

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

**ИННОВАЦИОННЫЕ
НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ НАУКИ
О ПОЛИМЕРНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ
И КОМПОЗИЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛАХ**

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ
II Международной научной конференции

Санкт-Петербург
2021

УДК 678:001.895(063)

ББК 35.71:30.36я43

И66

И66

Инновационные направления развития науки о полимерных волокнистых и композиционных материалах: тез. докл. 2-ой междунаро. науч. конф. / С.-Петерб. гос. ун-т промышленных технологий и дизайна. – СПб.: ФГБОУВО «СПбГУПТД», 2021. – 121 с.

ISBN 978-5-7937-2041-10

Международная научная конференция с 22.11.2021 г. по 24.11.2021 г.

Оргкомитет:

Макаров А. Г. - д-р техн. наук, профессор, председатель

Вагнер В. И. - канд. техн. наук, доцент, куратор конференции

Жукова Л. Т. - д-р техн. наук, профессор

Иванов К. Г. - д-р физико-мат. наук, профессор

Иванов О. М. - д-р техн. наук, профессор

Иванова С. Ю. - канд. техн. наук, доцент

Киселев А. М. - д-р техн. наук, профессор

Максимов В. В. - д-р техн. наук, профессор

Переборова Н. В. - канд. техн. наук, доцент

Рожков Н. Н. - д-р техн. наук, профессор

Сашина Е. С. - д-р хим. наук, профессор

УДК 678:001.895(063)

ББК 35.71:30.36я43

ISBN 978-5-7937-2041-10

©ФГБОУВО СПбГУПТД, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

<i>В.В. Лапшин, Н.А. Смирнова, В.В. Замышляева</i> ИННОВАЦИОННЫЙ МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	9
<i>А.Г. Макаров</i> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕЛАКСАЦИОННО-ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	10
<i>В.И. Вагнер, А.А. Козлов</i> СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ АРАМИДНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	13
<i>С.В. Киселев</i> ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА ТОЧНОСТЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	16
<i>С.В. Киселев</i> СПЕКТРАЛЬНАЯ КАРТИНА РЕЛАКСАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	19
<i>А.А. Козлов</i> СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ	22
<i>А.А. Козлов, М.А. Егорова, И.М. Егоров</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЗУЧЕСТИ СИНТЕТИЧЕСКИХ ШВЕЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЗАЩИТНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	24
<i>Д.Х. Парпиев, Н.Х. Парпиева, П.Д. Ласточкин</i> ПРИДАНИЕ ОДИНАКОВОГО НАТЯЖЕНИЯ НИТЕЙ	27
<i>В.А. Липин, И.А. Федоскин, Е.Ю. Демьянцева, М.Н. Тараченкова, Е.И. Шитова</i> ТЕХНОЛОГИЯ ОТБЕЛКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛИПАЗЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ	28
<i>А.А. Абдумажидов, А.А. Миратаев, Б.Б. Каримов</i> ВОПРОСЫ ОЧИСТКИ МАКУЛАТУРЫ С ПОСЛЕДУЮЩИМ БЕЛЕНИЕМ	29
<i>А.А. Абдумажидов, И.А. Набиева, Ф.С. Хусанов, А.А. Миратаев</i> ПРОБЛЕМЫ ОЧИСТКИ ХИМИЧЕСКОЙ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ МАКУЛАТУРЫ	30
<i>И. М. Егоров, С. В. Киселев</i> СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПОЛЗУЧЕСТИ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ И ПОЛИВИНИЛИДЕНФТОРИДНЫХ НИТЕЙ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ	31
<i>З.Ш. Исламова, Ш.Д. Куйчибаев, И.А. Набиева, Н.С. Амирова.</i> КРАШЕНИЕ ШЕРСТЯНОГО ВОЛОКНА ПРИРОДНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ	33
<i>Н.С. Климова, Н.В. Переборова</i> ЦИФРОВОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	35

