} = \text{ОН, \%} \cdot m_{\text{ОН}} / M_{\text{ОН}} \cdot 100\%$$

где ОН, % – содержание свободных гидроксильных групп;
 $M_{\text{ОН}}$ – молекулярная масса ОН-группы, г/моль (17 г/моль);
 $m_{\text{ОН}}$ – количество ОН-пленкообразователя, г.

Установлено, что наибольшее влияние на водопоглощение сополимера оказывает его мономерный состав. Чем выше полярность функциональных групп и гидрофильность сополимера, тем выше водопоглощение пленок на его основе при прочих равных условиях. Однако использование отверждающего агента приводит к уменьшению водопоглощения за счет образования пространственной химической сетки полимера.

При отверждении гибридных систем на основе синтезированных дисперсий сополимеров наблюдается увеличение твердости покрытий на их основе и уменьшение водопоглощения, при оптимальном соотношении сополимер:отвердитель.

Подобраны оптимальные составы гибридных систем, которые обладают наилучшими коллоидно-механическими свойствами и временем жизнеспособности. Оптимальное содержание функционализованного сомономера составляет 3 мол. % в составе сополимера. Для таких гидроксилсодержащих сополимеров наилучшим соотношением сополимер : изоцианат является 1:0,12 по группам. Полученные покрытия обладают наилучшими показателями относительной твердость (0,15 отн.ед.), а также при данной концентрации функционализованного сомономера наблюдается минимальное водопоглощение (1,4 %).

Список литературы

1. **Ульрих, М. В.** Полиуретаны. Покрытия, клеи и герметики / Ульрих Майер Вестус ; пер. с англ. Л. Н. Машляковского, В. А. Бурмистрова. – Москва : Пэйнт-Медиа, 2009. – 399 с.
2. **Мюллер, Б.** Лакокрасочные материала и покрытия. Принципы составления рецептур / Б. Мюллер, У. Пот. – М. : Пэйнт-Медиа, 2007.– 546 с.

Грозова Н. А.¹, Баранов И. С.¹, Давыдова С. А.².

¹Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

²Санкт-Петербургский государственный морской технический университет

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ СТЕКЛЯННЫХ ЧЕШУЕК НА ПРОЧНОСТНЫЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОЗРАЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Солнечные панели являются основным источником энергии для искусственных спутников Земли. Развитие космической солнечной энергетики направлено на повышение эффективности при эксплуатации и снижение стоимости. Применение гибких солнечных элементов значительно облегчает их отправку в космос за счет уменьшения веса конструкции. В условиях эксплуатации в космосе солнечные элементы подвергаются воздействию различных факторов внешней среды, включая воздействие разных видов радиации [1], что приводит к их деградации. Для снижения скорости деградации солнечных элементов необходимы новые защитные покрытия на основе полимерных композиционных материалов. Один из перспективных армирующих материалов для композитов — стеклянные чешуйки (СЧ). Их структура, придает композитам выдающиеся оптические, прочностные и вязкоупругие свойства. В качестве матрицы привлекательно использовать термопластичный полиуретан (ТПУ) из-за своей высокой устойчивости к различным воздействиям, возможности легкой переработки, а также схожим по значению с наполнителем показателем преломления [2].

Оптически-прозрачные композиционные материалы изготавливались в несколько этапов. ТПУ (ООО «НПФ «Витур») растворяли в N,N-диметилформамиде. Далее в раствор полимера добавляются стеклянные чешуйки (Glassflake Ltd.) различной толщины 1, 3, 5, 0,75 и 0,5 мкм. Затем получаем тонкие пленки-прекурсоры (40 мкм) методом прокатки премикса на подложке из фторопласта с дальнейшей сушкой при 150 °С. После этого тонкие пленки-прекурсоры прессуются при температуре 175-180 °С в течении 5-25 мин с давлением 0,2-0,3 МПа. По этой технологии изготавливали образцы толщиной 300-700 мкм с содержанием наполнителя 5, 10, 16 и 31 об.%. Измерение оптического пропускания проводили на спектрофотометре Analytik Jena Specord 40 в диапазоне длин волн 320-1100 нм. Испытания на растяжение проводились на универсальной испытательной машины Shimadzu AGS-100 kNX.

Исследование оптических свойств показало, что спектры полученных образцов имеют схожие характеристики, край поглощения составляет 350

нм. Оптическое пропускание варьируется в пределах 94-97 %. Если рассматривать оптическое пропускание для разных толщин чешуек, композитов всех концентраций при отдельных длинах волн (500 и 900 нм) наблюдается эффект, что в начале с ростом концентрации происходит резкое снижение пропускания (5 об. %), а затем его рост (10 об. %). Этот эффект имеет зависимость от толщины чешуек. Для композитов при минимальной степени наполнения, где чешуйки имеют размер 1 и 3 мкм наблюдается наибольшее снижение пропускания. При толщине чешуек 5 мкм, этого эффекта не наблюдается. Объяснить это явление можно тем, что при малых концентрациях наполнителя в образце высокая степень разориентировки чешуек относительно плоскости образца, которая приводит к оптическим потерям из-за увеличения пути прохождения света и внутренним отражением на границе раздела полимер-наполнитель. Результаты прочностных испытаний показали, что с увеличением степени наполнения происходит рост предела текучести, при чем скорость роста предела текучести имеет зависимость от толщины чешуек и с ее увеличением останавливается (СЧ 5 мкм: 5 об. % 6 МПа- 31 об. % 10 МПа). И наоборот с уменьшением толщины чешуек показывает рост предела текучести (СЧ 0,5 мкм: 5 об. % 4,6 МПа- 31 об. % 31 МПа). Эффект влияния толщины чешуек на прочностные свойства КМ могут быть связаны с увеличением удельной площади поверхности наполнителя, которая влияет на передачу нагрузки между матрицей и наполнителем.

Из полученных результатов следует, что композиционные материалы (ТПУ-СЧ) обладают высокими физико-механическими свойствами, при этом имеют минимальные оптические потери. Это делает их перспективными для использования в качестве защитных покрытий для солнечных панелей.

Список литературы

1. **Kwak, P.** Flexible space solar cell array with radiation shield fabricated by guided-printing of cover glasses / P. Kwak, N. Kim, J. Kim, D. Kim, K. Song, J. Lee // Solar Energy Materials and Solar Cells. – 2017. – Vol. 169. – P. 210-214.
2. **Chamberlain, M.K.** On-orbit flight testing of the Roll-Out Solar Array / M.K. Chamberlain, S.H. Kiefer, M. LaPointe, P. LaCorte // Acta Astronautica. – 2021. – Vol. 179. – P 407-414.

Грубов Д. А., Трифонова И. П., Бурмистров В. А.

Ивановский государственный химико-технологический университет

ПРИМЕНЕНИЕ ПВХ-ПЛАСТИЗОЛЕЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВИБРОПОГЛОЩАЮЩИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В настоящее время наиболее перспективными вибропоглощающими материалами, способными к внутреннему рассеиванию механических колебаний, являются полимеры и композиции на их основе [1]. ПВХ-пластизолы как системы с относительно небольшой вязкостью имеют хороший потенциал с точки зрения простоты регулирования физико-механических свойств путем введения наполнителей и пластификаторов.

Образцы в виде пленок формовали из композиций на основе дисперсии ПВХ-Е в пластификаторе. Методом динамического механического анализа на приборе «EPLXOR 20» фирмы «NETZSCH» были получены зависимости модуля Юнга E' и тангенса угла механических потерь $\tan \delta$ от температуры при частоте 1 Гц. Прочность и относительное удлинение при растяжении определяли согласно ГОСТ 14236-81.

Установлено, что пластификация ПВХ приводит к изменению температурного диапазона эффективного демпфирования, который совпадает с областью температуры стеклования полимера. Образцы, содержащие пластификатор, имеют температуры стеклования более низкие по сравнению с непластифицированным (таблица 1).

Таблица 1. Механические и демпфирующие свойства ПВХ-композиций при 25°C

Состав, %	Прочность при растяжении, МПа	Относительное удлинение, %	Tg, °C	tgδ	Температурный диапазон эффективного демпфирования, °C
ПВХ	47	90	79	0,74	65 - 95
ПВХ-ДОФ 62,5 – 37,5	5,1	130	1	0,45	-
ПВХ-Оксаль 62,5 – 37,5	13,1	210	29	0,6	19 - 37

Считается, что для эффективного демпфирования, коэффициент механических потерь должен быть не менее 0,5[2]. Демпфирующие свойства композиций были оценены путем определения температурного диапазона, в котором величина tgδ превышала 0,5 (таблица 1). Данные,

представленные в таблице, свидетельствуют, что Оксаль как пластификатор ПВХ-пластизолой придает образцам хорошие демпфирующие свойства наряду с высокой прочностью и эластичностью. Свойства пленок, содержащих ДОФ, имеют более низкие показатели свойств по сравнению с Оксалем.

Таким образом, пластифицированные Оксалем композиции на основе ПВХ могут быть использованы для создания вибропоглощающих материалов.

Список литературы

1. **Соломатов, В.И.** Вибропоглощающие композиционные материалы / В.И. Соломатов, В.Д. Черкасов, Н.Е. Фомин. – Саранск: Издательство Мордов. ун-та, 2001. – 96 с.
2. **Сагомонова, В.А.** Влияние состава вибропоглощающих материалов на коэффициент механических потерь / В.А. Сагомонова, В.И. Кислякова, Т.Ю. Тюменева, В.А. Большаков // Труды ВИАМ. – 2015. № 10. С.63-69.

Исследование проведено с использованием ресурсов Центра коллективного пользования научным оборудованием ИГХТУ (при поддержке Минобрнауки России, соглашение № [075-15-2021-671](#))

Денисов М. Е., Редина Л. В., Козуб Д. А.

Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)

ПОЛУЧЕНИЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ КОМПОЗИЦИЯМИ НА ОСНОВЕ ФТОРПОЛИМЕРОВ

В настоящее время все более актуальными становятся вопросы создания спецодежды и других текстильных материалов с высокими защитными свойствами. Специальная одежда и средства индивидуальной защиты играют важнейшую роль в снижении травматизма на производстве и сохранении здоровья и трудоспособности рабочих. Под защитными материалами понимают, как правило, материалы, способные препятствовать воздействию на кожу человека различных факторов: водных, масляных и других агрессивных жидкостей, а также открытого пламени и пр. факторов. Кроме спецодежды волокнистые материалы с комплексом защитных свойств могут быть востребованы для внутренней

отделки помещений, в самолетах, поездах – т.е. в местах большого скопления людей [1].

Целью данной работы является разработка состава композиции для создания многофункционального покрытия на волокнистом материале. Для этого проводилось поверхностное модифицирование тканей методом пропитки с использованием композиций, включающих гидро-, олеофобный препарат - латекс ЛФМ-НФ, на основе полиперфторпентокситетрафторпропилакрилата, антимикробный агент - полигексаметиленгуанидин гидрохлорида (ПГМГ-ГХ) и антипирен - полифосфат аммония (ПФА).

Исходя из поставленной цели, были выдвинуты следующие задачи: исследовать коллоидно-химические свойства как фторсодержащего латекса, так и композиций на его основе, установить соотношение компонентов в композиции таким образом, чтобы не произошло коагуляции латекса, а также оценить защитные свойства волокнистого материала после пропитки - водо- и маслоотталкивающие, огнезащитные, антимикробные.

У полученных композиций были исследованы коллоидно-химические свойства: электрокинетический потенциал методом макроэлектрофореза, поверхностное натяжение на приборе типа Дю-Нуи методом отрыва платинового кольца от поверхности жидкости, радиус частиц [2]. По полученным данным были сделаны выводы о влиянии на коллоидно-химические свойства как антимикробной добавки, так и огнезащитного препарата. Латекс ЛФМ-НФ совмещается с антипиреном в ограниченном диапазоне до 8-10%. С учетом этих ограничений максимальная концентрация ПГМГ-ГХ в композиции составляет 2,5%. При добавлении замедлителя горения и биоцида происходит увеличение размеров латексных частиц, которое определяется взаимодействием компонентов между собой и образованием композиционной структуры частиц.

Функциональные свойства вязкого материала, обработанного полученными композициями и определенные по методикам [3,4], представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Функциональные свойства модифицированного материала

Композиция	Водотталкивание, балл	Маслоотталкивание, усл.ед.	Угол смачивания водой, град	Кислородный индекс, %
ЛФМ-НФ (1,5%)	5	100	129	18
ЛФМ-НФ (1,5%) /ПФА(9,27%)	5	100	100	37
ЛФМ-НФ(1,5%) /ПФА(9,27%) /ПГМГ-ГХ(2,5%)	5	100-110	128	30

Из данных таблицы видно, что обработка ткани латексом придает низкий уровень огнезащиты, но при этом средний уровень антиадгезионных свойств (гидрофобность на уровне 5 баллов, а олеофобность 100 условных единиц). При добавлении к латексу антипирена кислородный индекс (КИ) возрастает в два раза (с 18 до 37%), а показатели гидро- и олеофобности не изменяются. При использовании тройной композиции модифицированный материал обладает не только высокими огнезащитными (КИ - 30%) и средними антиадгезионными свойствами (5 баллов и 100-110 условных единиц соответственно), но и достаточно высокими антибактериальными свойствами (зона подавления роста микроорганизмов - 4 мм) за счет добавления в композицию антимикробного препарата.

По полученным результатам можно сделать вывод о том, что использование разработанных композиций на основе фторполимерного латекса является достаточно перспективным.

Список литературы

1. **Пророкова Н.П.** Синтетические волокна в России: производство, перспективы развития и получения на их основе функциональных и "умных" материалов // Физика волокнистых материалов. Структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). – 2018. - № 1. – С. 289-294.
2. **Нейман Р.Э.** Практикум по коллоидной химии (коллоидная химия латексов и поверхностно активных веществ). - М.: Высшая школа, 1974.- 176с.
3. Химические волокна: основы получения, методы исследования и модифицирование / Т.В. Дружинина, Л.С. Слеткина, И.Н. Горбачева, Л.В. Редина – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2006. – 472 с.
4. Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам: Методические указания. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 91 с.

Долинская Р. М.

Белорусский государственный технологический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В КАЧЕСТВЕ ИНГРЕДИЕНТОВ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛАСТОМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Эластомерные материалы находят всё большее применение в народном хозяйстве страны. В связи с этим расширяется объём их производства, увеличивается число перерабатывающих предприятий. Производство резинотехнических изделий (РТИ) занимает особое место среди отраслей резиновой промышленности.

Широкий ассортимент продукции (конвейерная лента, приводные ремни – плоские и клиновые, формовые и неформовые изделия, прорезиненная ткань, техническая пластина и др.) определяет разнообразие используемых материалов, технологических приёмов обработки, оборудования и производственных процессов. Благодаря специфичности своих свойств (высокая эластичность, амортизационная способность, хорошее сопротивление износу, усталостно-прочностные характеристики, тепло- и морозостойкость, безо- и масло- стойкость, стойкость к действию агрессивных сред, тепло-, газо-, и влагонепроницаемость) резина является незаменимым конструкционным материалом, находящим все новые и новые области применения в современной технике.

Резина – микрогетерогенный конструкционный материал. Современная рецептура резиновых смесей содержит 15-20 различных компонентов, основными из которых каучуки, вулканизирующие системы, наполнители, пластификаторы, стабилизаторы.

В настоящее время перед резиновой промышленностью стоят сложные технико-экономические задачи, заключающиеся в дальнейшем повышении качества продукции при одновременной экономии сырья и материалов и снижении себестоимости. Эти задачи решаются путём разработки новых конструкций изделий, нового оборудования, новых технологических процессов, совершенствования технологии изготовления и переработки смесей, примечания новых материалов.

Требуемые сочетания свойств новых материалов достигаются создание наполненных полимерных материалов, в производстве которых наполнители всегда играли важную роль.

Минеральные наполнители представляют собой неорганические дисперсные вещества различного химического состава, которые входят в резиновые смеси в количестве до 200 мас.ч. на 100 мас.ч. каучука.

Таким образом наполнители – второй компонент в рецептуре резиновых смесей после каучуков по объёму использования. Поэтому увеличение ассортимента минеральных наполнителей для резин, улучшение их качества являются важнейшей экономической, технической и экологической проблемой народного хозяйства на современном этапе.

Однако резкое увеличение спроса на них совпало с уменьшением запасов традиционно эксплуатируемых месторождений, что привело к появлению дефицита многих типов минеральных наполнителей.

Потребление минеральных наполнителей составляет примерно до 40% от общего количества всех типов наполнителей, применяемых в отечественной резиновой промышленности.

До недавнего времени большинство отходов не вовлекалось в производство. Проблема вовлечения в производство отходов предприятий химической отрасли промышленности связана с различными её аспектами, такими как слабая изученность физико-химических свойств тех или иных видов отходов, недостаточная экономическая заинтересованность предприятий, отсутствие стимулов для переработки отходов производства, а также необходимых для этого мощностей и др.

Существует две точки зрения на решение проблемы переработки твёрдых отходов. Обе они сводятся к одинаковой схеме действия: превратить твёрдые отходы, насколько это возможно, в полезный продукт. Однако в связи с развитием заводской технологии переработки отходов есть все основания для решения данной проблемы и обеспечения резиновой промышленности минеральными наполнителями соответствующего качества.

В данной работе рассмотрены некоторые направления использования твердых отходов промышленных предприятий республики в качестве ингредиентов при изготовлении резинотехнических изделий различного назначения. Большое внимание уделено разработке рецептур эластомерных композиций, включающих минеральные наполнители, полученные из твёрдых отходов.

Новые материалы прошли проверку на предприятиях автомобилестроения, машиностроения и строительной промышленности. Определены также свойства отходов, которые отвечают требованиям, предъявляемым к минеральным наполнителям, что позволит вовлекать их производство резинотехнических изделий.

При производстве биостимуляторов и кормовых дрожжей (ОАО «Биосинтез», г. Мозырь) в качестве отходов образуются твердые остатки от окисления бурого угля и торфа и остатки от гидролиза торфа.

Плотность остатков в сухом виде колеблется в пределах 1400–1550 кг/м³, влажность 1,90–2,80%, зольность 8,5–19,0%. Твёрдые остатки от окисления бурого угля и торфа, и остатки от гидролиза можно использовать в качестве наполнителей резинотехнических и гидроизоляционных изделий вместо дефицитных природных материалов.

Дымникова Н. С., Ерохина Е. В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук

НАНОЧАСТИЦЫ СЕРЕБРА ДЛЯ АНТИИНФЕКЦИОННОЙ ОТДЕЛКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В связи с ухудшающимся экологическим состоянием окружающей среды и снижением уровня иммунитета у населения актуально создание антиинфекционных текстильных материалов, необходимо разрабатывать новые профилактические и санитарно-гигиенические меры.