<i>Н.В. Переборова</i> КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА РЕЛАКСАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	38
<i>З.Ш. Исламова</i> КРАШЕНИЕ МАРЕНОЙ	43
<i>З.Ш. Исламова, З.У. Саидмуродова, И.А. Набиева, А.А. Миратаев</i> ОБЕСЦВЕЧИВАНИЕ ГРУБОГО ШЕРСТЯНОГО ВОЛОКНА.	44
<i>Ш.Ш. Худойбердиев, И.А. Набиева, К.М. Расулова, М.Т. Алимова</i> ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПЕЧАТИ	45
<i>И.А. Набиева, Д.А. Алимова, Р.К. Ахмадов</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ ОДНОЛЕТНИХ РАСТЕНИЙ	46
<i>Е.А. Буряк, А.А. Козлов</i> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОМПОНЕНТ ДЕФОРМАЦИИ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	47
<i>Ф.С. Усаманова, С.А. Аъзамжонова, Н.Д. Набиев</i> ПРИДАНИЕ ВОДОТТАЛКИВАЮЩИХ СВОЙСТВ ДЛЯ ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ТКАНИ	50
<i>В.Д. Хамидова</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБОВ ОБЕСКЛЕИВАНИЯ НАТУРАЛЬНОГО ШЕЛКА	51
<i>М.Ш. Хасанова, И.А. Набиева</i> КРАШЕНИЕ ТКАНЕЙ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО ВОЛОКНА НИТРОН	52
<i>С.Х. Хасанова, Ш.Х. Шаманов</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КРАШЕНИЯ СМЕСЕВОЙ ТКАНИ НА ОСНОВЕ ШЕЛКА И НИТРОНА	53
<i>М.С. Суннатуллаева, Ж.Ж. Эргашова, Н.Д. Набиев</i> РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОГНЕСТОЙКОЙ ОТДЕЛКИ ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ТКАНИ	54
<i>Т.Б. Кольцова, Е.С. Цобкалло О.А. Москалюк</i> СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ПРОЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ШЕРСТЯНЫХ ВОЛОКОН	55
<i>Б.Р. Таусарова, Г.Ж. Джаманбаева</i> РАЗРАБОТКА ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ОГНЕЗАЩИТНЫМИ И АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ	56
<i>Б.Р. Таусарова, М.Е. Садыкова</i> МОДИФИКАЦИЯ ЛЬНЯНЫХ МАТЕРИАЛОВ НАНОЧАСТИЦАМИ ДИОКСИДА ТИТАНА ДЛЯ ПРИДАНИЯ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ СВОЙСТВ	57

<i>Л.Г. Махотина, А.Г. Кузнецов, В.Н. Сунайт, В.Н. Селезнев</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ВЫСОКОГО ВЫХОДА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С БАРЬЕРНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ НА ОСНОВЕ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ ПОЛИМЕРОВ	58
<i>М.М. Агзамов, А.А. Султонов, М.Б. Рахматов, М.М. Агзамов, Х.М. Носиров</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МЕЖДУ ПИЛЬНЫХ ПРОКЛАДОК В ПИЛЬНЫХ ЦИЛИНДРАХ ДЖИНОВ	60
<i>М.М. Агзамов, А.А. Султонов, М.Б. Рахматов, М.М. Агзамов, Х.М. Носиров</i> ВЛИЯНИЕ СУШКИ ХЛОПКА НА КАЧЕСТВО СМЕШАННЫХ НИТЕЙ И ЦЕЛЛЮЛОЗЫ	61
<i>Д.В. Вольнова, Е.С. Цобкалло, Г.П. Мещерякова</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРОГОВОГО ЗНАЧЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ УГЛЕРОДНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ В ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ВОЛОКНАХ	62
<i>М.М. Зубайдуллаева, А.Ф. Рейимов, Д.Б. Садикова, Д.О. Абдусаматова</i> ПРИМЕНЕНИЕ КОЛЛАГЕНА ДЛЯ КРАШЕНИЯ ХЛОПКО- ПОЛИЭФИРНОЙ ТКАНИ	63
<i>Н.Р. Кадирова, Б.Ш. Ибодуллаев, Н.Д. Набиев, М.Ш. Хакимова</i> УПАКОВОЧНАЯ БУМАГА ИЗ ЛИНТА, МАКУЛАТУРЫ И ОТХОДОВ КОЖИ	64
<i>С.О. Ходжаева, А.С. Рафиков, А.Т. Ибрагимов, С.Х. Каримов</i> ПОЛУЧЕНИЕ И ТЕРМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРИВИТЫХ СОПОЛИМЕРОВ КАУЧУКА С АКРИЛОВЫМ МОНОМЕРОМ	65
<i>М.Г. Игнатова, Е.О. Котелкова Е.А. Большунова, Л.В. Гайдукова, С.М. Рами</i> ВЫЯВЛЕНИЕ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ ЭЛАСТОМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РАЙОНОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА И АРКТИКИ С ПОМОЩЬЮ ПАТЕНТНОЙ АНАЛИТИКИ	66
<i>Ю.В. Харанудько, Ю.А. Тимошина, Э.Ф. Вознесенский</i> ВЛИЯНИЕ ПЛАЗМЕННОЙ МОДИФИКАЦИИ НА ТЕРМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ	68
<i>И.А. Набиева, М.Б. Ирматова, А.А. Миратаев, Г.С. Шербаева</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕЧАТАНИЯ СМЕСОВОЙ ТКАНИ НА ОСНОВЕ ХЛОПКОВЫХ И ПОЛИЭФИРНЫХ ВОЛОКОН	69
<i>Н.З. Сайдалиева, Д.Б. Худайбердиева</i> ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНОЙ МОДИФИКАЦИИ НА СВОЙСТВА ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ТКАНИ	70
<i>Д.Б. Худайбердиева, К.Ж. Жуманиязов, С.А. Мамаджанова</i> РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ ХЛОПКО-ШЕЛКОВЫХ СМЕСЕВЫХ ПРЯЖ НА ОСНОВЕ ХЛОПКОВОГО ВОЛОКНА СОРТА ПОРЛОК-2	71
<i>Ю.Ю. Вилачева, В.В. Марценюк, О.В. Асташкина</i> ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВ УГЛЕРОДНЫХ ТКАНЕЙ И НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ, СОДЕРЖАЩИХ ФТОРОПЛАСТОВУЮ МАТРИЦУ	72

<i>Ю.Ю. Вилачева, В.В. Марценюк</i> УСАДКА ПОЛИВИНИЛСПИРТОВЫХ ПЛЕНОК И КОМПОЗИТОВ НА ИХ ОСНОВЕ, НАПОЛНЕННЫХ ТЕХНИЧЕСКИМ УГЛЕРОДОМ	73
<i>Н.А. Грозова, В.В. Марценюк, А.А. Лысенко</i> ИССЛЕДОВАНИЕ УСАДКИ УГЛЕРОДНЫХ ТКАНЫХ И НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ФТОРОПЛАСТОВЫМ ПОКРЫТИЕМ	74
<i>Н.А. Кротков, В.В. Марценюк</i> ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ ПРЕССОВАНИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИТОВ С ФТОРОПЛАСТОМ	75
<i>В.В. Марценюк, Д.В. Пяташева</i> КАТАЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ КОМПОЗИТНЫХ ПЛЁНОК С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ДИСПЕРСИЯМИ	76
<i>А.В. Пименова, В.В. Марценюк, О.В. Асташкина</i> ТОКОПРОВОДЯЩИЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ С ФТОРОПЛАСТОВОЙ МАТРИЦЕЙ	77
<i>А.В. Пименова, В.В. Марценюк</i> ФТОРОПЛАСТОВЫЕ ПЛЕНКИ, НАПОЛНЕННЫЕ УГЛЕРОДНЫМИ ДИСПЕРСИЯМИ	78
<i>Д.В. Пяташева, В.В. Марценюк, А.А. Лысенко</i> ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СУСПЕНЗИЙ ФТОРОПЛАСТА	79
<i>С.А. Горбачев, В.В. Зув</i> МЕЗОМОРФНЫЕ СВОЙСТВА ЦИАНОБИФЕНИЛЬНЫХ ОЛИГОМЕРОВ С ЦЕНТРАЛЬНЫМ ЗВЕНОМ, СОДЕРЖАЩИМ УРЕТАНОВУЮ ГРУППУ	80
<i>О.А. Москалюк, А.А. Коптилова</i> ОЦЕНКА ВЯЗКОУПРУГИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ВОЛОКОН В ПЕРСПЕКТИВЕ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	81
<i>Е.П. Ширишова, А.Д. Мальцева, А.А. Лысенко, О.В. Асташкина</i> О ХЕМОСТОЙКОСТИ УГЛЕВОЛОКНИСТЫХ ПЛАСТИКОВ	82
<i>А.Е. Карноухов, Ю.А. Тимошина, Э.Ф. Вознесенский</i> МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫЕ ПЛЕНКИ И ТКАНИ С ЭКРАНИРУЮЩИМИ СВОЙСТВАМИ	83
<i>К.Н. Каримов, Э.Ф. Вознесенский, Ю.А. Тимошина</i> СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ МЕТАЛЛИЗАЦИИ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ	84
<i>Д.А. Каширский, Е.С. Сашина</i> СИНТЕЗ СОЛЬВАТОХРОМНОГО КРАСИТЕЛЯ	85
<i>И.Е. Котова, Е.С. Сашина</i> ТЕРМОХРОМНЫЕ КРАСИТЕЛИ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ТЕКСТИЛЯ	86
<i>О.И. Яковлева, Е.С. Сашина</i> ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ МЕТАЛЛСОДЕРЖАЩИЙ КОМПОЗИТНЫЙ МАТЕРИАЛ ИЗ ОТХОДОВ НАТУРАЛЬНОГО ШЕЛКА	87