Эффективными, но недостаточно используемыми методами борьбы с инфекционными заболеваниями являются приемы предотвращения инфицирования за счет создания материалов и изделий гигиенического и бытового назначения (маски, салфетки, костюмы, пеленки, простыни, чулочно-носочные изделия, перчатки) для профилактики поражения бактериальными, вирусными и грибковыми микроорганизмами. Создание защитных средств повседневного применения сопряжено с рядом трудностей как в подборе биоцидных препаратов во избежание побочных, неблагоприятных для человека последствий (что характерно для многих известных импортных и российских препаратов), так и в разработке эффективных приемов их иммобилизации для обеспечения длительного функционального действия при многократном использовании изделий.

Одним из перспективных подходов к производству антиинфекционных изделий является применение наночастиц серебра для отделки текстильных материалов. Их выбор обусловлен значительными и неоспоримыми преимуществами перед ныне применяемыми антимикробными средствами. Доказано, что НЧ_{Ag} обладают более мощным антимикробным эффектом, чем пенициллин, биомицин и другие антибиотики, и оказывает губительное действие на антибиотикоустойчивые штаммы бактерий.

В ИХР РАН разработана серия серебросодержащих препаратов «Нанотекс», обладающих антимикробными, антигрибковыми и вирулицидными свойствами, а также способы иммобилизации их на текстильных носителях. Научная новизна подхода заключается в реализации приемов регулирования субстантивности биологически активных серебросодержащих наноматериалов к целлюлозным волокнам посредством оптимизации их состава и условий получения. Для усиления лечебно-профилактических свойств формируемых ультрадисперсных частиц серебра в стабилизирующую оболочку наночастиц введен полимер, обладающий антимикробной активностью и способный регулировать субстантивность НЧ_{Ag} по отношению к целлюлозе. Особенностью препарата «Нанотекс», в отличие от ионов серебра, является высокий уровень вирулицидных свойств при содержании ультрадисперсных металлических частиц серебра не более $1,9 \cdot 10^{-3}$ моль·л⁻¹. Кроме того, выявлена возможность регулировать скорость выхода из материала во внешнюю среду частиц серебра, обеспечивая тем самым необходимый уровень антигрибковой, антимикробной или вирулицидной активности в процессе эксплуатации данного изделия.

Важным преимуществом высокой субстантивности серебросодержащего препарата является обеспечение длительного эффекта биологической активности модифицированных материалов в процессе проведения их бытовых физико-химических обработок.

Реализация приемов регулирования субстантивности к целлюлозным волокнам биологически активных компонентов позволила управлять процессами сорбции активных компонентов и создать технологии:

- синтеза серебросодержащих препаратов «Нанотекс» с разным уровнем субстантивности к целлюлозному волокну;
- периодических способов обработки готовых изделий (чулочно-носочные, перчатки, белье и т.д.) при обеспечении максимальной выбираемости активных компонентов для препаратов с высокой субстантивностью;
- непрерывных процессов обработки (пряжа, ткани, нетканые материалы и т.д.), для которых необходимо равномерное распределение и закрепление на волокне препаратов с низкой субстантивностью.

Ерзунов К. А., Трегубов А. В., Петрушина В. Ю., Одинцова О. И.

Ивановский государственной химико-технологический университет

РАЗРАБОТКА ПЕЧАТНОЙ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ЧАСТИЦ ZnO ДЛЯ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОТДЕЛКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Спрос на защитную одежду на мировом рынке за последние несколько лет увеличился из-за растущей осведомленности потребителей о разрушениях, вызванных микробами, УФ-излучением, пылью, химическими веществами, действием насекомых, высокой температурой и другими воздействиями. Следовательно, ожидается, что специальная одежда и предметы интерьера будут обладать желаемой устойчивостью к различным патогенным факторам. В частности, одним из направлений создания подобных систем является производство функционального текстиля путем формирования на поверхности текстильного материала специальных покрытий [1]. Перспективными модификаторами текстильной поверхности выступают наночастицы оксидов металлов.

Наночастицы металлов обладают потенциальной способностью проникать и разрушать структуру клеточной мембраны и, в конечном счете, вызывать гибель бактерии. Среди оксидов металлов, используемых для функционализации тканей, наноструктуры ZnO обладают наибольшим потенциалом применения, благодаря доступности, дешевизне и своим уникальным свойствам. Из литературных источников известно, что оксид цинка обладает целым комплексом функциональных свойств. В частности, доказано, что они проявляют высокую антимикробную активность по отношению ко многим патогенным микроорганизмам [2].

Настоящая работа посвящена разработке технологии антибактериальной отделки текстильных материалов композициями на основе наночастиц оксида цинка.

Наночастицы оксида цинка были получены с использованием в качестве прекурсора синтеза хлорида цинка [3]. В процессе синтеза проводили гидролиз хлорида цинка раствором концентрированного гидроксида натрия, путем смешения двух растворов при активном перемешивании на магнитной мешалке. Полученный осадок прокачивали при высокой температуре. Размер частиц оксида цинка лежит в пределах от 500 до 800 нм.

К наиболее перспективным методам нанесения на текстильный материал функциональных составов является технология печати. Одним из основных требований, предъявляемых к печатным составам, служит их относительная вязкость и способность прочно фиксироваться на материале

носителя. Для выбора основы печатной композиции опробован ряд загустителей таких, как хитозан, альгинат натрия и метилцеллюлоза в различной концентрации. Установлено, что наиболее устойчивая и равномерная система получается при использовании метилцеллюлозы, поэтому для дальнейшего исследования в качестве загустителя использовали 2%-й раствор метилцеллюлозы (МЦ). Фиксация частиц на поверхности осуществлялась за счет акрилового связующего. Для предотвращения увеличения жесткости вводили в композицию мягчитель Тексоклен МГФ.

При нанесении покрытий методом печати, как правило, прочностные характеристики напечатанных текстильных материалов не изменяются. Однако при введении в полимерную композицию металлических частиц прочность ткани может значительно снижаться.

Установлено, что введение дополнительных компонентов в систему позволяет повысить прочность материала в 1,5-2 раза. При этом эластичность напечатанного текстильного материала несколько снижается. Оптимальный результат достигнут для образца хлопкополиэфирной ткани с покрытием на основе 3%-ой МЦ.

Антибактериальную активность напечатанных образцов изучали методом дисков по отношению к стандартным культурам бактерий: кишечная палочка и эпидермальный стафилококк. Показано, что для текстильного материала с покрытием на основе оксида цинка наблюдается полное подавление на жизнедеятельности кишечной палочки на поверхности. По отношению к эпидермальному стафилококку происходит уничтожение бактерий вокруг образца. Средняя зона задержки роста составила 3,5 мм.

Таким образом, получены покрытия на основе наночастиц оксида цинка методом печати. Модифицированная хлопкополиэфирная ткань проявляет высокую антибактериальную активность. Покрытия, сформированные наночастицами оксида цинка, проявляют бактериостатический эффект и бактерицидный эффект по отношению к двум группам бактерий.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (номер проекта FZZW2023-0008).

Список литературы

1. **Липина, А.А.** Использование наночастиц серебра для придания текстильным материалам бактерицидных свойств / А.А. Липина, А.О. Зайцева, О.И. Одинцова // Известия высших учебных заведений. Технология Текстильной промышленности. - 2018. - №6 - С. 81-85.

2. **Thi, V.H.T.** Development of multifunctional self-cleaning and UV blocking cotton fabric with modification of photoactive ZnO coating via microwave method / V.H.T. Thi, B.K. Lee // J. Photochem. Photobiol. – 2017. – V.338. – P. 13–22.

3. **Ерзунов. К.А.** Получение наноразмерных цинксодержащих полифункциональных покрытий на текстильных материалах / К.А. Ерзунов, О. И. Одинцова, А. В. Трегубов, М. Д. Ильичева, А. А. Липина // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. – 2023. – № 9. – С. 132-145.

Ерохина Е. В., Дымникова Н. С.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук

ПРИРОДНЫЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ И ВОССТАНОВИТЕЛИ ДЛЯ СИНТЕЗА НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА

Материалы на основе натуральных и синтетических волокон вследствие высокой сорбционной способности и разнообразного компонентного состава подвержены биодеструкции при эксплуатации в различных климатических зонах, особенно с влажным теплым климатом или в условиях длительного контакта с микробными культурами (МК) [1]. В связи с чем актуальной является проблема защиты данных материалов посредством нанесения на них биоцидных препаратов, которые способны разрушать МК [2]. Адаптационные способности микробных культур к различного вида препаратам приводят к поиску принципиально новых антимикробных агентов, обладающих широким спектром воздействия на МК, но при этом относительно безопасных для человека. Одним из качественно новых и перспективных направлений является получение стабильных ультрадисперсных частиц металлов (НЧ), которые, по мнению ряда исследователей, могут обладать высокой антимикробной активностью [3].

Целью нашей работы явилась оценка биологической активности наночастиц серебра, различающихся условиями получения, а именно, природой восстановителя и стабилизирующей оболочки.

Наночастицы серебра синтезировали в открытой ячейке при температуре $(20...80) \pm 0,5$ °С при рН 8...12. В водный раствор, содержащий нитрат серебра ($0,6 \cdot 10^{-2}$ М) и стабилизатор, вводили при постоянном

перемешивании раствор восстановителя. В случае, когда восстановитель выполнял функции и стабилизатора, нитрат серебра вводили в раствор восстановителя. Синтезированные золи хранили в закрытых колбах. В качестве стабилизаторов и восстановителей были использованы аскорбиновая кислота, глюкоза, крахмал и экстракт конопляного волокна.

Процесс формирования высокодисперсных частиц контролировали визуально по изменению окраски растворов, их агрегативной устойчивости, а также спектрофотометрически. Оптические спектры поглощения коллоидных растворов серебра регистрировали в области 350-600 нм на спектрофотометре Agilent 8453. Размер синтезированных частиц определяли на приборе «Zetasizer Nano ZS» методом динамического светового рассеяния DLS (Dynamik Light Scattering).

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод, что все исследуемые природные восстановители переводят ионы серебра в нульвалентные частицы, так как на спектрограммах в процессе восстановления появляется полоса плазмонного резонанса в интервале 400 – 420 нм, что согласуется с известными из литературы данными о положении экстремума для НЧ_{Ag} [4]. Образующиеся наночастицы способны существовать продолжительное время, что подтверждается практически полным совпадением спектральных кривых у растворов, снятых с разницей в 30 дней.

Методом сканирующей электронной спектроскопии на сканирующем электронном микроскопе Quattro S с системой энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (EDS Thermo Fisher Scientific) для микроскопа Quattro S определён элементный состав синтезированных образцов. Согласно данным энергодисперсионного рентгеновского спектра процентное содержание серебра в полученных коллоидных растворах составляет 0,7-1,7 масс.%. Наибольшее содержание наночастиц серебра содержится в золе, который получен в присутствии сильного восстановителя – тетрагидробората натрия и желатина в качестве стабилизатора.

Зависимость антимикробной активности синтезированных золь от условий восстановления и, соответственно, размера образующихся частиц проводили на основании микробиологических исследований по зонам задержки роста тест-культур. В качестве последних использовали суточные тест-культуры микроорганизмов – кишечной палочки *Escherichia coli* M-17 (грамотрицательная культура) и золотистого стафилококка *Staphylococcus aureus* 6538-P ATCC=209-P FDA (грамположительная культура).

Установлена зависимость антимикробной активности от прекурсоров восстановительной системы. Так наиболее активно подавляют рост микробных культур наночастицы, синтезированные в присутствии сильного восстановителя - боргидрида натрия. Меньшую активность проявляют золи, синтезированные глюкозой, аскорбиновой кислотой и в экстракте конопляного волокна, и лишь бактериостатический эффект наблюдается у

растворов, в которых в качестве восстановителя и стабилизатора использовали крахмал.

Анализируя представленные результаты можно сделать вывод, что регулированием процессов синтеза нанообъектов можно в значительной степени изменять антимикробную активность препаратов серебра и, следовательно, обеспечивать эффективную защиту материалов от биоразрушения.

Список литературы

1. **Семенов С.А.**, Гумаргалиева К.З., Заиков Г.Е. Биоповреждения материалов и изделий техники // Горение, деструкция и стабилизация полимеров / Под ред. Г.Е. Заикова. – СПб.: Научные основы и технологии. – 2008. – С. 73-99.
2. **C. Windler L.** Comparative evaluation of antimicrobials for textile applications / L. Windler, M. Height, B. Nowack // Environment international – 2013. – Vol. 53. P. 62-73. DOI:[10.1016/j.envint.2012.12.010](https://doi.org/10.1016/j.envint.2012.12.010)
3. Серебро в медицине, биологии и технике / Отв. ред. канд. хим. наук П. П. Родионов – Новосибирск: Вектор-Бест, 1996. – 224 с.
4. **Низамов Т.Р.**, Евстафьев И.В., Оленин А.Ю., Лисичкин Г.В. Формирование моно- и биметаллических зародышевых частиц, содержащих серебро // Коллоидный журнал. –2014. – Т. 76, № 4. – С. 513-518.

Зайцев В. М.¹, Данилова А. И.², Обедзинская Е. Д.²

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Санкт-Петербургский государственный морской технический университет

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СВАРКИ НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЯ КОМПОЗИТОВ СТЕКЛОВОЛОКНО-ПОЛИПРОПИЛЕН

Использование полимерных композиционных материалов (ПКМ) на основе термопластичных матриц позволяет, в том числе, использовать процессы сварки для соединения элементов изделия. Сварка, в отличие от клеевых и механических соединений, позволяет значительно автоматизировать и ускорить технологические процессы на стадии сборки готовых изделий из ПКМ. Ультразвуковая сварка (УЗ) основана на нагреве полимерной матрицы под действием механических колебаний с высокой частотой. В отличие от других видов сварки ПКМ, таких как индукционная и резистивная, УЗ сварка является самым быстрым методом (до 50 мм/мин),

не требует использования закладных элементов из других материалов, а также позволяет сваривать ПКМ на основе углеродных, стеклянных или натуральных волокон, не проводя к изменению структуры материала в зоне формирования шва. Для повышения прочностных характеристик сварочного шва и улучшения адгезии при УЗ сварке могут применяться энергораспределители (далее «ЭР»), которые представляет собой тонкую полимерную пленку или сетку, изготавливаемую из того же материала что и матрица ПКМ и размещающуюся между деталями в зоне контакта. В ЭР возникают высокие циклические деформации, что обеспечивает быстрый вязкоупругий нагрев и концентрацию тепловыделения на границе раздела.

Образцы ПКМ для сварки изготавливались из однонаправленного препрега на основе стекловолокна и пропилена GPP65U-250-std (manufactured by Qiyi Technology, China) с использованием метода вакуумной консолидации, схема армирования $[0/90]_{3S}$ (толщина $1,84 \pm 0,03$ мм). Сварка образцов проводилась на лабораторном стенде УЗ сварки (мощность генератора 2 кВт, частота 20-22 кГц). Образцы для сварки имели размер 70*15 мм, площадь соединения составляла 16*15 мм. В качестве ЭР использовалась биаксиально-ориентированная полипропиленовая пленка толщиной 35 мкм. Испытания на сдвиг внахлест проводились на универсальной испытательной машине AGS-100kNx, Shimadzu Corporation, скорость перемещения траверсы 14 мм/мин. Исследование микроструктуры сварного шва проводили методом оптической микроскопии на микроскопе

В работе изучалось влияние технологических параметров сварки, таких как как время (от 2 до 5 с), мощность (от 1 до 2 кВт) и контактное давление (от 2 до 4 МПа) на прочностные свойства получаемых соединений. В результате исследования было выявлено, что увеличение времени сварки и контактного давления приводит к систематическому росту прочности сварочного шва. Необходимо отметить и то, что неправильный подбор параметров мощности генератора может привести к нежелательным последствиям, таким как снижение прочности сварного соединения или даже деструкции материала. В ходе исследования удалось достичь значительной прочности сварного соединения более 10 МПа. Эти результаты подтверждают важность дальнейших исследований в области ультразвуковой сварки композитных материалов и ее применения для создания более надежных соединений.

Список литературы

1. **Senders, F.** Zero-flow: a novel approach to continuous ultrasonic welding of CF/PPS thermoplastic composite plates / F. Senders, M. van Beurden, G. Palardy, I.F. Villegas // *Advanced Manufacturing: Polymer & Composites Science*. – 2016. – Vol. 2. – P. 83-92.

2. **Jongbloed, B.** Continuous ultrasonic welding of thermoplastic composites: Enhancing the weld uniformity by changing the energy director / B. Jongbloed, J. Teuwen, G. Palardy, I. Fernandez Villegas, R. Benedictus // Journal of Composite Materials. – 2020. – Vol. 54. – P. 2023-2035.

Ибатуллина А. Р., Сергеева Е. А.

Казанский национальный исследовательский технологический университет

ПЛАЗМЕННАЯ МОДИФИКАЦИЯ КАК МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ АДГЕЗИОННОЙ СПОСОБНОСТИ АРАМИДНЫХ ВОЛОКОН

Композиционные материалы (композиты) – многокомпонентные материалы, которые чаще всего состоят из пластичной основы (полимерной матрицы) и армирующих наполнителей, обладающих высокими механическими характеристиками (прочностью, жесткостью и т.д.). Сочетание свойств разнородных веществ приводит к созданию материала, свойства которого количественно и качественно отличаются от свойств его компонентов.

В последние годы одним из самых востребованных материалов при создании волокнистых композитов являются арамидные волокна и ткани. Арамидное волокно обладает химической стойкостью, высокой прочностью, малыми плотностью и весом. Наиболее ценным свойством арамидного волокна является его способность сохранять свои высокие механические характеристики при повышенных температурах (250-300°C).

Хорошо известно, что адгезия матрицы и наполнителя является одним из важнейших факторов при изготовлении композиционных материалов. Композиционные полимерные материалы, армированные волокнами, могут обладать высокими прочностными характеристиками тогда, когда существует хорошая адгезия между полимером и волокном. Наиболее известные адгезионные эффекты – капиллярность, смачиваемость. С целью повышения адгезионной способности арамидные волокна (производства ООО НТП «Термотекс») были обработаны потоком плазмы высокочастотного емкостного (ВЧЕ) разряда пониженного давления в среде аргона.

Проведен комплекс экспериментальных исследований показателей капиллярности и смачиваемости арамидных волокон до и после плазменной модификации. Как основной критерий качества связи компонентов элементарной ячейки композита, рассматривалась сила разрушения связи армирующего волокна с эпоксидной матрицей. Капиллярность волокон

после обработки в плазме увеличилась для марки Русар-С в 20-30 раз и для марки Кевлар на 30-40%. Увеличение смачиваемости арамидных волокон (для волокон марки Русар-С до 43%, для волокон марки Кевлар до 83%) способствует лучшему проникновению полимера в межфиламентное пространство арамидного волокна, что приводит к увеличению адгезионной прочности соединения арамидного волокна с эпоксидной матрицей для волокон марки Русар-С до 30%, для волокон марки Кевлар до 50%. Исходя из данных экспериментов по определению смачиваемости и силы связи армирующего арамидного волокна с матрицей микрокомпозита следует, что плазменная модификация эффективна при создании композиционных материалов.

**Кадыкова Ю. А., Васинкина Е. Ю., Калганова С. Г., Тригорлый С. В.,
Сивак А. С., Сивак Т. П.**

Акционерное общество «Научно-производственное предприятие
«Контакт», г. Саратов

СВЧ-КАМЕРА НА КВАЗИКОАКСИАЛЬНОМ ВОЛНОВОДЕ ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В настоящее время ведутся активные исследования по модификации полимерных композиционных материалов в СВЧ электромагнитном поле с целью улучшения их функциональных характеристик. В связи с этим актуальной проблемой является разработка установки для СВЧ модификации полимерных материалов, позволяющей обеспечить требуемую напряженность электрического поля электромагнитной волны и равномерное распределение температурного поля по объему материала [1,2].

В работах Ю.С. Архангельского [3,4] детально описаны различные виды СВЧ-установок для нагрева диэлектриков. В электротехнологии наибольший интерес представляет рабочая камера, так как именно в ней осуществляется технологический процесс обработки материала. В качестве определяющих признаков при построении технической классификации рабочих камер используются их габариты, характер электромагнитного поля в камере, тип излучающей системы. Подробная классификация рабочих камер приведена в [5].

С точки зрения модификации полимерных материалов перспективно применение СВЧ камер с бегущей волной, в которых достигается лучшее согласование с СВЧ-генератором, что приводит к более высокой

эффективности и равномерности нагрева материала на всех этапах процесса.

Среди камер с бегущей волной наиболее перспективно применение камер на квазиаксиальном волноводе, которые позволяют проводить обработку как в потоке, так неподвижных высоковязких олигомеров или твердых полимерных материалов. Изменяя геометрию рабочей части СВЧ-камеры можно добиться максимальной напряженности СВЧ электромагнитного поля в обрабатываемом материале, что приводит к высокому модифицирующему эффекту.

Для модификации наполненного эпоксидного олигомера авторами разработана СВЧ-камера с бегущей волной на квазикоаксиальном волноводе на частоте 2450 МГц. Основными элементами СВЧ камеры являются: отрезок волновода размером 45×90×200 мм; радиопрозрачная вертикально расположенная фторопластовая трубка, по которой перемещается наполненный эпоксидный олигомер; согласующий переход и экран для создания равномерно распределенного электрического поля в модифицируемом материале. Размеры фторопластовой трубки: наружный диаметр – 20 мм внутренний диаметр – 16 мм.

В данной СВЧ-камере возможно варьирование технологических параметров: СВЧ-мощности в диапазоне 100-1500 Вт и скорости движения материала во фторопластовой трубке 18-72 м/ч.

Применение разработанной СВЧ-рабочей камеры позволило получить равномерное распределение напряженности электрического и температурного полей при мощности 300 Вт и скорости движения наполненного эпоксидного олигомера 1,0 м/с. В этом случае за время 10 с напряженность электрического поля составила 119 ± 10 В/см, температура материала возросла до 202° С в среднем сечении материала и до 180° С на поверхности, при производительности СВЧ-установки для модификации материала – 11,6 кг/ч.

Предложенная СВЧ камера с бегущей волной на квазикоаксиальном волноводе может быть тиражирована для СВЧ модификации наполненных олигомеров различного химического состава, а также сыпучих полимерных материалов.

Список литературы

1. **Васинкина, Е.Ю.** Моделирование нагрева дисперсно-наполненных эпоксидных композитов в СВЧ камере с бегущей волной / Васинкина Е.Ю., Калганова С.Г., Тригорлый С.В., Сивак А.С., Яковлев А.С., Кадыкова Ю.А. // Российский химический журнал. - 2022. - Т. 66, № 2. - С. 16-21.
2. **Васинкина, Е.Ю.** Моделирование СВЧ термообработки композиционных материалов в камерах резонаторного типа / Васинкина

Е.Ю., Тригорлый С.В., Кадыкова Ю.А., Калганова С.Г. // Вестник Технологического университета. - 2022. - Т. 25, № 5. - С. 107-110.

3. **Архангельский, Ю.С.** Справочная книга по СВЧ электротермии: справочник / Ю.С. Архангельский. – Саратов: Научная книга, 2011. – 560 с.

4. **Архангельский, Ю. С.** Установки диэлектрического нагрева. СВЧ установки / Ю. С. Архангельский. – Саратов: СГТУ, 2003. – 343 с.

5. **Архангельский, Ю.С.** СВЧ электротермия / Ю.С. Архангельский. – Саратов: СГТУ, 1998. – 408 с.

Карова Е. Р.

Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ РАСТВОРИТЕЛЯ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ВОЛОКНООБРАЗУЮЩИЕ СВОЙСТВА РАСТВОРОВ ПАРА-АРАМИДОВ

Волокна на основе ароматических полиамидов были впервые получены в начале 60-х годов и в настоящее время широко используются в разных областях промышленности, так как обладают высокой прочностью, огне- и термостойкостью. Пара-арамиды нашли применение в самолето- и ракетостроении. Ткани на основе арамидных нитей используются для создания спецодежды для работников газовой и нефтяной промышленности, для мягкой броневогой защиты и применяются в качестве фильтров для очистки горячих промышленных газов.

Температура плавления таких полимеров лежит выше температуры термодеструкции, поэтому пара-арамидные волокна формируют из растворов. Данный тип полимеров растворяется в сильно полярных системах, к которым можно отнести органические апротонные растворители с солями лития и кальция (такие как N,N-диметилацетамид, диметилсульфоксид и др.) и концентрированных кислотах (серная кислота, полифосфорная кислота). Формование волокон из кислотных растворов требует нагрева формовочных растворов до 80–150 °С и приводит к образованию больших объемов кислотных стоков. Формование из органических растворителей также приводит к образованию больших объемов стоков от промывочных ванн, требующих регенерации как дорогостоящих солей лития, так и органических растворителей.

Одним из возможных путей снижения объемов стоков является переход на безосадительные методы формования волокон, такие как электроспиннинг и механотропное формование, где фазовое разделение реализуется преимущественно за счет действия больших деформаций растяжения под действием электрического поля или механического растяжения струи, соответственно. Исходя из этого, в работе поставлена цель изучить влияние природы растворителей на реологические и волокнообразующие свойства растворов пара-арамидов, подобрать состав комплексного органического растворителя для получения волокон механотропным способом.

Объектом исследования является жесткоцепной волокнообразующий ароматический полиамид и его растворы с комплексными растворителями на основе N,N-диметилацетамида с водой и хлоридом лития в разных соотношениях. Методом капиллярной вискозиметрии были определены значения характеристических вязкостей и рассчитаны константы Хаггинса, характеризующие термодинамическое качество растворителя. Показано, что по мере увеличения концентрации воды в растворителе клубок полимера существенно сжимается, что выражается в изменении характеристической вязкости с 7 до 5 дл/г, при этом константа Хаггинса возрастает с 0,4 до 1,4. Методом ротационной реометрии были исследованы реологические свойства растворов пара-арамида в диапазоне концентраций от 0,5 до 7,5%. Определены области начала формирования сетки зацеплений и перехода от разбавленных в концентрированные растворы. Выявлено, что небольшое количество воды (до 1%) в составе комплексного растворителя не оказывает влияния на вязкоупругие свойства концентрированных растворов.

С использованием лабораторной установки формования волокон были опробованы режимы формования с целью получения волокон из безводных и водосодержащих растворов методом механотропного формования с варьированием влажности, температуры раствора и скорости растяжения.

Кокшаров С. А., Алеева С. В.

Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук
Ивановский государственный политехнический университет

ПРЕИМУЩЕСТВА БИОХИМИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА ДЛЯ АРМИРОВАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Растущие экологические проблемы увеличили научный интерес к использованию натуральных волокон в индустрии композитов и, в частности, для замены части синтетических волокон в составе гибридных армированных полимеров. Вместе с тем существует ряд объективных сложностей в обеспечении высокого уровня качественных показателей материалов. В их числе отмечают низкую ударопрочность и нестабильное динамическое поведение композитов, что связывают с изменчивостью свойств растительных волокнистых материалов, зависящих от условий выращивания и переработки растительного сырья. В гибридных композитах сложно обеспечить качественную межфазную адгезию полимерной матрицы одновременно к волокнам с разной степенью полярности. Пористость и гидрофильность растительных волокон обуславливает известные проблемы водопоглощения биокомпозитных материалов и преждевременного старения изделий.

В обосновании технологических подходов к модификации льноволокнистых материалов с учетом требуемых качественных показателей полуфабрикатов и конечной продукции мы исходим из ключевого положения химической науки, согласно которому свойства любой системы определяются ее составом [1-3]. Определено, что специфика воздействий на льняное волокно для применения в качестве армирующего наполнителя полимерных композитов существенно отличается от задач его подготовки в текстильном производстве. Льняной наполнитель используется не в виде элементарных волокон, а в виде раздробленных по толщине лубяных пучков. Равномерность дробления пучков может нивелировать различия в форме и размерах поперечного сечения элементарных волокон и является ключом к оптимизации межфазного контакта между волокнами и связующим композитного материала.

Короткое льняное волокно, преимущественно применяемое в составе препрегов, содержит до 7 мас.% пектина (*П*), до 18 мас.% гемицеллюлоз (*Ги*) и до 14 мас.% лигнина (*Л*). Выявлены зависимости, описывающие разнонаправленное влияние извлечения спутников льняной целлюлозы (*Ц*) из межволоконных связующих веществ и из клеточной стенки

элементарного волокна на толщину льняных комплексов ($T_{лк}$, Текс), их гибкость ($G_{лк}$, мм) и величину удельного разрывного усилия ($P_{уд}$, дН/Текс):

$$T_{лк} = 3,25 + 0,512 \cdot П - 0,123 \cdot П^2 + 0,148 \cdot Гц ;$$

$$G_{лк} = 291,37 - 48,68 \cdot Л + 2,586 \cdot Л^2 - 2,24 \cdot Гц ;$$

$$P_{уд} = P_{лк} / T_{лк} = 29,11 - 0,91 \cdot Ц + 0,015 \cdot Ц^2 + 0,51 \cdot Л - 0,03 \cdot Л^2 + 0,45 \cdot П .$$

Биохимические технологии подготовки позволяют селективно извлекать определенные виды примесей волокна, обеспечивая при этом пространственно локализованное воздействие на структурные образования полимеров в поверхностном слое инкрустов (остатки паренхимных тканей стебля), в межклеточных прослойках связующих веществ или в межфибрилярном матриксе клеточной стенки волокна. В качестве критериев, определяющих зону действия ферментов, используем характеристики размера их глобулы и прочности адсорбционного связывания на твердофазном субстрате.

Равномерному дроблению комплексов препятствуют жесткосшитые структуры лигнина в межклеточных одревеснениях. Вместо традиционных приемов химической делигнификации сырья мы предлагаем прорывной метод трансформации полимера с использованием продуктов ферментации полисахаридов в качестве реагентов для редокс-превращений лигнина [4]. Благодаря миграции нанодисперсных продуктов деполимеризации лигнина обеспечиваются эффекты самовосстановления внутренних дефектов волокна, образовавшихся в процессе механической обработки сырья, дополнительного армирования межклеточных прослоек связующих веществ, а также специфические антиоксидантные и фотопоглощающие свойства нанолигнина для повышения светостойкости композитов.

При подборе ферментов для расщепления гемицеллюлоз целесообразно учитывать выявленную роль ксиланов в структуре клеточной стенки элементарных волокон в ограничении водопоглощающей способности волокна и в улучшение интерфейса препрегов с полимерным связующим [5]. Обработка волокна биопрепаратами оптимального состава увеличивает сорбцию низковязкого связующего в 2–4 раза при 5-кратном снижении водопоглощения.

Список литературы

1. **Aleeva, S. V.** Chemistry and technology of biocatalyzed nanoengineering of linen textile materials / S. V. Aleeva, S. A. Koksharov // Russ. J. Gen. Chem. – 2012. Vol. 82. no. 13. Pp. 2279–2293. DOI:10.1134/S1070363212130154.
2. **Кокшаров, С.А.** Задачи и эффективность биомодифицирования отходов льнопереработки для производства кормовых добавок / С. А. Кокшаров, С. В. Алеева, О. В. Лепилова // Известия вузов. Технология текстильной

промышленности. – 2021. – № 2. – С. 54–60. DOI:10.47367/0021-3497_2021_2_54.

3. **Солодушенкова, Т.С.** Влияние полимерных компонентов льняного волокна на жесткость тканого полотна / Т. С. Солодушенкова, Н. Л. Корнилова, С. А. Кокшаров, О. В. Радченко // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2022. – № 4. – С. 128–135. DOI:10.47367/0021-3497_2022_4_128.

4. **Алеева, С. В.** Химические превращения лигнина льняной костры под действием продуктов ферментации полисахаридов / С. В. Алеева, О. В. Лепилова, С. А. Кокшаров // Журнал прикладной спектроскопии. – 2021. – Т. 88, № 4. – С. 603–610.

5. **Калинин, Е.Н.** Биомодификация льноволокнистого наполнителя для пропитки жидким связующим / Е. Н. Калинин, С. В. Ершов, С. А. Кокшаров, О.В. Лепилова // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2023. – №2. – С. 165–175. DOI:10.47367/0021-3497_2023_2_165.

Королева И. М., Пыхтин А. А.

МИРЭА – Российский технологический университет, институт тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВОВ ДИСПЕРСНО-НАПОЛНЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИОЛЕФИНА И КОРОТКИХ СТЕКЛЯННЫХ ВОЛОКОН

В настоящее время одними из самых перспективных материалов являются дисперсно-наполненные полимерные композиционные материалы (ДНПКМ). При создании структуры ДНПКМ можно использовать все известные полимерные матрицы и материалы в качестве дисперсных наполнителей (металлы, минералы, оксиды, органические наполнители, углеродсодержащие наполнители и т.д.) с различной формой и размером частиц. Исходные компоненты, дисперсная структура и её параметры оказывают непосредственное влияние на комплекс свойств ДНПКМ [1].

Для оптимизации структуры и комплекса технологических и эксплуатационных свойств наполненных полимерных композитов под заданные требования используют обобщенные и приведенные параметры. Одним из важнейших параметров структуры ДНПКМ является обобщенный

параметр Θ , который описывает необходимую долю фазы-матрицы полимерного композиционного материала для обеспечения непрерывной прослойки между частицами наполнителя. Он зависит от максимального содержания наполнителя в полимерной матрице – параметра φ_m [2].

Целью работы является проектирование разных типов структуры ДНПКМ на основе полиолефина и коротких стеклянных волокон, а также определение зависимости комплекса технологических и эксплуатационных свойств полученного материала от обобщенных и приведенных параметров структуры.

В ходе работы были экспериментально получены и рассчитаны обобщенные и приведенные параметры для проектирования разных типов структур ДНПКМ на основе полиэтилена низкой плотности (ПЭНП) марки 10803-020 (ОАО «Уфаоргсинтез», Россия) и коротких стеклянных волокон марки ХК (ГП «Институт НИИСМ», Россия).

Спроектированные структуры ДНПКМ получили с помощью двухшнекового экструдера LabTech LZ-80 (Labtech Engineering Co. Ltd., Таиланд). Образцы для испытаний изготовили методом литья под давлением на литьевой машине Babyplast 6/10 P (CRONOPLAST S.L., Испания).

Было установлено, что при получении ДНПКМ на основе ПЭНП 10803-020 и короткого стеклянного волокна марки ХК оптимальным типом структуры является РС (разбавленные системы), с фактическим содержанием наполнителя 0,03 об. д., с оптимальными обобщенными и приведенными параметрами: $a_{cp}/d \approx 1,61$; $\Theta \approx 0,94$ об. д.; $\Theta/V \approx 36,05$ и $\Theta/Sn \approx 93,77$, так как при увеличении содержания коротких стеклянных волокон в данной полимерной матрице наблюдается резкое ухудшение комплекса физико-механических свойств.

В результате работы были спроектированы составы ДНПКМ на основе ПЭНП с коротким стекловолокном марки ХК, характеризующиеся разными типами дисперсных структур. Установили зависимости комплекса технологических и эксплуатационных свойств от обобщенных и приведенных параметров, типов структуры ДНПКМ. При введении короткого стеклянного волокна до 0,03 об. д. наблюдается рост прочностных характеристик на 5%, дальнейшее увеличение содержания коротких стеклянных волокон в ПЭНП приводит к ухудшению физико-механических свойств в три раза относительно полимерной матрицы. Разработанные подходы позволяют проектировать составы ДНПКМ, наполненные коротким стеклянным волокном, с регулируемым комплексом технологических и эксплуатационных свойств.

Список литературы

1. **Симонов-Емельянов, И. Д.** Технологическая классификация дисперсных наполнителей по размерам и проектирование полимерных композитов с разными типами структур / И. Д. Симонов-Емельянов, К. И. Харламова // Пластические массы. – 2022. – № 9–10. – С. 3–6.
2. **Симонов-Емельянов, И. Д.** Расчет составов дисперсно-наполненных полимерных композиционных материалов с различными типами решеток и параметрами структур / И. Д. Симонов-Емельянов, К. И. Харламова // Пластические массы. – 2020. – № 1–2. – С. 4–7.

Кржечковский Д. В., Кузнецов А. Ю., Свердлова Н. И.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

**ЗАВИСИМОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ
ПОЛИМЕРБЕТОНА ОТ ВКЛЮЧЕННОГО В ЕГО СОСТАВ
ДИСПЕРСНОГО ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТНОГО
ЗАПОЛНИТЕЛЯ**

Разработка новых полимерсодержащих композитов для получения изделий с заданными свойствами является перспективной технической задачей. Вторичная переработка синтетических полимеров, сохраняющих в течение длительного периода физико-химические характеристики после использования по целевому назначению в качестве наполнителей в производстве композитов, значительно увеличивает сырьевые источники для производства многотоннажных изделий широкого потребления и, сокращая объем полимерных отходов, способствует улучшению экологической обстановки.