<i>А.О. Кузнецова, Н.В. Скобова, Н.Н. Ясинская</i> СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ТЕХНОЛОГИИ КРАШЕНИЯ НАТУРАЛЬНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ	88
<i>Н.Х. Хачатрян</i> НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИМЕНИМОСТИ И ЗНАЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ГРАФЕН	89
<i>И.А. Прохорова, М. Бккар</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СВЯЗУЮЩИХ ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ АРМИРУЮЩЕГО ТЕКСИЛЯ	91
<i>А.П. Михайловская, М.С. Калугина, А.С. Грищук, И.В. Елохин</i> ПОВЫШЕНИЕ БИОСТОЙКОСТИ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ	92
<i>Р.Ф. Витковская., А.Д. Геворгян., С.В. Петров</i> БАЗАЛЬТОВЫЕ ОКСИДНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ	93
<i>С.О. Тальвинский, Н.С. Лукичева, А.Ю. Кузнецов</i> МНОГОСЛОЙНЫЕ ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ УГЛЕРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	94
<i>Д.Д. Абрамова, Н.С. Лукичева</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ФИЛЬТРУЮЩИХ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ	95
<i>Д.Д. Абрамова, Н.С. Лукичева, О.И. Гладунова</i> ВТОРИЧНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	96
<i>Е.В. Кудрявцева, А.А. Буринская</i> ПОЛУЧЕНИЕ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОЧАСТИЦ НА ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛАХ	97
<i>Т.Ю. Анущенко, В.А. Жуковский, В.А. Хохлова</i> ПРИМЕНЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ ПРИ МОДИФИКАЦИИ ПОЛИМЕРНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ	98
<i>А.В. Шибанова, Е.С. Цобкалло</i> СОЗДАНИЕ НОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЗАДАННЫМ КОМПЛЕКСОМ СВОЙСТВ	99
<i>А.С. Николаева, Е.С. Цобкалло, А.В. Труевцев</i> ВЛИЯНИЕ ЗАЖИМНОЙ ДЛИНЫ НА РАЗРЫВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРЯЖИ, СОДЕРЖАЩЕЙ ВОЛОКНО НИТРОН	100
<i>Д.А. Петрова</i> ТОПЛИВНЫЕ БРИКЕТЫ НА ОСНОВЕ БУМАЖНЫХ ОТХОДОВ	101
<i>Д.А. Петрова</i> ОБ УПРОЧНЯЮЩЕМ ДЕЙСТВИИ ДИСПЕРСНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ	102
<i>В.В. Васильева, В.О. Забелихин</i> ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИЕ НИТИ СИСТЕМЫ «ОБОЛОЧКА-ЯДРО»	103

<i>Н.В. Дащенко</i> ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛА С ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ	105
<i>Е.Г. Григорьева</i> ВЫРАБОТКА ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН ИЗ ЛЬНОСОДЕРЖАЩЕЙ ПРЯЖИ	106
<i>Б.М. Примаченко, Н.В. Калик</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИПРОПИЛЕНОВОЙ ТКАНИ ДЛЯ АРМИРОВАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	107
<i>Б.М. Примаченко</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ТКАНЕЙ ИЗ ПЭТФ НИТЕЙ ДЛЯ АРМИРОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	108
<i>П.Э. Уваров, Е.Ю. Демьянцева</i> АНАЛИЗ АДСОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ КАТИОННЫХ ПАВ НА ВОЛОКНАХ СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ	109
<i>М.Ю. Литвинов, К.А. Ковалев, А.В. Подшивалов</i> РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОПРЯДЕНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОВОЛОКОН СТРУКТУРЫ ЯДРО-ОБОЛОЧКА СОСТАВА ХИТОЗАН-ЖЕЛАТИН	110
<i>А.Ф. Фасхутдинова, И.И. Морозова, Н.В. Тихонова</i> ПРИМЕНЕНИЕ ВЧЕ ПЛАЗМЕННОЙ МОДИФИКАЦИИ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ АДГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ В СОРБЦИОННО-ФИЛЬТРУЮЩЕМ МАТЕРИАЛЕ	111
<i>Т.Л. Платонова, В.Я. Энтин</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЛИНЕЙНОЙ СТРУКТУРНОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ НИТИ НА НАТЯЖЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ	112
<i>Переборова Н.В., Чалова Е.И., Бусыгин К.Н.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	113
<i>Москалюк О.А., Цобкалло Е.С., Григорьева Е.Г.</i> РАЗРАБОТКА НИТЕЙ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ, ДЛЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ФУНКЦИЕЙ ПОДОГРЕВА	116
<i>Егорова М.А., Егоров И.М., Козлов А.А.</i> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	117

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

В.В. Лапшин, Н.А. Смирнова, В.В. Замышляева

Костромской государственной университет

ИННОВАЦИОННЫЙ МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Автоматизированный измерительный комплекс, созданный в Костромском государственном университете, позволил создать базу новых данных по комплексу характеристик свойств материалов, позволяющих совершенствовать проектирование производства одежды. На швейных предприятиях такие приборы отсутствуют, что значительно затрудняет оценку функциональных свойств материалов.

Разработка метода прогнозирования реализована на основе результатов экспериментальных исследований с использованием автоматизированного измерительного комплекса. В результате анализа методов прогнозирования установлено, что искусственные нейронные сети (ИНС) являются средством, позволяющим поддерживать актуальность прогноза с развитием технологии производства материалов для одежды. Для создания интеллектуальной системы прогнозирования разработан метод, реализованный специально разработанной и зарегистрированной компьютерной программой «Neuro-Prognosis» [1].