Строительным материалом с широкой сферой применения является бетон – композиционный материал с высокой прочностью, который получается в результате формования и затвердевания рационально подобранной, тщательно перемешанной и уплотненной смеси вяжущего вещества (цемент), крупного или мелкого заполнителя и воды. Регулирования свойств бетона осуществляют путем введения в состав бетонной смеси активные минеральные компоненты и различные химические добавки, которые ускоряют или замедляют твердение бетона, повышают его прочность, морозоустойчивость и другие свойства. Для снижения плотности бетона и улучшения его теплотехнических свойств

используют искусственные (керамзит, аглопорит, термозит, гранулированный шлак, вспученные вермикулит, перлит, полистирол и др.) и природные туф, пемза, ракушечник др.) пористые заполнители [1].

Использование в качестве заполнителя в составе сухой бетонной смеси полимерной крошки позволяет получать полимербетоны - строительные материалы с новыми свойствами. Существуют различные способы сделать бетон безупречным. Вторичный полиэтилентерефталат (ПЭТФ) из которого производятся бутылки для жидких пищевых продуктов, является альтернативой применения проверенных временем включений наполнителей. Используемые бутылки из ПЭТФ могут быть измельчены механической переработкой до частиц одинакового размера, которые добавляются в сухую бетонную смесь перед добавлением воды. Новый строительный материал приобретает устойчивость к образованию усадочных трещин, снижение внутренних напряжений, возникающих во время затвердения бетона, а также многократное увеличение сопротивляемости ударным нагрузкам [2]. К подготовке раствора бетона необходим внимательный подход. Используемая формула 1:3:6 (цемент, песок, заполнитель) и 50% воды от общей массы сухих продуктов может изменяться в зависимости от назначения бетона. Для блоков раствор должен быть густой, а для заливки фундамента его можно приготовить с большей текучестью. Использование полимерного заполнителя в виде крошки определенного размера позволяет получить материал, имеющий ряд преимуществ: сокращение расхода цемента; увеличение прочности затвердевшего бетона с улучшенными показателями пружинистости; снижение усадки бетона в процессе эксплуатации; повышение устойчивости к радиации; уменьшение плотности и теплопроводности [3].

Формование образцов полимербетона проводили с использованием ПЭТФ переработанного путем измельчения при помощи роторной дробилки в качестве заполнителя. Предварительная подготовка заполнителя позволила получить полимерную крошку с равномерной степенью измельчения, имеющую насыпную массу $0,352 \text{ г/см}^3$, и определить основные параметры наполнения для использования в качестве модифицирующего компонента опытных образцов полимербетонов. Приготовление связующего состояло во введении в цементно-песочную смесь воды и заданного количества полимерной крошки. Полученную однородную массу помещали в формы выбранного объема для отверждения. По истечении семи суток образцы композитов расформовывались. Проведена экспериментальная оценка изменения свойств дисперснонаполненных образцов полимербетона со степенью наполнения в рабочем диапазоне 2,5% до 30 % (масс) в сравнении с образцом без заполнителя из крошки ПЭТФ. Включение в состав сухой бетонной смеси от 2,5% до 15% (масс) крошки ПЭТФ, увеличивает

прочность образцов. Степень наполнения полимерной крошкой образцов выше 30% нарушает их целостность. Влагопоглощение образцов, которое увеличилось от 12% для образца без заполнителя до 33% для образца с содержанием заполнителя 30%, можно объяснить увеличением пористости структуры полимербетона, в то время как теплопроводность образцов понизилась с увеличением степен наполнения крошкой из ПЭТФ, имеющей теплоизоляционные свойства, в изученном диапазоне изменения степени наполнения полимербетона.

Исследования показали, что изменение количества заполнителя в составе сухой бетонной смеси влияют на эксплуатационные свойства полимербетона, что можно связать с различной степенью взаимодействия заполнителя в виде крошки из ПЭТФ и цементно-песочной пастой.

Список литературы

1. **Смирнов, А.С.** Особенности и возможности конструкционного полимербетона в современных условиях / А.С. Смирнов, В.С. Бирюков // Инженерный вестник Дона – № 6. – 2021. – С. 21-26.
2. **Айткалиева, Г.С.** Полимербетоны: достоинства и недостатки //Наука и техника Казахстана –№ 4. – 2018. – С 70-74.
3. ГОСТ 10180-2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. Технические условия. М. : Стандартинформ, 2018. – 32 с.

Кудринская О. В., Христофоров Д. Е., Асташкина О. В.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ФУЛЛЕРЕНОВ НА СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА МОДИФИЦИРОВАННЫХ ИМИ СОРБЕНТОВ

Большой научный интерес был вызван открытием в 1985 году фуллеренов, которые получили свое название в честь архитектора Бакминстера Фуллера автора музея Биосфера, находящегося в Монреалье, форма которого очень напоминала предполагаемую форму вновь открытого аллотропного соединения углерода. Фуллерены, благодаря своему необычному строению, привлекают химиков различных направлений, физиков, фармацевтов, биологов и вирусологов. В силу своего разнообразия свойств, они могут применяться как упрочняющие материалы в производстве

композиционных материалов, как модифицирующие агенты при получении сорбционно-активных материалов.

В настоящее время известно несколько видов фуллеренов в зависимости от количества атомов углерода, образующих молекулу фуллерена: C_{24} , C_{28} , C_{32} , C_{36} , C_{50} , C_{60} , C_{70} . Для работы выбраны фуллерены C_{60} . Процесс выделения фуллеренов C_{60} многостадийный: после электродугового испарения графитового электрода получают фуллерен содержащую сажу, которую экстрагируют в о-ксилоле при перемешивании, затем раствор центрифугируют и фильтруют. Экстракт упаривают и снова растворяют в диметилформамиде, центрифугируют и опять фильтруют, и упаривают. В осадке остается фуллерены.

Авторами предложено два способа модификации активированных углеродных волокон (АУВ) фуллеренами. Первый способ включает обработку АУВ фуллеренами из раствора ароматического соединения (о- или п-ксилол) с последующей ультразвуковой обработкой. Данная методика описана в работе [1]. По второму способу обработку АУВ проводят фуллеренами C_{60} в растворе четыреххлористого углерода. Однако эффективность первого метода не высока в силу того, что растворитель (о- или п-ксилол) при температуре сушки не полностью удаляется из объема сорбента, а повышение температуры сушки выше 100°C невозможно в силу того, что при этой температуре происходит разрушение фуллеренов C_{60} .

В работе изучена кинетика сорбции красителя метиленового голубого в зависимости от содержания фуллеренов в АУВ. Содержание фуллеренов варьировали в интервале от 0,001 масс. % до 0,015 масс.%. Сорбцию метиленового голубого проводили в соответствии с ГОСТ 4453-77 из ограниченного объема, а именно: модуль ванны 500, $C_{\text{исх.}} (\text{МГ}) = 1500 \text{ мг/л}$, $t = 20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. процесс проводили при перемешивании до наступления сорбционного равновесия.

Эксперимент показал, что при концентрации фуллеренов выше 0,005 масс. % сорбционное равновесие наступает через 200 минут и сорбционная емкость по красителю составляет 477 мг/г, а для сорбента, содержащего 0,001 масс.% фуллеренов сорбционная емкость за то же время составляет 405 мг/г.

Список литературы

1. Пат. 2575712 Российская Федерация, МПК В 01 J 20/20, В 01 J 20/30. Сорбент на основе активного угля, содержащего фуллерен и способ его получения / В.В. Самонин ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)». № 2014145174/05 ; заявл. 10.11.14 ; опубл. 20.02.16, Бюл. № 5.

Лукичева Н. С.¹, Яркевич А.¹, Клепиков В. В.²

¹Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

²Самарский государственный медицинский университет

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ АКУСТИЧЕСКИХ МЕМБРАН СТЕТОФОНЕНДОСКОПОВ

Аускультация (с лат. *auscultatio* — «выслушивание») — физический метод медицинской диагностики при помощи выслушивания звуков, возникающих в организме в процессе функционирования внутренних органов. Аускультация известна с давних времен. Она упоминается еще в трудах Гиппократ и Аретея. Диагностическим методом выслушивание стало благодаря французскому учёному Рене Лаэннеку, который в 1816 году изобрел стетоскоп [1].

Современное развитие науки и техники, особенно в последние годы, когда на первый план стали выходить цифровые технологии, закономерно приводит к усовершенствованию методов диагностики в медицине. Не обошло оно стороной и модернизацию стетоскопов. Появились электронные стетофонендоскопы, которые могут не только решить возникающие при классическом методе аускультации проблемы объективного анализа результатов, но и способны записывать звуки с помощью микрофона, преобразовывать их в электронный вид для дальнейшей обработки, сохранения и передачи.

Одним из компонентов электронного стетофонендоскопа является акустическая мембрана, путем подбора материала для изготовления которой, как отмечено рядом авторов [2], можно существенно улучшить акустические характеристики приборов. Для использования в электронных стетофонендоскопах, обладающих более чувствительными, чем ухо человека, электроакустическими преобразователями, необходимо выбирать материал с более равномерными частотными характеристиками (позволяющий контролировать частоту резонанса).

Для этих целей предлагают использовать различные полимерные пленки и композиционные материалы на их основе [3]–[6]. Так авторы статьи [2] использовали пленки из полиэтилентерефталата (ПЭТ), толщиной 20 мкм, а в патенте [4] предлагают использовать пленки на основе полиарилэфиркетона (ПАЭК). В работе [5] мембраны изготавливали из композитов на основе силиконовой матрицы, армированной синтетическими волокнами из полиэфирэфиркетона — ПЭЭК, ПЭТ, полиамида (ПА) или полиэтиленнафталат (ПЭН). Также в ряде уже промышленно выпускаемых конструкций цифровых стетоскопов, например

торговой марки 3M™ Littmann® используют и стеклоармированные реактопласты [6]. Причем отмечается, что наиболее чувствительные мембраны изготавливают из стеклопластика, а менее чувствительные — из термопластов, например поливинилхлорида (ПВХ).

Авторами [7] показано, что механические свойства мембраны могут существенно влиять на параметры передаваемых биоакустических сигналов. Однако точная связь остается по большей части неясной, поскольку лежащие в основе передачи звука в стетофонендоскопе явления включают сложные эффекты акустической связи между диафрагмой и телом пациента. Поэтому поиск наиболее подходящего по характеристикам, оптимального материала для производства акустических мембран и работы по выявлению взаимосвязи между его свойствами и передаваемыми сигналами как никогда актуальны и значимы.

Список литературы

1. **Гончарук, М. Е.** Электронный стетоскоп. Проблемы электронной аускультации / М. Е. Гончарук // Наука, техника, промышленное производство: история, современное состояние, перспективы : Материалы региональной научно-практической конференции студентов и аспирантов, Владивосток, 08–28 декабря 2020 года. — Владивосток: Дальневосточный федеральный университет, 2021. — С. 341–344. — EDN RPPQLB.
2. **Макалов, А. О.** Система электронной аускультации: метод измерения амплитудно-частотных характеристик стетоскопов / А. О. Макалов, В. А. Смирнов, А. В. Прохорцов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. — 2023. — № 13(2) — С.125–136. — <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2023-13-2-125-136>.
3. **Патент № RU 6994 U1** Российская Федерация, М.кл. А61В 7/00. Мембрана стетофонендоскопа : № 96121735/20 : заявл. 15.10.1996 : опубл. 16.07.1998 / Орлов В. А., Котровский А. В., Хлопчик Г. В., Коновалов В. А., Саблин А. И., Суворов В. В. ; заявитель "МИГ" Научная консультационная фирма "Социнновация". — 7 с. — Текст: непосредственный.
4. **Патент № US 2016/0052246 A1** США, В32В 27/285 (2013.01); В32В 27/288 (2013.01); В32В 7/12 (2013.01); H04R 7/10 (2013.01); H04R 31/003 (2013.01). Composite for production of an acoustic membrane and acoustic membrane : № 14/784,642 : заявл. 31.03.2014 : опубл. 25.03.2016 / M. Egger, B. Mussig, P. Schultz ; заявитель TESA SE. — 6 с. — Текст: непосредственный.
5. **Патент № WO2018/007372 A1** Австрия H04R 7/00 (2006.01); H04R 7/10 (2006.01); В32В 37/15 (2006.01). Composite material for producing an acoustic membrane : № PCT/EP2017/066610 : заявл. 06.07.2016 : опубл. 11.01.2018 /

Cr. Zechner, P. Pertl, Ch. Bertl; заявитель ISOVOLTA AG. — 32 с. — Текст: непосредственный.

6. 3M LITTMANN CORE DIGITAL STETHOSCOPE - 8490 – black // сайт компании Gima S.p.A. — URL: https://www.gimaitaly.com/prodotti.asp?sku=32600&dept_selected=5478&dept_id=5478 (дата обращения: 29.03.2024)

7. **Nowak, L.** An experimental study on the role and function of the diaphragm in modern acoustic stethoscopes / L. Nowak, K. Nowak // Applied Acoustics. — 2019. — 155 (3). — P. 24-31. — DOI: 10.1016/j.apacoust.2019.05.009.

Мазуркевич Е. М.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОДИСПЕРСИЙ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ФТОРПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

Для применения в некоторых областях композиты на основе фторполимерной матрицы должны обладать необходимой электрической проводимостью. Для улучшения электропроводности полимерных материалов используют добавки аморфного углерода (>10 масс. %) [1]. Использование нанодисперсий углерода позволяет добиваться достижения требуемой проводимости полимерного композита при гораздо меньших количествах вводимой добавки. Использование таких добавок приводит не только к изменению электрических свойств композита, но и улучшению механических характеристик.

В нашей работе для получения композита на основе фторполимерной матрицы, содержащей нанодисперсию углерода были взяты: углеродные материалы на основе полиоксидаазольного (ПОД) прекурсора и фторопластовое связующее (Ф-2М), модифицированное добавкой одностенных углеродных нанотрубок (УНТ) TUBALL™, имеющих наружный диаметр $1,6 \pm 0,4$ нм и среднюю длину >5 мкм. Предварительно диспергированные с использованием ультразвука УНТ в диметилформамиде (ДМФА) смешивали с раствором фторопласта в ДМФА с конечной концентрацией УНТ: 5 % (масс.); 2,5 % (масс.); 0 % (масс.). Таким образом, было получено три варианта связующих, которыми пропитывали образцы углеродной ткани из ПОД-прекурсора. Пропитанные образцы подвергали сушке при 180 °С (до 1 часа) для испарения остаточного

количества ДМФА. Сухие образцы помещали под горячий пресс с температурой 175 ± 5 °С и давлением в 80 кгс для получения равномерного распределения связующего по объему углеволокнутого наполнителя.

Далее были исследованы характеристики полученных композитов: удельное электрическое сопротивление (УОЭС) стандартным двухконтактным методом (ГОСТ Р 50499-93); пористость, гидрофобность.

По результатам исследования УОЭС при увеличении содержания фторопласта: при отсутствии добавок (0% масс. УНТ) показатели возрастают от 2,8 до 50 мОм/см²; при введении 2,5% масс. УНТ – от 2,8 до 30 мОм/см²; при введении 5% масс. УНТ – от 2,8 до 19 мОм/см². Таким образом, введение УНТ по порогу перколяции – 5% масс. – позволяет достичь минимального значения УОЭС (при содержании модифицированного фторопластового связующего в композите 15% масс.). УОЭС обратно пропорционально электропроводности: чем ниже УОЭС, тем выше электропроводность.

Введение УНТ на показатель пористости практически не повлияло: при введении 0; 2,5 и 5 % масс. УНТ пористость составила соответственно: 70, 67, 66% (при содержании связующего в композите 15% масс.)

При исследовании гидрофобности композитов было выявлено, что все образцы, не зависимо от состава связующего, имели краевой угол смачивания 130 ± 5 °, что говорит о хорошей гидрофобизации поверхности.

Таким образом, были получены углероднаполненные фторопластовые композиты, которые обладают достаточной электропроводностью (при 5% масс. УНТ), пористостью и гидрофобной поверхностью. Одной из предполагаемых нами перспективных сфер применения таких композитов является их использование в качестве газодиффузионных подложек (ГДС) в топливных элементах, используемых в производстве энергетических установок.

Научный руководитель: ст. преподаватель Н. В. Дианкина

Список литературы

1. **Reis J. M. L., Martins S. A., da Costa Mattos H. S.** Combination of temperature and electrical conductivity on semiconductor graphite/epoxy composites // J. Braz. Soc. Mech. Sci. Eng. 2020. Vol. 42, № 8. P. 1–5

Мусихина А. С., Марценюк В. В.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНЕЙ НАГРУЗКИ НА УДЕЛЬНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ГАЗОДИФФУЗИОННЫХ СЛОЕВ

В настоящее время использование энергопотребления незамедлительно растет, поэтому с целью избегания дефицита природных энергоносителей, требуется создание и улучшение электрохимических систем для аккумуляирования и преобразования энергии. Одним из способов решения данной проблемы является модифицирование и увеличение эффективности топливных элементов, которые можно применять как для обеспечения энергией портативных устройств, так и для питания транспортных средств, в том числе самолетов и беспилотных летательных аппаратов, стационарных приборов и даже использовать в тепло- и электроэнергетике [1].

Топливный элемент – это устройство, которое в результате электрохимической реакции, преобразует химическую энергию топлива (водорода) и окислителя в электрическую энергию. Для преобразования энергии целесообразно использовать газ-водород, поскольку мы не просто минимизируем уровень опасных выбросов, а исключаем эмиссию в атмосферу углекислого газа, при этом заботясь о решении такой глобальной проблемы, как парниковый эффект.

Важной составляющей топливного элемента являются газодиффузионные слои (ГДС), отвечающие за транспортировку газов-реагентов и отвод продукта реакции – воды. Газодиффузионные слои изготавливают из электропроводящих и коррозионно-стойких материалов с высокими показателями пористости, хемостойкости, электро- и теплопроводности. Поэтому для изготовления газодиффузионных слоев традиционно используют углеродные материалы, а именно, углеродные бумаги и нетканые материалы [2].

Газодиффузионные слои изготавливают из материалов, которые оптимально подходят под перечисленные требования, но не стоит забывать о том, что наряду с изменениями внешних условий изменяются и свойства самого материала. Так, например, в топливном элементе газодиффузионные слои совместно с другими компонентами объединяют в сборку. При этом создается прижимное давление между компонентами топливного элемента и характеристики каждого компонента могут изменяться [3].

В связи с этим, была сформулирована цель работы: изучение влияния внешней нагрузки на удельное электрическое сопротивление (УЭС) газодиффузионных слоев в виде углерод-полимерных и углерод-углеродных композитов на различных основах (ткани, нетканые материалы (НМ), бумаги) для топливных элементов.

Для проведения исследования выбраны газодиффузионные слои, полученные на кафедре наноструктурных, волокнистых и композиционных материалов им А.И. Меоса СПбГУПТД и импортные, промышленно-выпускаемые газодиффузионные слои. Измерения УЭС поперек плоскости проводили двухконтактным способом с увеличением нагрузки от 0,3 до 1,6 кг/см². Результаты измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследования УЭС

		Углерод-углеродный ГДС на основе бумаги	Углерод-полимерный ГДС на основе ткани	Углерод-полимерный ГДС на основе НМ	Углерод-полимерный ГДС на основе ткани	Бумага с микропористым слоем [4]	Углерод-полимерный ГДС на основе бумаги
		УЭС поперек плоскости, мОм/см ²					
Нагрузка, кг/см ²	0,32	9,1	23,6	11,1	33,0	4,9	43,0
	0,64	6,6	16,7	8,4	26,0	3,7	36,3
	0,95	5,3	13,2	6,8	22,0	3,0	32,0
	1,27	4,4	11,0	5,9	19,2	2,6	28,9
	1,59	3,9	9,6	5,2	17,4	2,3	26,6

По результатам проведенных исследований было установлено, что для всех ГДС при увеличении нагрузки происходит снижение УЭС поперек плоскости, что связано с уплотнением структуры и появлением большего количества теплопроводящих контактов между углеродными волокнами. В среднем увеличение внешней нагрузки в 5 раз приводит к снижению УЭС в 2-2,5 раза вне зависимости от основы ГДС (ткань, нетканый материал, бумага). Таким образом, при сопоставлении результатов измерений УЭС ГДС различной структуры необходимо учитывать внешнюю нагрузку на сжатие, которая всегда присутствует при сборке топливного элемента, потому что значения УЭС ГДС напрямую влияют на вырабатываемую мощность элемента.

Список литературы

1. Ковалев, С. Ю. Перспективы водородной энергетики в контексте энергетического перехода / С.Ю. Ковалев, И.Ю. Блам / ЭКО. – 2021. – № 7 – С. 56-72.

2. **Lysenko, A. A.** Use of Additive Technologies to Produce Carbon-Polymer Membranes / A.A. Lysenko, V.V. Martsenyuk, N.S. Lukicheva, O.V. Astashkina and S.V. Timofeev / Fibre Chemistry. – 2022. – Vol. 54. – P. 78-83.
3. **Hamed Afrasiab.** Electrical and mechanical characterization of the gas diffusion layer during compression in PEM fuel cells / Hamed Afrasiab, Ehsan Emami Ghareh Hajloo, Mohammad Mahdi Barzegari / International journal of hydrogen energy. – 2023. – Vol. 48. – P. 31996-32010.
4. Fuel Cell Store : official website. – Brian, Texas, USA, 2019. – URL: <https://www.fuelcellstore.com/spec-sheets/freudenberg-gdl-technical-data.pdf> (дата обращения: 04.04.2023)

Петраш Ю. А., Безруков А. А., Гладунова О. И.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

О ПОДГОТОВКЕ ГРАФЕНОВ К РАБОТЕ И ПОЛУЧЕНИИ НАНОСТРУКТУРНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Графен – двумерная аллотропная модификация углерода, образованная слоем атомов углерода толщиной в один атом. Его можно представить как одну плоскость слоистого графита, отделённую от объёмного кристалла. Однослойный графен в естественном состоянии практически отсутствует, а существует в виде так называемых стопок из слоев графена. Поскольку межслойная сила между слоями графена мала, он может расслаиваться слой за слоем под действием внешней силы, тем самым образуя однослойный графен толщиной в один атом углерода [1].

Расслоение плоскостей графена и его качественное диспергирование в полимерной матрице композита является важной задачей, поскольку это позволяет в полной мере реализовать уникальные свойства графена. Процесс подготовки графенов к использованию в качестве наноструктурных добавок состоит из нескольких обязательных стадий: термообработка при высоких температурах от 250 до 300°C, измельчение в шаровых мельницах, предварительное диспергирование в легколетучих жидкостях, введение поверхностно-активных веществ в водной суспензии в случае использования воды как среды для диспергирования и ультразвуковое перемешивание [2,3].

В данной работе проводили термообработку графенов при температуре 250 °C в течение 3 часов. На второй стадии прокаленные и

охлажденные графены диспергировали в ультразвуковой ванне в среде легколетучего органического соединения (ЛОС). Время обработки составило 10 мин. В качестве ЛОС выбраны: ацетон, гексан. Наиболее эффективным оказался ацетон. Затем, подготовленные графены вводили в эпоксидное связующее, диспергировали с помощью ультразвукового диспергатора и вакуумировали для удаления остатков ЛОС.

Степень диспергирования графена оценивали с помощью оптического светового микроскопа. Показано, что данный комбинированный метод позволяет эффективно разбивать агломераты (стопки) графена и получать эпоксидное связующее с равномерным распределением наночастиц.

Научный руководитель: к.т.н., доцент О. В. Асташкина

Список литературы

1. Википедия – Графены [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Графен> (дата обращения: 22.03.2024)
2. С. Е. Corcione, F. Freuli and A. Maffezzoli, *Polym. Eng. Sci.*, 2013, **53**, 531–539
3. L. C. Tang, Y. J. Wan, D. Yan, Y. B. Pei, L. Zhao, Y. B. Li, L. B. Wu, J. X. Jiang and G. Q. Lai, *Carbon*, 2013, 60, 16–27

Платунова А. А., Штягина Л. М.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЙ ПОЛИЭТИЛЕН: СВОЙСТВА И СИНТЕЗ

Сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ) — это материал с высокой молекулярной массой и уникальными свойствами, который разрабатывался на протяжении нескольких десятилетий. Процесс разработки материала начался в 1950-х годах, когда компания "Ruhchemie AG" (Германия) создала метод полимеризации СВМПЭ. С тех пор этот материал стал доступен в различных формах, таких как листы, стержни и волокна. Начиная с 1960-х годов, сверхвысокомолекулярный полиэтилен нашел широкое применение в ортопедических и спинальных имплантах благодаря его высокой прочности, твёрдости, химической стойкости и низкой плотности. В последние десятилетия этот материал привлёк

внимание как идеальный материал для создания инновационных изделий и технологий [1, 2].

Свойства и структура полиэтилена зависят от условий синтеза. Полиэтилен высокого давления (ПЭВД) получается при высоком давлении (100 – 400 МПа) и температуре (200 – 320 °С), в то время как для полиэтилена низкого и среднего давления (ПЭНД и ПЭСД) полимеризацию этилена проводят при низком давлении (0,2 – 6,0 МПа) и температуре до 200 °С [3].

Сверхвысокомолекулярный полиэтилен обладает следующими свойствами:

- Механическая прочность: высокая устойчивость к ударам, износу и абразивным воздействиям;
- Химическая стойкость: сохраняет свои свойства при воздействии химических веществ и в агрессивных средах;
- Низкая плотность: обладает высокой прочностью, несмотря на низкую плотность;
- Устойчивость к износу и истиранию: сохраняет свои свойства при длительном использовании;
- Устойчивость к УФ-излучению: не разрушается под его воздействием;
- Устойчивость к экстремальным температурам: сохраняет прочность даже при низких температурах;
- Биосовместимость: хорошая переносимость организмом без отторжения;
- Ударопрочность: высокая устойчивость к сильным нагрузкам и ударам [1].

Добавление различных наполнителей может улучшить свойства сверхвысокомолекулярного полиэтилена по желанию.

Для создания сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ) используется полимеризация этилена с помощью металлоценовых катализаторов, которые позволяют контролировать процесс полимеризации и образование длинных молекул полиэтилена. Важные условия реакции, такие как низкое давление, способствуют получению высокой степени полимеризации.

Изделия из сверхвысокомолекулярного полиэтилена могут быть получены следующими методами:

- Плунжерная экструзия, при которой материал выталкивается через форму при помощи плунжера, чаще всего используется для обработки высоковязких материалов;
- Гель-формование, где полимерный гель используется для создания волокон путём вытягивания его через специальные отверстия (фильеры);

- Штранг-прессование, процесс, при котором исходный материал подвергается высокому давлению в матрице для создания плотных и прочных изделий, часто используется для производства изделий из металлических и полимерных порошков [4, 5].

Сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ) обладает уникальными механическими свойствами, включая высокую прочность, жёсткость, износостойкость и химическую стойкость. Его синтез основан на специальных технологиях полимеризации, которые обеспечивают формирование длинных молекул с высокой степенью кристалличности. Благодаря этим свойствам, СВМПЭ находит широкое применение в различных областях, включая медицину, спортивную индустрию, баллистическую защиту и другие.

Список литературы

1. Ultra-high-molecular-weight polyethylene // CHEMEUROPE.COM URL: https://www.chemeurope.com/en/encyclopedia/Ultra-high-molecular-weight_polyethylene.html (дата обращения: 08.03.2024);
2. **Гостев, С. С.** Реакторные полимерные композиции сверхвысокомолекулярного полиэтилена с низкомолекулярным полиэтиленом высокой плотности: синтез на металлоценовых и пост-металлоценовых катализаторах, морфология, свойства : специальность 1.4.7 «Высокомолекулярные соединения» : Диссертация на соискание доктора технических наук / Гостев, С. С. ; ФИЦ ХФ РАН. — Москва, 2023. — 141 с.;
3. Композитные и нанокompозитные материалы на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена / Л. О. Шоранова, Б. З. Бештоев, А. Ю. Беданок [и др.] // Технология полимеров. – 2011. – № 7. – С. 22-34;
4. **Гладунова, О.И.** В Петербурге появится производство баллистического полиэтилена (СВМПЭ) / О.И. Гладунова // Композитный мир : электронный журнал. – URL: <https://clck.ru/398a4t>. – Дата публикации: 05.10.2022. – ISSN 2222-5439;
5. Технология полимерных композиционных материалов. Непрерывно-наполненные композиционные материалы: учебное пособие / О. В. Асташкина, Н. С. Лукичева, А. А. Лысенко, Д. А. Петрова. – Санкт-Петербург: ФГБОУВО «СПбГУПТД», 2022. – 57 с. – ISBN 978-5-7937-2079-3.

Прокопчук Н. Р., Ленартович Л. А.

Белорусский государственный технологический университет

ВЛИЯНИЕ НАНОДИСПЕРСНЫХ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ НА СВОЙСТВА ПЭТ

В настоящее время постоянно возникает необходимость в разработке для промышленности, в том числе и текстильной, все более совершенных материалов. Для этих целей применяют различные способы модификации, одним из которых является использование нанодобавок различной природы, способных значительно изменять деформационно-прочностные, термические, фрикционные, электрические и другие свойства полимерных матриц. Одной из серьезных проблем является выбор метода введения наночастиц, обеспечивающего равномерность их распределения в полимере и сохранение их истинного наноразмера. Одним из наиболее эффективных для этих целей является введение наночастиц на стадии синтеза полимера.

Целью наших исследований является изучение влияния наночастиц оксидов металлов, введенных в ПЭТ на стадии синтеза, на свойства полимера. Наночастицы вводили на лабораторной установке центральной исследовательской лаборатории ОАО «Могилевхимволокно». В качестве дисперсионной среды для приготовления наносuspensions использовали этиленгликоль. Наночастицы вводили в реакционную среду дробными порциями в количествах от 0,005 до 0,020 мас.%. Гранулы ПЭТ перед формованием при температуре 275°C сушили в условиях вакуума. Термовытяжку осуществляли при 90°C до кратности 4,5 с помощью обогреваемого каландра с намоточным устройством «Rondol» («Rondol Industrie», Франция). Определяли деформационно-прочностные свойства, ДСК и ТГ, стойкость к горению, а также антибактериальные свойства композиций.

В результате исследований установлено оптимальное содержание вводимых при синтезе ПЭТ наночастиц TiO_2 и ZnO , равное 0,015 мас.%, при котором были получены максимальные показатели наномодифицирования: снижение суммарного времени горения с 22 с до 1 с (для композиций с TiO_2) и до 9 с (для композиций с ZnO); увеличение прочности при разрыве с 26 сН/текс до 35 сН/текс (для композиций с TiO_2) и до 31 сН/текс (для композиций с ZnO) при практически неизменном относительном удлинении при разрыве. Была проведена оценка антимикробной активности образцов полиэтилентерефталата, содержащего наноксиды TiO_2 и ZnO , по отношению к бактериям (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*) и грибам (*Candida boidinii*) в модельных условиях. Установлено, что добавление частиц TiO_2 в концентрации 0,015 мас.% практически не влияло

на антимикробные свойства образцов по отношению к *E. coli* и *S. aureus*. Образцы материала с наночастицами ZnO обладают лучшими показателями антимикробной активности по отношению к использованным тест-культурам и могут проявлять пролонгированный антимикробный эффект по отношению к штаммам *S. aureus* и *B. subtilis*.

Пророкова Н. П., Вавилова С. Ю.

Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук

ПОВЕРХНОСТНОЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ НИТЕЙ В ПРОЦЕССЕ ПОЛУЧЕНИЯ: НОВЫЙ ПОДХОД

Известно, что многие характеристики полимерных материалов (адгезионная способность, химическая стойкость, поверхностная энергия, гидрофобность, гидрофильность, биостойкость и др.) определяются поверхностным слоем толщиной от ~ 10 нм до нескольких микрометров. Поэтому направленное изменение свойств поверхности волокнистых материалов (так называемая поверхностная модификация) является одним из наиболее эффективных способов управления характеристиками волокон. При общем росте спроса на волокнистые материалы преимущественно увеличивается потребление химических волокон и нитей. Поэтому особый интерес представляет поверхностное модифицирование химических волокон, в первую очередь, термопластичных, темпы производства которых растут особенно интенсивно.

Одним из наиболее простых способов поверхностного модифицирования волокон является прочная фиксация модификатора, обладающего специальными свойствами, на поверхности и/или в приповерхностном слое волокна. Однако реализовать такой подход на термопластичных материалах очень сложно, так как эти волокна химически инертны, обладают гладкой поверхностью и не имеют пор. Поэтому был предложен новый подход к поверхностному модифицированию нити, заключающийся во внедрении малых количеств наноразмерного модификатора в структуру формируемого на нити функционального покрытия, характеризующегося высокой адгезией к подложке из волокнообразующего полимера. Чтобы модификатор не образовывал агрегаты, нарушающие целостность структуры покрытия, было предложено использовать наночастицы модификатора в стабилизированном состоянии.

В работах [1,2] была оценена возможность внедрения наноразмерного модификатора в структуру прочно зафиксированного на поверхности термопластичных нитей покрытия на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ). Оригинальный способ формирования на термопластичной нити (на примере полипропиленовой - ПП) устойчивого ПТФЭ покрытия был разработан в ИХР РАН ранее [3,4]. Он основан на нанесении разбавленной суспензии ПТФЭ на поверхность каждого филамента свежесформованной комплексной ПП нити в процессе её получения из расплава. В дальнейшем на стадии ориентационного вытягивания толщина покрытия, за счет способности ПТФЭ к псевдотекучести и высокого коэффициента теплового расширения, значительно уменьшается. Покрытие плотно прилегает к поверхности каждого филамента комплексной нити, приобретает высокую равномерность и становится ориентированным. ПП нить с ПТФЭ покрытием имеет низкую стоимость, но не уступает по свойствам дорогостоящей нити из ПТФЭ: она обладает очень высокой хемостойкостью, низким коэффициентом трения и повышенной прочностью.

Показано, что введение в структуру ПТФЭ покрытия 0,025-0,075 % стабилизированных железо-, медь-, серебросодержащих наночастиц позволяет повысить прочность ПП нити до 20 – 43 %. Максимальное повышение прочности наблюдается при использовании серебросодержащих наночастиц, обладающих наибольшей совместимостью с ПТФЭ.

Установлено, что оптимальное количество металлсодержащих наночастиц, которые можно ввести в ПТФЭ покрытие для поверхностной модификации ПП нитей, ограничено их совместимостью с ПТФЭ и составляет около 0,05 %. Оно обеспечивает повышение плотности покрытия и способствует существенному возрастанию удельной прочности адгезионного контакта ПТФЭ покрытия и ПП подложки при раздире.

Показано, что поверхностное электрическое сопротивление ПП нити после нанесения ПТФЭ покрытия снижается в 10^4 раз, а после введения в структуру покрытия металлсодержащих наночастиц дополнительно уменьшается в 10-100 раз. Кроме того, такая нить приобретает бактериостатичность по отношению к золотистому стафилококку.

Список литературы

1. **Prorokova, N.** Properties of polypropylene yarns with a polytetrafluoroethylene coating containing stabilized magnetite particles / N. Prorokova, S. Vavilova // Coatings. - 2021. Vol. 11. 830. <https://doi.org/10.3390/coatings11070830>
2. **Пророкова, Н.П.** Механические характеристики полученной по новой технологии полипропиленовой нити с покрытием на основе политетрафторэтилена / Н.П. Пророкова, С.Ю. Вавилова, В.М. Бузник //

Химическая технология. - 2020. Т. 21, №9. С. 409-417. DOI: 10.31044/1684-5811-2020-21-9-409-417

3. **Prorokova, N.P.** A novel technique for coating polypropylene yarns with polytetrafluoroethylene / N.P. Prorokova, S.Y. Vavilova, V.M. Bouzник // Journal of Fluorine Chemistry. - 2017. Vol. 204. Pp. 50 – 58. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfluchem.2017.10.009>

4. **Prorokova, N.P.** Bulk and surface modification of polypropylene filaments at the stage of their formation from a melt / N.P. Prorokova, S.Y. Vavilova // Fibre Chemistry. - 2018. Vol. 50, No. 3. Pp. 233-238. DOI 10.1007/s10692-018-9967-2

Прохорова А. Е.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРИРОВАНИЯ РАСТВОРОВ КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ n-АМИНОБЕНЗОЙНОЙ КИСЛОТОЙ

На протяжении длительного времени растет скорость возникновения устойчивости бактерий к лекарственным средствам. Но медицина не стоит на месте, на смену привычным антисептикам, которые обеззараживают лишь поверхность раны, но не предотвращают распространение инфекции в организм, и антибиотикам, которые не селективны и подавляют рост бактерий вместе с полезной микрофлорой, возникла острая необходимость создания безопасных препаратов совершенно нового состава, обладающих антибактериальным и противовирусным действием, стимулирующих заживление ран и предотвращающих развитие вторичных инфекций. В качестве основы для таких препаратов целесообразно использовать растворы карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ).