Система содержит функции накопления данных о показателях качества материалов, полученных при испытаниях, создания прямопоточной ИНС с произвольным числом слоев и нейронов в каждом из них, обучения ИНС с учителем по алгоритму обратного распространения ошибки, расчета и прогнозирования, представления и сохранения данных. В процессе обучения искусственной нейронной сети происходит уменьшение средней относительной ошибки обучения, что характеризует приближение аппроксимирующей поверхности к экспериментальным данным. Метод предусматривает постепенное увеличение размеров сети до достижения средней относительной ошибки обучения 3-5% и приемлемой ошибки прогнозирования. Проверка качества обучения и прогнозирования определяется ошибкой прогнозирования для материалов, не вошедших в обучающую выборку.

Прогнозирование функциональных свойств текстильных материалов по характеристикам их строения апробировано на материалах разных ассортиментных групп и дублированных системах материалов [2–3]. Свойства последних не представляется возможным оценить существующими расчетными методами.

Интеллектуальная система на базе ИНС дает возможность прогнозирования функциональных свойств текстильных материалов и позволяет реализовывать научно обоснованное конфекционирование без экспериментальных исследований.

Список литературы

1. Лапшин В.В., Козловский Д.А., Ершов В.Н., Смирнова Н.А., Замышляева В.В. Свидетельство государственной регистрации программы для ЭВМ №2018619528

«Neuro-Prognosis» правообладатель ФГБОУ ВО «Костромской государственной
университет» №2018616521; заявл. 25.06.2018; дата регистрации 07.08.2018.

2. Замышляева В.В., Лапшин В.В., Смирнова Н.А., Ершов В.Н. Применение
информационных технологий для прогнозирования эксплуатационных свойств
дублированных пакетов одежды из льняных тканей // Известия высших учебных
заведений. Технология текстильной промышленности. 2019. №3. С. 133–138.

3. Лапшин В.В., Смирнова Н.А., Замышляева В.В., Грузинцева Н.А. Инновационный
метод оценки технологичности льняных тканей // Известия высших учебных заведений.
Технология текстильной промышленности. 2021. №3 (391). С. 37–40.

А.Г. Макаров

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и
дизайна

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕЛАКСАЦИОННО-ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Традиционно прогнозирование релаксационно-деформационных процессов
полимерных текстильных материалов сталкивается с определенными объективными
трудностями, вызванными неоднородностью реологической структуры указанных
материалов.

Широкое применение полимерных текстильных материалов в различных
отраслях техники - от товаров бытового назначения до обшивки космических ракет и
глубоководных аппаратов - диктует необходимость разработки современных методов
прогнозирования повышенной точности их физико-механических процессов, включая
различные деформационно-релаксационные процессы [1].

Разработка новых методов прогнозирования физико-механических свойств
полимерных текстильных материалов обосновывается необходимостью проектирования
новых инновационных изделий на основе указанных материалов, обладающих
требуемой функциональностью и повышенной конкурентоспособностью [2].

Основной целью прогнозирования релаксационно-деформационных процессов
полимерных текстильных материалов является определение их функциональности.
Поэтому, чем точнее будет прогноз, тем более достоверной будет информация о
функциональных свойствах указанных материалов [3].

Прогнозирование релаксационно-деформационных процессов полимерных
текстильных материалов традиционно проводится на основе классических
определяющих интегральных соотношений типа Больцмана-Вольтерра нелинейно-
наследственного типа с различными интегральными ядрами [4].

При этом основными объективными трудностями, встречающимися при таком
прогнозировании, является то, что интегральные ядра идеально подходящие для
прогнозирования релаксационно-деформационных процессов полимерных текстильных
материалов одной макроструктуры и некоторого компонентного состава, совсем не
подходят для прогнозирования релаксационно-деформационных процессов полимерных
текстильных материалов другой макроструктуры или другого компонентного состава
[5].

Поэтому критерием достоверности и точности указанного прогнозирования
релаксационно-деформационных процессов является, в основном, выборочный
эксперимент [6].

Определяющее уравнение Больцмана-Вольтерра для прогнозирования релаксационного процесса, представляющего собой временной процесс изменения напряжения в полимерном текстильном материале, вследствие приложенной к материалу деформации, имеет вид [7]

$$\sigma_t = E_0 \cdot \varepsilon_t - (E_0 - E_\infty) \cdot \int_0^t \varepsilon_{t-s} \cdot \frac{\partial \varphi_{\varepsilon s}}{\partial s} \cdot ds, \quad (1)$$

где

ε_t - деформация, меняющаяся во времени t ,

σ_t - напряжение, меняющееся во времени t ,

E_0 - модуль упругости,

E_∞ - модуль вязкоупругости,

$\varphi_{\varepsilon t} \in (0;1)$ - релаксационная функция, составляющая основу интегрального ядра

релаксации $\frac{\partial \varphi_{\varepsilon t}}{\partial t}$.