Карбоксиметилцеллюлоза – водорастворимый полимер на основе природного сырья – целлюлозы и гликолевой кислоты. Является легкодоступным соединением. Одно из главных свойств материала – способность формировать стабильный и вязкий раствор. Важным в исследованиях является то, что вязкость его растворов можно регулировать в широких пределах за счет введения в раствор биполярных веществ. Исследование реологических свойств растворов КМЦ позволяет выявить особенности структурирования биполярными веществами во времени. В качестве структурирующего агента выбрана n-аминобензойная кислота

(ПАБК) – является производным бензойной кислоты, так же известна под такими названиями, как: бактериальный витамин Н₁, витамин В₁₀. Согласно литературным данным, п-аминобензойная кислота представляет собой кристаллы белого цвета, практически не растворимые в воде. Является незаменимой аминокислотой, не синтезируемой в организме человека. ПАБК участвует в выработке красных кровяных телец, активизирует кишечную микрофлору, препятствует образованию тромбов, а также обладает антигистаминным действием. Немаловажно, что витамин В₁₀ является индуктором интерферона – белка, который выделяется организмом в ответ на вторжение вирусов. Все эти свойства позволяют полноценно использовать его при создании препаратов, обладающих противовирусными и антибактериальными свойствами.

В работе изучены реологические свойства растворов КМЦ в присутствии п-аминобензойной кислоты. Исследования проводили на вискозиметре Оствальда с диаметром капилляра 3,35 мм в температурном диапазоне от 20 до 40 °С. Полученные результаты позволяют судить о структурировании растворов во времени, поскольку вязкость возрастает в течение нескольких суток в 1,5-2,0 раза.

Для применения данных растворов в медицинской практике необходимо решение таких задач, как определение оптимальных условий хранения и эксплуатации растворов КМЦ, а также исследование изменения их свойств в течение времени. Наряду с этим исследованием будут изучены растворы КМЦ с п-аминобензойной кислотой с целью нахождения оптимального состава композиции.

Научные руководители: к.т.н., доцент В. Е. Немилев, к.т.н., доцент В. А. Хохлова

Пяташева Д. В., Кузнецов А. Ю.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОЦЕССИНГОВОЙ ДОБАВКИ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИЭТИЛЕНОВОЙ МОНОНИТИ

Современный рынок полимерной продукции характеризуется высокой конкуренцией и требует от производителей постоянного поиска новых решений, направленных на повышение эффективности производства и качества готовой продукции. Одним из ключевых аспектов в этом

процессе является оценка качества исходного сырья, поскольку свойства исходных материалов могут оказывать существенное влияние на свойства готового изделия, а в некоторых случаях даже стать причиной его брака.

Важно отметить, что изучение свойств сырья позволяет разрабатывать новые рецептуры производства готовых изделий, которые могут улучшить их качество и снизить затраты на производство. Это, в свою очередь, может привести к увеличению конкурентоспособности продукции на рынке, расширению возможностей ее использования в различных сферах и повышению производительности производства. Поэтому целью исследования является изучение влияния свойств различных марок полиэтилена и условий его переработки на свойства, сформированной в экструдере мононити.

Для оценки влияния температуры получения на деформационные характеристики мононитей были получены образцы при температуре формования 280 °С. Испытания проводились на полиэтиленах низкой плотности марок LL30203 FH и LL30200 FE. Для облегчения процессов формования термопластов при высоких температурах и уменьшения деструктивных процессов на производствах часто применяют так называемые процессинговые добавки. Поэтому также были получены образцы при описанных выше температурах формования с добавлением и без добавления процессинговой добавки. При добавлении последней производили смешение гранулята полиэтилена и гранул процессинговой добавки 1 масс. % на шаровой мельнице, а затем проводили процесс формования изделия.

Было выявлено с добавлением процессинговой добавки влияние температуры переработки материала на его прочностные свойства снижается. Если при повышении температуры до 280°С относительная деформация полиэтиленовой мононити снижалась на 300%, то для мононити с добавлением процессинга снижение относительной деформации не происходило. Исходя из этого можно предположить, что фторполимер входящий в состав процессинговой добавки, предотвращает деструкцию полимера при высоких температурах. Однако необходимо добавить, что несмотря на предотвращение ухудшения свойств при высокой температуре, процессинговая добавка снижает показатели исходного полимера.

Самсонова К. А., Дянкова Т. Ю.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КРАШЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ВОЛОКНА АРЛАНА

Непрерывно возрастающие запросы потребителей к качеству продукции вызывают необходимость постоянного изменения текстильного ассортимента, его расширения, а также разработки и внедрения новых методик крашения, отделки и способов обработки, улучшающих технологические и эксплуатационные свойства материалов.

В современном мире производство окрашенных метапараарамидных материалов непрерывно развивается для удовлетворения растущих потребностей в изделиях технического и бытового назначений с комплексом разнообразных функциональных характеристик. По прогнозам специалистов, рост объемов производства метаарамидных волокон по сравнению с 2021 г. составит к 2027 г. 7 %, что соответствует 21,7 млрд. долларов США.

Метаарамидные волокна и материалы на их основе обладают комплексом уникальных свойств, в том числе: высоким уровнем огнезащищенности, долговременной термостойкости, высокими показателями влагоемкости.

Отечественные материалы на основе метапараарамидных волокон Арлана способны не только конкурировать с зарубежными аналогами, но и превосходить по некоторым физико-химическим показателям, обеспечивающим комфортность защитной одежды разного назначения. В табл. 1 показаны некоторые виды метаарамидных волокон различных стран-производителей в сравнении с отечественным волокном Арлана. Анализ данных показывает, что волокно обладает повышенным уровнем модуля упругости (12-15 ГПа), влагоемкости (10-12 %), и огнезащищенности (КИ = 34 %).

Таблица 1 – Некоторые физико-механические характеристики различных метараamidных волокон

Волокно	Страна производст -ва	Прочность, сН/текс	Отн. удлинение, %	Модуль упругости, ГПа	Влагоем- кость, %	КИ, %
Nomex®	США	45-50	15-25	11	5-6	29
Teijinconex®	Китай	35-40	20-35	10-12	-	29
Kermel®	Франция	30-45	17-21	3-5	4	32
Арлана®	Россия	30-40	12-15	12-15	10-12	34

Изучена изотерма сорбции красителя катионного синего О метараamidным волокном Арлана в пределах концентраций 2,5-10% от массы волокна. Характер полученной зависимости интенсивности окраски от концентрации красителя соответствует двухступенчатой изотерме Ленгмюра, что позволяет предположить фиксацию молекул красителя по нескольким реакционным центрам.

Исследована кинетика сорбции красителей катионного синего О и дисперсного фиолетового 2С в процессах двухванного режима крашения метараamidного волокна Арлана в составе ткани и пряжи. Оптимальное время крашения составляет 40 мин., дальнейшая обработка приводит к снижению интенсивности окраски, связанному с параллельным протеканием реакции гидролиза четвертичного аммониевого основания в основе хромофорной системы.

Для получения более насыщенных, равномерных окрасок предложен способ однованного крашения смесью катионного и дисперсного красителей. Исследовано применение различных интенсифицирующих средств. Определены координаты цвета в системе Lab на спектрофотокориметре «Color i5» в программе *Propalette Textile 0,7*. Рассчитанная по значениям L, a, b величина разнооттеночности ΔE составила 0,584, что свидетельствует о равномерности полученных окрасок. По расположению точек в цветовом пространстве можно судить о получении насыщенной синей цветовой гаммы и ее соответствия стандартным требованиям.

Список литературы

1. Бахтеева, К. Ю. Волокно Арлана – перспективное сырьё для производства огнестойких материалов / К. Ю. Бахтеева, Т. К. Мусина, Т. Ю. Дянкова // Известия СПбГТИ(ТУ). 2022. № 62(88). С. 21–24.
2. Бахтеева, К. Ю. Модифицированное волокно Арлана с повышенной устойчивостью к термической деструкции/ К. Ю. Бахтеева, Т. К. Мусина, Т.

Ю. Дянкова, А. К. Булкина //Дизайн. Материалы. Технология. 2022. № 4 (32). С. 51–55.

3. **Баева, Н. Н.** Арамидные волокна и возможности их колорирования //Теория и практика современной науки и образования: российский и зарубежный опыт. – 2019. – С. 247–255.

4. **Дориомедов, М. С.** Рынок арамидного волокна: виды, свойства, применение // Труды ВИАМ. 2020. №11

5. **Tikhonov, I. V.** Russian aramid fibres: past – present – future*. / I. V Tikhonov, A. V. Tokarev, S. V. Shorin // Fibre Chem 45, 1–8 (2013).

Смирнов В. В., Кузнецов А. Ю.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОЛЛОИДНЫХ ЧАСТИЦ ВИСМУТА, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ

Известно, что значительное количество наночастиц проявляет биоактивность. К примеру, наночастицы серебра показали себя с наилучшей стороны, в случае их использования для подавления роста бактерий. Значительно меньше данных, о использовании наночастиц висмута в этой роли. Однако эти наночастицы также обладают биологической активностью, что подтверждается их использованием в ряде медицинских препаратов. В то же время можно важно сказать, что биоактивность наночастиц имеет зависимость от их линейных размеров. С увеличением размеров наночастиц их биоактивность, обычно, падает.

Одним из перспективных способов получения наночастиц является лазерная абляция в жидкой фазе. Это метод довольно универсален и позволяет получать самые разные наночастицы, в том числе и наночастицы висмута. Однако важно правильно подобрать параметры, при которых будет проходить процесс лазерной абляции. Важен и подбор среды, и диаметр пятна лазера, и температура раствора, и фокусное расстояние, и параметры самого лазера.

Для опыта использовался лазер Golden dragon 10 Вт, 450 нм, а средами выступали вода и глицерин. В ходе процесса абляции лазерное излучение фокусировалось линзой ($f = 120$ мм) на погруженную в жидкость мишень (висмут поликристаллический ХЧ). Диаметр пятна составлял 1 мм. Мишень в ходе процесса абляции не двигалась. Температура раствора составляла

25 °С. Процесс абляции проходил циклами по 5 минут с перерывом на 10 минут для охлаждения лазера. Для исследования влияния времени проведения процесса лазерной абляции на размеры получаемых наночастиц висмута количество циклов варьировалось, и составило 8, 10, 16 циклов. После процесса абляции наночастицы из полученных коллоидных растворов были высажены на активированное углеродный волокнистый материал (АУВМ) методом выпаривания растворителя. Сам АУВМ добавлялся, в первом случае, после проведения лазерной абляции, а во втором – находился в бьюксе, вместе с мишенью, ещё до начала абляции. Полученные образцы АУВМ с осажденными на них наночастицами висмута были изучены при помощи сканирующего электронного микроскопа и оценен размер частиц висмута. Исследования, проведенные на электронном микроскопе, показали, что частицы, полученные в водной среде, и осажденные на АУВМ, имели размеры от 90 до 430 нм, а в глицерине – 50 - 290 нм. А вот фактор времени протекания процесса абляции мало влиял на размеры наночастиц. Четкой зависимости не наблюдается. Максимальные и минимальные размеры частиц висмута в зависимости от условий проведения процесса абляции представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Размеры частиц, полученных в разных опытах

Абляция в воде АУВМ добавлен после			Абляция в глицерине АУВМ добавлен после			Абляция в воде АУВМ добавлен до абляции		
Циклов	Размер частиц min, нм	Размер частиц max, нм	Циклов	Размер частиц min, нм	Размер частиц max, нм	Циклов	Размер частиц min, нм	Размер частиц max, нм
8	110	400	8	80	260	8	90	440
10	90	420	10	60	290	10	120	390
16	100	430	16	50	280	16	80	400

Степанов М. Г., Дянкова Т. Ю.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ПРИДАНИЕ ГИДРО- И ОЛЕОФОБНЫХ СВОЙСТВ ПОЛИАМИДНЫМ ИЗДЕЛИЯМ

Полиамидные (ПА) термопластичные волокна в составе материалов обладают рядом ценных свойств, определяющих их широкое использование для производства изделий бытового и технического назначения. ПА контактные ленты-застежки, выпускаемые АО «Лента» г. Новочебоксарск, применяются более чем в 30-и сегментах промышленности: автомобилестроении, авиастроении, машиностроении. Основным потребителем являются компании, изготавливающие военное обмундирование и экипировку.

ПА волокна характеризуются высокой прочностью и эластичностью; устойчивостью к истиранию [1]. Гигроскопичность ПА материалов составляет 3-5 % при 65 %-й относительной влажности, что способствует повышенной электризуемости. Низкая устойчивость ПА материалов к термо- и фотоокислению ограничивает область их использования [2]. Срок использования изделий снижается также и из-за их загрязнения веществами различной химической природы. ПА волокна обладают амфотерными свойствами, в водных растворах их макромолекула приобретает как положительные, так и отрицательные заряды в результате ионизации концевых групп. Максимальная кислотная емкость полиамидных волокон по концевым амидогруппам составляет 0,04—0,06 г-экв/кг [3], что позволяет создавать условия для прочного закрепления на ПА волокнистых материалах красителей и отделочных препаратов.

Настоящее исследование посвящено поиску путей совершенствования технологии отделки ПА ленты-застежки с целью достижения повышенного уровня грязеотталкивающих свойств с использованием экологически адаптированных средств интенсификации процесса.

В качестве объектов исследования были использованы крючковые и петельные ленты-застежки, а также сырьё мононити: нить нейлон 6 FDY 300D/12F суровая, 80кр/м, а также нейлон 66 монофиламент 0,22 мм. Требования к контактной ленте предусматривают высокие показатели грязеотталкивающих свойств при сохранении товарного вида изделия и жесткости полотна на уровне ворсованного и аппретированного акриловой эмульсией изделия. Кроме того, в процессе гидро- и олеофобной отделки ленты требуется обеспечить физико-механические характеристики и

геометрические размеры монопилей в ткацкой основе изделия на уровне исходных.

Нами предложено использовать водную перфторкарбоновую дисперсию, нейтрализованную буферной смесью на основе одно- и двухзамещённых фосфатов аммония либо водным 5%-ым раствором аммиака.

Для определения эффектов гидро- и олеофобизации ПА образцов, окрашенных в черный цвет № 142, были измерены краевые углы θ смачивания методом неподвижной капли соответственно воды и диодметана. Анализ экспериментальных данных показал, что наибольшая эффективность отделки достигается при реализации технологии по двухванному методу с концентрацией гидро- и олеофобизирующего агента в пределах концентрации 18–24 г/л. В оптимальных условиях значение θ по диодметану составляет 145 град.

В качестве загрязняющих веществ использован активированный осветляющий уголь со средним размером частиц 0,1 мм; а также чёрный ПА флок с длиной волокна 0,2 мм, окрашенный в массу перед экструзией и модифицированный для повышения электропроводимости.

Оценку степени загрязнения образцов нитей производили с помощью спектрофотометра «Color i5» в программе *Propalette Textile 0,7*. По данным спектрофотометрии в видимой области рассчитывали показатели интенсивности загрязнения K/S функция Гуревича–Кубелки–Мунка. Значения коэффициента отражения соответствовало $\lambda_{\max} = 540$ нм.

Установлено, что использование фторкарбонового препарата позволяет снизить загрязняемость ленты активированным углем: $F(R)$ снижается с 2,2 до 1,3; загрязняемость ПА флоком, оцениваемая показателем $\Delta F(R)$, уменьшается с 0,11 до 0,04.

Рекомендуемый для гидро- и олеофобной отделки контактных лент двухванный метод предполагает нанесение грязеотталкивающего состава окуночным методом после аппретирования ленты акриловой эмульсией для фиксации крючковой и петельной монопилей в структуре ленты. Показано, что процесс отделки не приводит к изменению геометрических размеров нитей: диаметр микросрезов соответствует толщине исходных монопилей в составе изделия. Разрывная нагрузка обработанных нитей незначительно повышается относительно исходных, а удлинение при разрыве возрастает в 1,5-2 раза. По данным проведенных производственных испытаний показатели сцепляемости (усилие сдвига и нагрузка расслоения) на разных партиях аппретированной ленты изменяются незначительно, в отдельных случаях наблюдали повышение нагрузки сдвига.

Список литературы

1. **Роговин, З. А.** Основы химии и технологии химических волокон: учебное пособие / З. А. Роговин. – Москва: «Химия», 1974. – 344 с.
2. **Кричевский, Г. Е.** Химическая технология текстильных материалов: учеб. для вузов в 3-х томах. Т.1 / Г. Е. Кричевский; Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности. – Москва: РосЗИТЛП, 2000. – 436 с.
3. Основы химической технологии волокнистых материалов: учебное пособие / Т. Д. Балашова, Н. В. Журавлева, М. В. Коновалова, М. А. Куликова; Московский государственный текстильный университет им. Косыгина. – Москва: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2005. – 363 с.

Тальвинский С. О., Кузнецов А. Ю.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

УГЛЕРОДНАЯ ВСПЕНЕННАЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ

Теплоизоляционными называются строительные материалы, которые имеют плотность (среднюю или насыпную) в сухом состоянии (ρ) не более 500 кг/м^3 и малую теплопроводность – не более $0,175 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, применяемые в строительстве жилых и промышленных зданий, тепловых агрегатов и трубопроводов с целью уменьшения тепловых потерь в окружающую среду. Теплоизоляционные материалы характеризуются низкой теплопроводностью (коэффициент теплопроводности в пределах $0,02\text{--}0,2 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$), высокой пористостью ($70\text{--}98 \%$), незначительной плотностью и прочностью (предел прочности при сжатии $0,05\text{--}2,5 \text{ Н/м}^2$). Условно теплоизоляционные материалы можно разделить на три категории: органические материалы; неорганические материалы; углеродные материалы. Так же их можно классифицировать по температуре эксплуатации: низкотемпературные (до $300 \text{ }^\circ\text{C}$), среднетемпературные ($300 \text{ }^\circ\text{C}\text{--}1000 \text{ }^\circ\text{C}$), высокотемпературные ($1000 \text{ }^\circ\text{C}\text{--}3000 \text{ }^\circ\text{C}$). Среди высокотемпературной теплоизоляции необходимо выделить углерод-углеродные материалы, которые сочетают в себе негорючесть, низкий коэффициент теплового линейного расширения, низкие значения теплопроводности и высокую пористость.

В результате работы предложена технологическая схема получения углерод-углеродной теплоизоляции по которой были получены образцы углерод-углеродных композиционных материалов (УУКМ), содержащие

внутренний вспененный слой (углеродную пену, полученную методом смешения сухих компонентов, таких как фенолоформальдегидная смола, отвердитель, газообразователь и наполнитель в виде технического углерода (ТУ)), исследованы их некоторые характеристики (плотность, теплопроводность, выход углеродного остатка при карбонизации, усадка).

Исследование образцов показало влияние технического углерода на размерность пор. С увеличением содержания технического углерода размер пор уменьшался связано это с увеличением вязкости расплава смолы, соответственно структура вспененной прослойки становилась однородной и равномерной. В свою очередь уменьшение размеров пор привело к увеличению общей пористости материалов.