Аналогично, определяющее уравнение Больцмана-Вольтерра для прогнозирования процесса ползучести, представляющего собой временной процесс изменения деформации полимерного материала, вследствие приложенного к материалу напряжения, имеет вид [8]

$$\varepsilon_t = \frac{1}{E_0} \cdot \sigma_t + \left(\frac{1}{E_\infty} - \frac{1}{E_0} \right) \cdot \int_0^t \sigma_{t-s} \cdot \frac{\partial \varphi_{\sigma s}}{\partial s} \cdot ds \quad (2)$$

где

$\varphi_{\sigma t} \in (0;1)$ - функция запаздывания (ползучести), составляющая основу

интегрального ядра запаздывания $\frac{\partial \varphi_{\sigma t}}{\partial t}$.

Развиваемое авторами научное направление по математическому моделированию, системному анализу и расчетному прогнозированию деформационно-релаксационных функциональных свойств полимерных материалов предполагает использование в качестве релаксационных функций и функций запаздывания одну из следующих нормированных функций [9-12]

$$\varphi_t = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^{a^{-1} \cdot \ln(t/\tau)} e^{-z^2/2} dz - \quad (3)$$

ИВ (интеграл вероятностей, характеризующий нормальное распределение);

$$\varphi_t = \frac{1}{2} \left(1 + th \left(\frac{A}{2} \ln \frac{t}{\tau} \right) \right) = \left(1 + \left(\frac{t}{\tau} \right)^{-A} \right)^{-1} - \quad (4)$$

ГТ (гиперболический тангенс);

$$\varphi_t = 1 - e^{-(t/\tau)^k} - \quad (5)$$

ФК (функция Кольрауша, не обладающую центрально-симметричным графиком, в отличие от ИВ и ГТ, но имеющую относительно простой вид);

$$\varphi_t = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \arctg \left(\frac{1}{b} \ln \frac{t}{\tau} \right) - \quad (6)$$

НАЛ (нормированный арктангенс логарифма, характеризующий вероятностное распределение Коши).

Здесь:

a , A , k , b – параметры интенсивности релаксационных процессов или процессов ползучести,

t/τ – приведенное время.

Наличие нескольких различных видов релаксационных функций и функций запаздывания оправдано, так как позволяет получать результаты прогнозирования деформационных процессов, независимые друг от друга.

Прогнозируемые деформационные характеристики, получаемые усреднением характеристик, определенных с использованием разных математических моделей, обладают более высокой степенью достоверности, чем характеристики, определенные с использованием одной математической модели [13-15].

Работа финансировалась в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки РФ, Проект № FSEZ-2020-0005.

Список литературы

1. Pereborova N.V., Makarov A.G., Kozlov A.A., Vasil'eva E.K. Development of Integral Optimality Criteria for Mathematical Modeling of Relaxation/Recovery Processes in Polymer Textile Materials//Fibrie Chemistry, 2018, vol. 50, № 4, p. 306-309. DOI 10.1007/s10692-019-09981-8
2. Pereborova N.V., Makarov A.G., Egorova M.A., Kozlov A.A. Mathematical Modeling and Comparative Analysis of Deformation/Recovery Properties and Shrinkage of Aramid Textile Materials//Fibre Chemistry, 2019, Vol. 50, № 5, p. 468-472. DOI 10.1007/s10692-019-10010-x
3. Pereborova N.V., Makarov A.G., Egorova M.A., Klimova N.S.. Improving the Competitiveness of Aramid Textile Materials Based on Mathematical Modeling and Analysis of Their Performance Properties//Fibre Chemistry, 2019, Vol. 50, № 6, p. 569-572. DOI 10.1007/s10692-019-10030-7
4. Pereborova, N.V., Makarov, A.G., Egorova, M.A., Klimova, N.S. Methods of increasing the competitiveness of domestic aramid textile materials based on complex analysis of their functional properties//Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti, 2018-January (6), pp. 267-272. eid=2-s2.0-85072335464
5. Pereborova, N.V., Demidov, A.V., Makarov, A.G., Klimova, N.S., Vasileva, E.K. Methods of mathematical modeling and qualitative analysis of relaxation-deformation processes of aramide textile materials//Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti, 2018-January (2), pp. 251-255. eid=2-s2.0-85056451197
6. Demidov, A.V., Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A. Forecasting of deformation-relaxation properties of poly amide fabric used to make the canopy Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti, 2017-January (1), pp. 250-258. eid=2-s2.0-85033239149
7. Demidov, A.V., Makarov, A.G., Stalevich, A.M. A version of modeling of nonlinear-hereditary viscoelasticity of polymer materials Mechanics of Solids, 44 (1), pp. 122-130. DOI: 10.3103/S0025654409010130
8. Demidov, A.V., Makarov, A.G., Stalevich, A.M. Definition of the computer forecasting trends of deformation properties of textile stuffs Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii,

- Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti, (2), pp. 14-17. eid=2-s2.0-38849203122
9. Demidov, A.V., Makarov, A.G., Stalevich, A.M. System analysis of viscoelasticity of textile stuffs//Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti, (3), pp. 11-14. eid=2-s2.0-34648822922
10. Demidov, A.V., Makarov, A.G., Stalevich, A.M., Petrova, L.N., Chelishev, A.M. Research of changes of deformation properties of polyester threads depending on twist amount//Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti, (4), pp. 9-13. eid=2-s2.0-33845499474
11. Demidov, A.V., Makarov, A.G., Stalevich, A.M. Methods of computer analysis of viscoelasticity of technical materials//Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti, (3), pp. 13-17. eid=2-s2.0-37849188658
12. Demidov, A.V., Makarov, A.G., Stalevich, A.M. Definition of the mechanical characteristics of textile stuffs at variable temperature Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti, (6), pp. 15-18. eid=2-s2.0-34250009041
13. Demidov, A.V., Makarov, A.G., Stalevich, A.M. Predicting the nonlinear hereditary viscoelasticity of polymers//Journal of Applied Mechanics and Technical Physics, 48 (6), pp. 897-904. DOI: 10.1007/s10808-007-0114-8
14. Pereborova N.V., Makarov A.G., Shvankin A. M., Egorova M. A., Abramova I. V. Modeling and Qualitative Analysis of Creep Processes of Geotextile Nonwovens -A Foundation for Enhancing their Competitiveness// Fibre Chemistry, 2020, Vol. 51, No. 5, p. 397-400. DOI 10.1007/s10692-020-10119-4
15. Pereborova N.V., Makarov A.G., Shvankin A. M., Egorova M. A., Korobovtseva A. A.. Predicting Creep and Deformation and Recovery Processes of Geotextile Nonwovens Fibre Chemistry, 2020, Vol. 51, No. 5, p. 401-403. DOI 10.1007/s10692-020-10120-x

В.И. Вагнер, А.А. Козлов

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ АРАМИДНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Арамидные текстильные материалы находят широкое применение в различных областях техники [1]. Указанные материалы, обладающие большой термостойкостью и прочностью, относятся к классу вязкоупругих твердых тел [2]. Большая деформационная жесткость и огнестойкость арамидных материалов выгодно отличает их от полимеров других групп. Особый интерес представляет изучение деформационных свойств указанных материалов в области действия неразрушающих нагрузок, близких к условиям их эксплуатации [3]. Применение арамидных нитей в составе таких текстильных объектов, как бронежилеты, веревки в устройствах, обеспечивающих спасение людей из высотных зданий при пожаре, горноспасательное оборудование, пожарозащитное оборудование и др., накладывает особую ответственность и требовательность к качеству при проведении исследований их деформационных свойств [4]. Такие исследования возможны на основе математического моделирования вязкоупругости, включающего в себя построение соответствующих моделей. Актуальными задачами являются: прогнозирование процессов деформирования и

восстановления, исследования на прочность и усадку, изучение релаксации и ползучести [5].

Разработка численных методик прогнозирования деформационных процессов арамидных материалов позволяет решать задачи по системному анализу их свойств, исследовать взаимосвязи механических свойств со структурой, проводить целенаправленное технологическое регулирование свойств при разработке и производстве новых материалов, прогнозировать кратковременные и длительные механические воздействия [6].

Для сравнительного анализа и прогнозирования деформационных свойств арамидных текстильных материалов необходима разработка адекватной математической модели на основе физически обоснованного аналитического описания вязкоупругости. Особую ценность имеет решение задачи прогнозирования деформационных процессов для таких материалов, когда помимо сопоставления их механических свойств, приходится учитывать условия их эксплуатации [7].

В основе исследования механических свойств и прогнозирования деформационных процессов арамидных текстильных материалов лежит математическое моделирование вязкоупругости на основе данных краткосрочного эксперимента на простую релаксацию или простую ползучесть [8].

Математическое моделирование вязкоупругости арамидных текстильных материалов проводилось на основе нормированной функции арктангенс логарифма приведенного времени (НАЛ), которая положительно себя зарекомендовала при моделировании вязкоупругости текстильных материалов сложной макроструктуры [9]. Она имеет вид:

$$\varphi_{\varepsilon t} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \operatorname{arctg} \left(\frac{1}{b_{n\varepsilon}} \cdot \ln \frac{t}{\tau_{\varepsilon}} \right) - \quad (1)$$

для процесса релаксации и

$$\varphi_{\sigma t} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \operatorname{arctg} \left(\frac{1}{b_{n\sigma}} \cdot \ln \frac{t}{\tau_{\sigma}} \right) - \quad (2)$$

для процесса ползучести.

Обоснованность выбора функции НАЛ заключается в том, что она характеризует вероятностное распределение Коши, обладающее тем важным свойством, что распределение суммы случайных величин, подчиняющихся закону Коши, также подчинено этому закону [10]. Текстильные же объекты сложной макроструктуры типа тканей и шнуров можно считать условно состоящими из "суммы" объектов простой макроструктуры - нитей, моделирования релаксации и ползучести которых проводится также на основе функции НАЛ [11].