Кажущаяся и истинная плотности тоже увеличивались с увеличением содержания технического углерода в структуре образцов. Кроме того, использование технического углерода в качестве наполнителя позволило увеличить выход углеродного остатка композита, при карбонизации на 5 – 7 %. Выход углеродного остатка у образцов, наполненных техническим углеродом составил 55 %. Также добавление наполнителя привело к уменьшению объемной усадки у образцов на 11 %.

Теплопроводность полученных образцов составила от 0,043 Вт/м·К у образцов, наполненных 1 % ТУ до 0,031 Вт/м·К при степени наполнения 10 %.

Трофимова Е. Н., Дянкова Т. Ю.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

КРАСИТЕЛИ ДЛЯ МЕТААРАМИДНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Анализ сведений об особенностях и сферах применения термостойких высокопрочных волокон из полигетероариленов показывает, что интерес к этому волокнистому сырью с уникальным комплексом свойств не ослабевает.

Ввиду невысоких мощностей производства отечественного сырья предприятия, выпускающие огнестойкие материалы, проявили интерес к зарубежным волокнам из Китая. По сравнению с российскими аналогами они не имеют естественной желто-коричневой окраски и отличаются химической структурой. Известны различные методы крашения метаарамидных волокон, в том числе с применением активных, кислотных,

дисперсных красителей [1]. В силу особенностей строения отдельных марок волокон-аналогов разных производителей способы крашения не являются универсальными. Каждый новый вид этого уникального сырья требует индивидуального подхода, ориентированного на требования заказчика, в том числе и к цвету окрашенного волокнистого материала.

В исследованиях используется метаарамидная пряжа китайского производителя линейной плотности 29,9 и 59,8 текс.

Была рассмотрена возможность окрашивания метаарамидной пряжи сернистыми; азокрасителями, синтезируемыми на волокне; кубовыми; дисперсными; катионными красителями, кубозолями и пигментами в композиции со вспомогательными веществами, учитывающими требования к сохранности структуры и ценных функциональных свойств волокнистого материала.

Установлено, что пряжа может быть равномерно окрашена пигментами, дисперсными, кубовыми, катионными красителями при периодическом режиме, но при этом достигаются ненасыщенные окраски слабой интенсивности. Крашение пигментами на линиях заключительной отделки текстильных полотен из метаарамидной пряжи позволяет повысить равномерность, интенсивность и устойчивость окрасок, полученных в условиях пряжекрашения. Наибольший интерес представляют дисперсные и катионные красители, обеспечивающие широкие возможности получения ярких окрасок при колорировании данного вида сырья.

Обосновано применение высокотемпературного крашения дисперсными красителями. Для повышения интенсивности и устойчивости окраски было предложено использование катионных красителей. Последовательное крашение пряжи разными классами красителей по сравнению с индивидуальными красителями позволяет получать более яркие и разнообразные оттенки цветового ряда.

Была исследована возможность совмещенного процесса крашения в одной ванне с целью сокращения технологического цикла отделки текстильного материала. Установлено влияние ингредиентов состава и их концентраций на качество полученных окрасок. Анализ данных, полученных на спектрофотоколориметре «Gretag Macbeth», свидетельствует о том, что наибольшая равномерность окраски достигается при использовании рецептуры, не содержащей интенсификатор-переносчик. В то же время применение ароматических карбоновых кислот оказывает существенное влияние на интенсивность окраски. Было исследовано расположение полученных окрасок в цветовом пространстве системы Lab, в котором отмечается смещение цветового тона и пониженные значения светлоты у образцов, окрашенных без интенсификаторов и ПАВ в область пурпурных цветов. Остальные образцы отличаются зеленоватым оттенком, что подтверждается положением точек в нижней левой четверти

цветовой диаграммы и свидетельствует о стабилизации хромофорной системы.

Список литературы

1. **Баева, Н. Н.** Арамидные волокна и возможности их колорирования / Н. Н. Баева // Теория и практика современной науки и образования: российский и зарубежный опыт : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 30 ноября 2019 г.) / "Экспертно-методический центр". – Чебоксары, 2019. – С. 247-255.

Трущелев А. В., Мигунов Н. Ю., Бычкова Е. В., Щербина Н. А.

Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ ПЛЕНОЧНЫЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ НАПОЛНЕННОГО ПОЛИЛАКТИДА

В настоящее время проблема утилизации полимерных отходов является одной из самых острых. В этой связи постоянно идет разработка новых полимерных материалов, которые быстро распадаются и легко ассимилируются микроорганизмами почвы, не нанося вред окружающей среде. Одним из таких материалов является полилактид (ПЛА), получаемый из растительного сырья [1].

Особый интерес представляют биоразлагаемые композиции на основе полилактида с использованием в качестве наполнителей различных материалов природного происхождения, не препятствующих разложению.

В данной работе с целью получения биоразлагаемых пленочных материалов были разработаны составы на основе полилактида, в которых в качестве наполнителей использовались отходы производств - оболочки проса (ОП), гречихи (ОГ), а также модифицированная оболочка гречихи (МОГ), прошедшая стадии модификации, термообработки и измельчения. В некоторые составы вводился пластификатор дибутилфталат (ДБФ).

Образцы пленочного материала получены методом полива раствора композиции на стеклянную подложку.

Изучено влияние наполнителей на структуру, физико-химические и физико-механические свойства композитов.

Методом сканирующей электронной микроскопии установлено достаточно равномерное распределение наполнителей в массе связующего. Введение пластификатора в композицию улучшает межфазное взаимодействие компонентов смеси.

Инфракрасная спектроскопия разработанных составов показала, что в инфракрасных спектрах композитных материалов имеются полосы, характерные как для ПЛА, так и для наполнителей и ДБФ. Смещений или новых полос в спектре наполненного МОГ композита не обнаружено, что свидетельствует об отсутствии химических связей между исходными компонентами материала в процессе получения композитов.

Наполнители не оказывают заметного влияния на термолиз связующего.

Введение наполнителей в ПЛА незначительно повышает влаго- и водопоглощение пленок.

Снижение прочностных характеристик полилактида при введении всех видов наполнителей не превышает в среднем 20%. По своим физико-механическим характеристикам такие композиты могут быть использованы в качестве упаковочного материала.

Полученные в работе результаты почвенной деградации наполненных термопластичных пленок из полилактида позволяют отнести разработанные композиты к биоразлагаемым материалам.

Список литературы

Фахльман, Б. Химия новых материалов и нанотехнологий: Учебное пособие. / Б. Фахльман. - Долгопрудный: Издательский дом Интеллект, 2011. - 464 с.

Уварова Н. Ф., Дианкина Н. В.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

УГЛЕРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ЧАСТИЦАМИ МЕТАЛЛОВ

Частицы металлов микро- и наноразмера являются отдельной группой модификаторов текстильных материалов для придания им таких свойств как отражающая способность, электропроводность, защита от излучений, бактерицидность, придание эстетических и декоративных свойств.

Для этих целей используют такие металлы, как алюминий, цинк, никель, медь, висмут, а также благородные металлы: серебро, золото и платину. Для модификации поверхности текстиля металлами существуют следующие технологии: электролитическое нанесение, вакуум-термическое испарение, применение низкотемпературной плазмы, окислительно-восстановительный способ.

Покрyтия текстильнyх материалов медно-никелевым покрытием используют с целью защиты от помех и радиосигналов в зданиях и помещениях, для экранирования пневмокаркасных сооружений, а также для безопасной работы чувствительного оборудования и средств связи [1]. Подобные материалы применяют для испытательных лабораторий, строительства, медицины и при работе со специальным оборудованием.

Покрyтие тканей алюминием применяют для защиты от излучений. Тонкое алюминиевое покрытие возможно получать методом испарения и конденсации в вакууме либо непосредственно на поверхность обрабатываемой ткани, либо на полимерную пленку, обработанную так, чтобы покрытие легко отделялось от нее. После чего на дублирующих машинах металлизированную пленку пропускают между валками вместе с материалом, на которую впоследствии переносится алюминиевое покрытие. Полимерная пленка при этом остается пригодной для многократного использования [2].

Методом ионно-плазменного распыления возможно получение тканей и нетканых материалов с покрытием из титана, золота, серебра, алюминия, бронзы [3]. Предназначены такие материалы для декоративной отделки, гибких электропроводящих элементов, бактерицидных фильтров, постельного белья для ожоговых центров и родильных домов, они обладают хорошим экранирующим эффектом и обеспечивают защиту человека и техники от воздействия электромагнитных полей и инфракрасного излучения.

Никель, медь, висмут, серебро и золото, нанесенные на поверхность текстильных материалов, помимо прочего, обладают бактерицидными свойствами. Материалы, модифицированные этими металлами, применяют для систем воздушной очистки, спортивной одежды, одежды для аллергиков, одежды медицинского персонала и белья в медицинских учреждениях.

Ранее сотрудниками кафедры НВКМ им. А.И. Меоса был разработан способ получения висмутосодержащих волокнистых материалов, основанный на окислительно-восстановительной адсорбции [4]. Этот материал обладает повышенными бактерицидными свойствами. Ученые нашей кафедры разработали волокна-сорбенты, модифицированные частицами меди. Их биологическая активность также была установлена [5].

Нами разработаны образцы материалов, модифицированные частицами никеля, висмута, серебра и золота. Для нанесения металлов были применены технологии вакуумного напыления, окислительно-восстановительной адсорбции, электро-химического нанесения и метод осаждения в структуре материала (для коллоидных частиц). Модификации были подвергнуты следующие виды текстильных материалов: полипропиленовый нетканый материал Спанбонд, активированный углеродный нетканый материал и активированная углеродная ткань Бусофит, нетканый целлюлозный материал и фильтр Петрянова.

Методом определения диаметра зон подавления роста бактерий в работе была определена биологическая активность образцов из нетканого целлюлозного материала, Спанбонд с иммобилизованными на их поверхность микро и нано-частицами серебра и никеля.

Методом измельчения образцов и дальнейшим высевом на плотную среду определяли биологическую активность образцов активированного углеродного материала Бусофит и нетканого активированного углеродного материалов, модифицированных частицами золота и висмута полученных методами окислительно-восстановительной десорбции и магнетронного ионно-плазменного напыления, а также висмута полученного электро-химическим методом.

Список литературы

1. Экранирующая ткань Фарадея // VELTER URL: <https://velter.tech> (дата обращения: 01.12.2023).
2. **Гаппаров, Х. Г.** Виды и способы металлизирования текстильных материалов для пошива специальной одежды / Х. Г. Гаппаров, Я. Я. Хомидов, Г. К. Файзиева. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2016. — № 11 (115). — С. 310-313. — URL: <https://moluch.ru/archive/115/30702/> (дата обращения: 02.05.2024).
3. Ткани - Ивтехномаш: металлизация тканей, металлизация пленок, плазменная обработка рулонных материалов (ivtechnomash.ru).
4. **Саклакова, Е. В.** Металлсодержащие углеродные материалы. Получение и свойства: специальность 05.17.06 "Технология и переработка полимеров и композитов": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Саклакова Екатерина Вадимовна; Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна. – Санкт-Петербург – 2015. –188 с.
5. **Асташкина, О. В.** Медьсодержащие волокна - сорбенты [текст] / О. В. Асташкина, Л. А. Вольф, А. А. Лысенко [и др.] // Журнал прикладной химии. —1990. — № 1. — С. 135-139.

Христофоров Д. Е., Кузнецов А. Ю.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕР-ПЕСЧАНЫХ КОМПОЗИТОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СОСУДОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

В настоящее время сосуды высокого давления (СВД) производятся, как правило, в виде баллонов или баков, применяемых в системах жизнеобеспечения, в космической и авиационной технике, для наземного и водного транспорта, а также во многих системах и агрегатах, потребляющих газообразное топливо. Баллоны высокого давления очень востребованы для хранения и транспортировки водорода.

В истории развития баллонов высокого давления (БВД) принята их классификация на основе применяемых материалов и типов конструкций. Выделяют следующие типы баллонов: цельнометаллические (тип I), металлокомпозитные (два подтипа: тип II и тип III), полимер-композитные (тип IV) и безлейнерные композитные баллоны (тип V).

В отечественной промышленности используются преимущественно металлокомпозитные баллоны, у которых внутренний лейнер выполнен из конструкционных сталей или алюминиевого сплава. Эти технологии сложны и дорогостоящи. Помимо этого, металлические лейнеры существенно увеличивают массу баллона в целом, а также снижают прочность всего изделия из-за наличия сварных швов. Полимер-композитные баллоны, содержащие лейнер из термопластичного материала, являются альтернативным техническим решением. Они имеют довольно высокие прочностные характеристики и стойкость к циклическим нагрузкам. Однако наибольший интерес представляют баллоны пятого типа, состоящие исключительно из композитного корпуса, не считая закладных. Такая конструкция может дать максимальные прочностные, усталостные характеристики, существенно снизить себестоимость и вес баллона.

Для производства баллонов типа V необходимо использовать такие лейнеры (оправки), которые могут быть удалены из готового корпуса баллона. Наиболее простой путь – изготовление оправок, вымываемых водой или водными растворами реагентов.

Результатом проделанной работы стало получение трех типов растворимых оправок, представляющих собой дисперсно-наполненные композиты, с песком в качестве наполнителя и различными вариантами полимерных матриц, обеспечивающих растворимость данных материалов в

воде или растворах щелочей. Была реализована полная технология получения полых композитных изделий от формования оправки до намотки композитной оболочки, её отверждения и извлечения оправки из готового композиционного материала.

Таким образом, наши достижения позволяют дальше развивать и разрабатывать технологию производства безлейнерных баллонов высокого давления, а именно, проводить исследования, касающиеся уже непосредственно самого композитного корпуса баллона.

Чернов О. М.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ИЗУЧЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ ТОКОПРОВОДЯЩИХ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ

Актуальность данной темы заключается в решении различных проблем при получении нанокompозитов, методом проектирования математического приложения, отображающего сложную структуру математических расчетов, для решения сложных задач в высшей математике. Основным способом решения этой проблематики является выявление зависимости электропроводности порога перколяции от n -факторов.

Для моделирования существует несколько подходов:

- 1 Аналитическое моделирование
- 2 Физическое моделирование
- 3 Имитационное моделирование
- 4 Статистическое моделирование.

Аналитическое моделирование — это процесс формализации реального объекта и нахождение его решения в аналитических функциях. Это математическая модель, представленная в виде формул, неравенств, уравнений и их комбинаций. Специалисты занимаются поиском аналитических решений для упрощённых математических моделей, используя различные приближения.

Физическое моделирование — это метод экспериментального изучения различных физических объектов или явлений, основанный на использовании модели, имеющей ту же физическую природу, что и

изучаемый объект. Этот метод заключается в создании лабораторной физической модели явления в уменьшенных масштабах и проведении экспериментов на этой модели. Затем выводы и данные, полученные в экспериментах, распространяются на явление в реальных масштабах.

Имитационное моделирование — это метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, с достаточной точностью описывающей реальную систему. С этой моделью проводятся эксперименты с целью получения информации об этой системе. Модель «проигрывается» во времени для одного испытания или заданного множества испытаний, и результаты определяются случайным характером процессов.

Статистическое моделирование — это исследование объектов познания на их статистических моделях. Оно используется для теоретического изучения влияния флуктуаций, шумов и других факторов на процессы. Оценка параметров моделей проводится с помощью статистических методов, таких как метод максимального правдоподобия, метод наименьших квадратов и метод моментов. Статистическое моделирование применяется в физике и социальных науках, например, в эконометрике.

Плюсы и минусы видов моделирования:

Аналитическое моделирование: плюсы — простота, наглядность, возможность анализировать большое количество данных, минусы — сложность в учёте всех факторов и ограничений.

Физическое моделирование: плюсы — высокая точность, возможность изучать физические процессы, минусы — высокая стоимость, сложность в создании и управлении моделями.

Имитационное моделирование: плюсы — возможность изучать сложные системы, учитывать случайные факторы, минусы — сложность разработки и реализации моделей, высокие требования к ресурсам.

Статистическое моделирование: плюсы — возможность изучать большие объёмы данных, учитывать случайные факторы, минусы — сложность в определении зависимостей между переменными, необходимость в большом количестве данных для анализа.

Наиболее подходящее в моей работе это статистическое моделирование. Для этого метода в данный момент идет наработка данных.

Научный руководитель: к.т.н., доцент А. Ю. Кузнецов.

Шарапова А. А., Кудрявцева Е. В., Буринская А. А.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ПОЛУЧЕНИЕ СТАБИЛЬНЫХ КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЦИНКА

Наночастицы - изолированные частицы твердого вещества размером от 1 до 100 нм. Вещество при этом может находиться в кристаллическом или аморфном состоянии. Способы получения наночастиц выбираются таким образом, чтобы предотвратить рост частиц и их агломерацию (слипание).

Известно, что частицы в наноразмерной форме обладают уникальными свойствами, переход от материалов к частицам нанометровых размеров означает не просто миниатюризацию элементов, физические и химические свойства вещества в нанометровом масштабе существенно изменяются. Например, кристалл нанометрового размера характеризуется меньшей температурой плавления, чем макроскопический кристалл. При переходе к нанометровым размерам частиц изменяются и химические свойства вещества. Наночастицы (НЧ) оксида цинка ZnO обладают бактерицидным и фунгицидным действием, уникальными электронными, химическими и физическими свойствами, способны выделять активные формы кислорода (АФК) и защищать от воздействия ультрафиолетовых лучей.

Традиционно наночастицы ZnO получают механохимическими и химическими способами, например, золь-гель, соосаждение, гидротермальный и микроэмульсионный синтезы.

В настоящей работе синтез наночастиц оксида цинка проводили химическим способом из раствора сульфата цинка ZnSO₄ путем восстановления в щелочной среде при нагревании и постоянном перемешивании. В качестве восстановителей исследовали цитрат натрия, аскорбиновую кислоту и глюкозу в различных соотношениях прекурсор: восстановитель. В качестве стабилизирующих агентов использовали: поливиниловый спирт (ПВС), полиэтиленгликоль (ПЭГ), поливинилпирролидон (ПВП), глицерин, желатин и альгинат натрия.

Электронные спектры поглощения коллоидных растворов наночастиц оксидов цинка измеряли с использованием спектрофотометра УФ-6700.

В ходе исследования установлено, что цитрат натрия и аскорбиновая кислота проявляют недостаточную эффективность в качестве восстановителя при получении наночастиц оксида цинка. Лучшие результаты получены при использовании глюкозы, поэтому в качестве

основного восстановителя в дальнейших исследованиях выбрана глюкоза. В ходе реакции цвет растворов менялся от бесцветного до ярко-жёлтого с экстинкцией при длинах волн $\lambda \approx 305\text{--}320$, характерной для поверхностного плазмонного резонанса наночастиц ZnO.

Установлена стабильность полученных коллоидных растворов наночастиц оксида цинка в течение 12 месяцев – экстинкция при $\lambda = 310\text{--}320$ нм сохраняется.

В результате исследования установлено, что для таких стабилизаторов, как ПВС, глицерин и ПВП, оптимальное соотношение прекурсор: восстановитель составляет 1:80, для альгината натрия – 1:100; для желатина и ПЭГ – 1:140.

Размеры наночастиц, определенные на электронном микроскопе *Merlin*, составили в среднем 10–45 нм.

Полученные коллоидные растворы использовали для модификации целлофановой пленки и натурального шелка. Модифицированные полимерные материалы могут быть использованы для защиты от воздействия УФ-лучей.

Шаховский Н. А., Борисова Н. В., Бычкова Е. В.

Энгельсский технологический институт (филиал) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

КОМПОЗИТЫ ДЛЯ КАБЕЛЬНЫХ ПЛАСТИКАТОВ ПОНИЖЕННОЙ ГОРЮЧЕСТИ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА

В настоящее время предприятия кабельной промышленности представляют одну из динамично развивающихся отраслей машиностроения. За последние десять лет объем производства кабельных изделий увеличился почти в 2 раза, что значительно выше темпов роста по промышленности в целом. В результате кабельная промышленность в России развивается более высокими темпами, чем производство кабелей и проводов в мире [1].

В рамках данной работы были получены и исследованы образцы композитов для кабельных пластикатов пониженной горючести на основе поливинилхлорида и волокнистых разноокисленных отходов окси-ПАН.

Целью работы являлась – разработка полимерного композиционного материала для кабельной изоляции с повышенными физико-механическими,

теплофизическими, физико-химическими свойствами на основе поливинилхлорида и разноокисленных отходов окси-ПАН низкой стоимости изделия за счет введения отходов, которые упростят формулу композиции по наполнителю, красителю и светостабилизатору.

Композиции кабельного ПВХ-пластиката были получены в лабораторных условиях следующим образом: в пластификатор вводили, реологическую, стабилизирующую, антипирирующую и антивспенивающую добавки. В полученную смесь вводили порошок ПВХ и перемешивали до получения однородной массы. В образцы для повышения армирующего эффекта вводили волокнистый наполнитель в количестве 1, 5 и 10 %. Готовую смесь заливали в формы и подвергали термообработке при температуре $190 \pm 10^\circ\text{C}$ в течение 5 ± 2 мин.

Изучены физико-механические, теплофизические, физико-химические свойства исследуемых композиций. Установлено, что введение волокнистого наполнителя до 10 % приводит к повышению деформационно-прочностных показателей, повышает устойчивость к старению. Кроме того, получаемые композиты отличаются повышенной пожароустойчивостью.

Результаты микроскопии показали равномерное распределение наполнителя в полимерной матрице, что позволило выбрать оптимальный вариант композиции для кабельной изоляции.

Таким образом, данная работа направлена на решение актуальной задачи, которая состоит в создании новых современных композиционных материалов пониженной горючести для производства кабельной изоляции при снижении затрат на наполнитель, краситель и светостабилизатор, а также экологической напряженности от производств, где образуются волокнистые разноокисленные отходы окси-ПАН.

Список литературы

1. Композиты на основе силанольносшитого полиэтилена для кабельной промышленности / С. А. Ключников, В. А. Шишкинская, А. В. Будаев, Н. М. Чалая // Евразийское Научное Объединение. – 2021. – № 4-1(74). – С. 51-53. – Текст : электронный // eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека: [сайт]. - URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45754301.html> (дата обращения: 26.03.2024). - Режим доступа: для авторизир. пользователей

Шикунова А. А., Николаева О. И.

Ивановский государственный химико-технологический университет

ВЛИЯНИЕ НАПОЛНИТЕЛЯ НА ПАРОПРОНИЦАЕМОСТЬ АКРИЛОВОГО ГЕРМЕТИКА

Акриловый пароизоляционный герметик, благодаря своим свойствам, является подходящим материалом для устройства внутреннего слоя монтажного шва в местах примыкания оконных и дверных блоков, и входных групп, витражных конструкций к проёмам стен отапливаемых зданий гражданского и промышленного строительства.

Акриловые герметики - одни из самых экологичных материалов. Они изготавливаются на основе водных дисперсий акриловых (со)полимеров, не содержащих в своём составе растворителей и каких-либо токсичных веществ, поэтому и являются не вредными для здоровья человека. Использование полимерных водных дисперсий в качестве основы подобных материалов позволяет регулировать такие свойства как адгезию, эластичность, водостойкость, водонепроницаемость, паропроницаемость, прочность на разрыв.

Перед выбором необходимой дисперсии, предварительно было проведено испытание на паропроницаемость ряда образцов герметиков, (1Д-9Д) (таблица 1), включающих в свой состав акриловые дисперсии отечественных производителей (1-9), основные характеристики которых представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Сопротивление паропроницанию герметиков (R_n)

Номер герметика	1Д	2Д	3Д	4Д	5Д	6Д	7Д	8Д	9Д
R_n , ($m^2 \cdot ч \cdot Па$)/мг	0,67	0,53	2,38	0,48	0,41	0,78	0,56	0,28	0,63

Таблица 2 – Основные характеристики используемых дисперсий

Номер дисперсии	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Состав	СА	СА	А	СА	А	А	СА	А	СА
Сухой остаток, %	50	50	60	59	69	48	57	65	50
МТП	5-7	0	<0	<0	0-4	17	<0	0-4	20
$T_{ст}$	Н	-7	Н	-8	43	13	-6	40	23
Размер частиц	130	100	200-400	250-400	Н	Н	Н	Н	<100

Сопротивление паропроницанию слоя материала - это основной параметр, предъявляемый к данной продукции. Он показывает, какое

количество водяного пара проходит через поверхность герметика в течение времени. Регулируя толщину слоя, можно получать на нём любое сопротивление паропрооницанию.

Согласно требованиям к внутреннему слою, значение сопротивления паропрооницанию должно быть не менее $2,0 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}/\text{мг}$. Поэтому герметик 3Д (таблица 1) был выбран для дальнейших модификаций.

Улучшить технологические свойства многих герметиков в настоящее время можно путём введения в композицию модифицирующих добавок и соответствующих наполнителей. В данной работе в качестве наполнителя использовали тонкоизмельченный мрамор разных марок с разным размером частиц. Было выявлено, что, чем меньше размер частиц наполнителя, тем лучше сопротивление паропрооницанию герметика. У соответствующих образцов герметиков были определены и физико-механические свойства, на которые также оказывает влияние количество и тип наполнителя. Чем больше дисперсность наполнителя, тем меньше относительное удлинение готовой продукции и тем самым становится прочнее материал. Твёрдость по Шору лежит в диапазоне 40-50 и уменьшается соответственно с уменьшением дисперсности наполнителя.

Ширшова Е. П.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ НА ФОРМИРОВАНИЕ ВТОРИЧНОЙ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ В ОТХОДАХ СИНТАКТНЫХ ПЕН

С целью ликвидации и уменьшения недостатков цементных строительных смесей разрабатываются и внедряются их аналоги, в которых частично или полностью заменяется минеральное связующее на полимерное. Полимербетоны хорошо себя зарекомендовали при изготовлении изделий, работающих в условиях сурового климата, агрессивного воздействия, а также повышенной влажности – фундаменты в грунтах с агрессивными водами, ремонт и восстановление железобетонных конструкций, трубы канализационных коллекторов, полы в промышленных зданиях с повышенными требованиями к износостойкости, масло- и бензостойкости, электропроводности и др. [1].

Пенополимербетоны – это разновидность полимербетона, которая в своей структуре содержит полости, заполненные воздухом. Преимуществом

данных материалов является низкая плотность, хорошие тепло-, звуко- и виброизоляционные свойства, низкий коэффициент усадки. Данные материалы находят свое применение при теплозащите зданий и сооружений, теплоизоляции труб и кабелей, как декоративно-отделочные и звукоизоляционные материалы. Для создания эффективных теплозащитных материалов большое значение имеют такие параметры, как пористость, плотность, теплопроводность.

Формирование структуры пенополимербетон можно достичь двумя способами: введением в структуру порообразователей или введением в структуру полого наполнителя. Последние материалы получили название синтактные пены. Синтактные пены широко используются в строительстве для заполнения сотовых конструкций, для изготовления и ремонта глубоководных аппаратов и подводных лодок [2].

Однако при изготовлении и эксплуатации изделий, содержащих синтактные пены, образуются и накапливаются отходы. Частично накопленные отходы возвращают в производство, но объем образующихся отходов превышает переработку. Одним из перспективных направлений использования данных отходов может быть применение для производства композиционных материалов с высокими показателями тепло- и жаростойкости.

Преимущества использования отходов синтактных пен в качестве наполнителей – это низкая стоимость, низкая плотность, хорошие прочностные характеристики, высокая адгезия со многими связующими. Изделия из данного вида отходов могут быть использованы в качестве конструкционно-теплоизоляционного материала.

Целью работы было изучить влияние предварительной термообработки на структуру отходов синтактных пен и спрогнозировать пути применения для изготовления новых изделий.

Известно, что в процессе нагрева полимерных смол происходит их деструкция в диапазоне температур 200 – 300 °С, а при температурах выше 800 – 850 °С происходит размягчение и спекание стеклянных части [3]. Термообработку отходов синтактных пен проводили при 200 – 400 °С и 900 °С продолжительностью от 5 до 30 мин, скорость нагрева составляла 10 °/мин. При нагревании выше 250 °С наблюдалось интенсивное разложение полимерной матрицы с выделением большого количества газообразных продуктов. Было зафиксировано увеличение объема термообработанных образцов до 20 % при температуре обработки 300 и 400 °С, при температурах обработки 200 и 250 °С увеличение объема не наблюдалось.

За счет увеличения внутреннего пространства в результате частичного удаления полимерной матрицы происходило уменьшение кажущейся плотности термообработанных материалов с 0,5 до 0,2 г/см³ в следующем

соотношении: при 200 °С на 1 – 2%, при 250 °С на 4,5 %, при 300 °С на 40 %, при 400 °С на 60 %.

При высокотемпературной обработки в отходах синтактных пен деструкция и удаление полимерного связующего происходит максимально полно, о чем свидетельствует наличие пустот и полостей на фотографиях, полученных с электронного микроскопа. При температуре 900 °С в следствие размягчения и текучести стеклянного наполнителя происходит усадка материалов на 40 – 50 % от первоначального объема с уменьшением кажущейся плотности до 0,15 – 0,25 г/см³, что соответствует плотности промышленно выпускаемым пеностёклам. Увеличение длительности термообработки до 30 мин приводит к увеличению кажущейся плотности материалов на 20 – 25 %, что может свидетельствовать об уплотнении структуры и уменьшении внутреннего объема.

Для оценки внутреннего пространства полученных в результате термообработки материалов были проведены исследования влагопоглощения. Показано, что термообработка при 200 – 250 °С приводит к увеличению влагопоглощения на 2 – 3 % по сравнению с необработанными материалами. Термообработка в течение 5 – 10 минут при 300 °С приводит к увеличению влагопоглощения на 10 – 12 %, в течение 30 минут на 50 – 55 %. Термообработка при 400 °С в течение 5 – 10 минут увеличивает на 90 %, а при термообработке в течение 30 минут более 150 %. Образцы, термообработанные при 900 °С в течение 5 – 10 минут поглощали воды больше на 200 %, а после 30 минутной термообработки происходило снижение способности впитывать и удерживать воду, максимальные значения не превышали 150 % по сравнению с необработанными. Образцы не теряли своей плавучести на протяжении 7 – 10 циклов исследования на влагопоглощение, после чего в их структуре появлялись трещины и образцы начинали крошиться.

В результате термодеструкции полимерной матрицы в синтактных пенах можно получить сверхлегкие материалы с большим внутренним пространством комбинированного типа: капиллярной открытой системы за счет удаления связующего и закрытой за счет полого стеклонеполнителя. Учитывая, что пеностекло является одним из эффективных теплоизоляционных материалов, то использование термообработанных отходов синтактных пен является перспективными наполнителями для создания теплоизоляционных материалов.

Научный руководитель: д.т.н., доцент А. В. Анисимов.

Список литературы

1. Ковалева, Е. Г. Эпоксидные полимеры в строительстве: проблемы и перспективы/ Е. Г. Ковалева, В. Ю. Радоуцкий // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова, - 2011, №2. – с.39 – 42

2. **Чурсова, Л. В.** Разработка полимерных синтактных и пеноматериалов нового поколения с повышенными эксплуатационными характеристиками / Л. В. Чурсова, И. И. Соколов, А. И. Лукина // Изв.вузов. Химия и хим.технология. – 2017, Т.60, вып. 2. – с. 67 – 73

3. **Сопегин, Г. В.** Анализ существующих технологических решений производства пеностекла / Г. В. Сопегин, Д. Ч. Рустамова, С. М. Федосеев // Вестник МГСУ. – Том 14, Выпуск 12. – 2019. – с.1584 - 1609

Яркевич А., Марценюк В. В., Лукичева Н. С.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

СНИЖЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ГАЗОДИФфуЗИОННЫХ СЛОЕВ ЗА СЧЕТ НАНЕСЕНИЯ МИКРОПОРИСТОГО СЛОЯ

Водородные топливные элементы (ВТЭ) – устройства, преобразующие энергию химической реакции между водородом и кислородом в электрическую. ВТЭ классифицируют по виду используемого топлива, рабочей температуры и типом электролита.

В настоящее время наибольший интерес представляет ВТЭ с протонообменной мембраной (ПОМТЭ) [1], состоящий из биполярных пластин и мембранно-электродного блока (МЭБ). В состав МЭБа входят протонообменная мембрана (ПОМ), каталитический слой (КС) и газодиффузионный слой (ГДС), состоящий, в свою очередь, из углеродной подложки и микропористого слоя (МПС).

ГДС и МПС являются важными составляющими ПОМТЭ, они способствуют равномерному распределению реагентов и отводу продуктов реакции. Дополнительно МПС наносится на ГДС в виде пасты с последующим прессованием для снижения удельного электрического сопротивления (УЭС) между компонентами ВТЭ.

Проведя анализ работ [2]-[4] установлено, что традиционно в состав МПС входят углеродные и фторопластовые частицы. Фторопластовые частицы обеспечивают гидрофобность МПС, а углеродные частицы применяются для снижения УЭС, что влияет на эффективность работы ВТЭ. Поэтому было решено изготовить пасты МПС различного состава и исследовать УЭС слоистых композиционных материалов (ГДС с нанесенным слоем МПС).

Для выбора условий получения слоистых композитов была изготовлена паста МПС из технического углерода (ТУ) и суспензии фторопласта, и нанесена на ГДС в виде углерод-углеродной бумаги (УУБ), УЭС которой составляет $13,0 \pm 1,0$ мОм/см². В ходе эксперимента выявлено, что оптимальный режим прессования МПС при температурах 60-70°C с давлением 100 кгс/см². После нанесения МПС на УУБ УЭС, полученных композиционных материалов, составляет $15,0 \pm 0,7$ мОм/см².

Для эффективного снижения УЭС было решено ввести в состав МПС разное содержание углеродных нанотрубок (УНТ). Оказалось, что для снижения УЭС подходит соотношение ТУ и УНТ 0,85:0,15, так как в результате нанесения МПС на ГДС УЭС таких композитов снижается до $11,4 \pm 0,6$ мОм/см², то есть УНТ в составе МПС способствуют снижению УЭС на 12% относительно исходного ГДС на основе УУБ.

Также представляет интерес изучить влияние МПС на ГДС различной структуры, чтобы оценить универсальность технологии получения МПС. В качестве ГДС использовали углерод-полимерную бумагу (УПБ) на основе углеродных настилов, полученных по двум отличным технологиям, пропитанных фторопластовым связующим: УПБ-1 и УПБ-2, исходные значения УЭС, которых составляют: 75 ± 4 и 40 ± 2 мОм/см² соответственно. После нанесения МПС с УНТ на УПБ-1 УЭС составило 60 ± 3 мОм/см², то есть УЭС снизилось на 20% относительно исходного материала. УЭС УПБ-2 после нанесения МПС с УНТ составляло 30 ± 2 мОм/см², что на 25% меньше УЭС исходной УПБ-2.

Далее был использован ГДС из углерод-полимерной ткани (УПТ), с фторопластовым связующим, с УЭС 40 ± 2 мОм/см², а после нанесения МПС с УНТ УЭС композиционного материала снижается до $12 \pm 0,6$ мОм/см², что на 70% меньше относительно ГДС из УПТ.

В результате работы установлено, что для снижения УЭС эффективно применять МПС, в состав которого входят два электропроводящих наполнителя – ТУ и УНТ в соотношении 0,85:0,15. Показано, что данная технология получения слоистых композиционных материалов применима для любой структуры ГДС, но наилучший результат получается при нанесении МПС на УПТ.

Список литературы

1. Proton Exchange Membrane Fuel Cells Market (By Type: High Temperature, Low Temperature; By Application: Automotive, Portable, Stationary, Others) - Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, Regional Outlook, and Forecast 2023-2032 [электронный ресурс]. Режим доступа: URL – <https://www.precedenceresearch.com/proton-exchange-membrane-fuel-cells-market> (дата обращения: 25.02.2024).

2. **Zhang, H.** Pore-Scale Modeling of Microporous Layer for Proton Exchange Membrane Fuel Cell: Effective Transport Properties / H. Zhang, X. Shao, Z. Zhan; M. Sarker; P.-C. Sui; P.-Y.A. Chuang, M. Pan // Membranes – 2023. – Vol. 13. – P. 219.
3. Fuel Cell Component // Ce Tech Co., LTD [электронный ресурс]. Режим доступа: URL – http://www.ce-tech.com.tw/products.php?func=p_list&pc_parent=2 (дата обращения: 01.03.2024).
4. Porosity-graded micro-porous layers for polymer electrolyte membrane fuel cells [электронный ресурс]. Режим доступа: URL – <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378775307000912> (дата обращения: 25.02.2024).

Научное издание

НАНОСТРУКТУРНЫЕ, ВОЛОКНИСТЫЕ И КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

**Материалы XIV Всероссийской научной и студенческой
конференции с международным участием**

Санкт-Петербург, 14–18 мая 2024 года

Оригинал-макет подготовлен Гладуновой О.И.

Подписано в печать 10.06.2024 г. Формат 60×84 1/16
Печать трафаретная. Усл. печ. л. 5,9. Тираж 50 экз. Заказ 122
Электронный адрес: nano-olimpiada@yandex.ru

Отпечатано в типографии ФГБОУВО «СПбГУПТД»
191028, Санкт-Петербург, ул. Моховая, 26