С учетом сказанного, математические модели релаксации (3) и ползучести (4) имеют вид:

$$E_{\varepsilon t} = E_0 - (E_0 - E_{\infty}) \cdot \varphi_{\varepsilon t}, \quad (3)$$

$$D_{\sigma t} = D_0 + (D_{\infty} - D_0) \cdot \varphi_{\sigma t}, \quad (4)$$

где

t - время,

$1/b_{n\varepsilon}$ - параметр интенсивности процесса релаксации,

$1/b_{n\sigma}$ - параметр интенсивности процесса ползучести,

τ_ε - время релаксации (время, за которое "отрелаксирует" половина всех "релаксирующих" частиц при величине деформации ε),
 τ_σ - время запаздывания (время, за которое осуществится половина конформационных переходов "запаздывающих" частиц при величине напряжения σ),
 $E_{\varepsilon t} = \sigma/\varepsilon$ - модуль релаксации,
 E_0 - модуль упругости,
 E_∞ - модуль вязкоупругости,
 $D_{\sigma t} = \varepsilon/\sigma$ - податливость,
 D_0 - начальная податливость,
 D_∞ - предельная равновесная податливость,
 ε - деформация,
 σ - напряжение.

Использование нормированной функции НАЛ в качестве основы математической модели вязкоупругости, позволяет с достаточной степенью точности моделировать деформационные свойства арамидных текстильных материалов.

Работа финансировалась в рамках выполнения государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ, Проект № FSEZ-2020-0005.

Список литературы

1. Pereborova, N.V., Demidov, A.V., Makarov, A.G., Klimova, N.S., Vasileva, E.K. Methods of mathematical modeling and qualitative analysis of relaxation-deformation processes of aramide textile materials. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2018, Vol. 374, No 2, pp. 251-255. eid=2-s2.0-85056451197
2. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Egorov, I.M. Quality analysis of deformation-relaxation properties of aramid cords mountain rescue appointments. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2017, Vol. 368, No 2, pp. 309-313. eid=2-s2.0-85035207042
3. Demidov, A.V., Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A. Forecasting of deformation-relaxation properties of poly amide fabric used to make the canopy. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2017, Vol. 367, No 1, pp. 250-258. eid=2-s2.0-85033239149
4. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Egorov, I.M. Mathematical modeling of deformation-relaxation processes polymeric materials in conditions of variable temperatures. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2017, Vol. 370, No 4, pp. 287-292. eid=2-s2.0-85057142312
5. N. V. Pereborova. Application of criteria for qualitative evaluation of relaxation properties of polymeric textile materials for evaluation of their functionality. *Vestnik of Saint Petersburg State University of Technologies and Design. Series 4. Industrial Technologies*, 2020, No 1, pp. 101-110. DOI 10.46418/2619-0729_2020_1_13
6. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Wagner, M.A. Ways of modeling deformation and relaxation properties of textile materials with a complex structure. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2014, Vol. 351, No 3, pp. 110-115. eid=2-s2.0-84937410003
7. A. G. Makarov, K. N. Busygin. System analysis of functional properties of special application aramid materials. *Vestnik of Saint Petersburg State University of Technologies and Design. Series 4. Industrial Technologies*, 2020, No 2, pp. 84-94. DOI: 10.46418/2619-0729_2020_2_10

8. Makarov, A.G. Determining the analytical correlation between the standardized nuclei of relaxation and creep in textile materials. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2002, Vol. 266, No 2, pp. 13-17. eid=2-s2.0-0036931214
9. Pereborova N.V., Demidov A.V., Makarov A.G., Klimova N.S. Modeling of Deformation-Relaxation Processes of Aramid Textile Materials – the Foundation for Analyzing Their Operational Properties. *Fibre Chemistry*, 2018, Vol. 50, No. 2, pp. 104-107. DOI 10.1007/s10692-018-9941-z
10. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Vagner, V.I., Egorova, M.A., Klimova, N.S. Spectral Analysis of Viscoelastic Creep of Geotextiles. *Fibre Chemistry*, 2018, Vol. 50, No 4, pp. 378-382. DOI 10.1007/s10692-019-09993-4
11. Makarov, A.G., Demidov, A.V., Pereborova, N.V., Egorova, M.A. Modeling and prediction of estimated relaxation and deformation properties of the polymer parachute line. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2015, Vol. 360, No 6, pp. 194-205. eid=2-s2.0-84976560627
45. Makarov A.G., Pereborova N.V., Buryak E.A., Kozlov A.A. Mathematical Modeling and Methods of Determination of Functional-Use Relaxation-Recovery Properties of Polymer Textile Materials // *Fibre Chemistry - 2020 - № 52 (3)*, pp. 135-140. DOI: 10.1007/s10692-020-10168-9
46. Pereborova N.V., Makarov A.G., Egorov I.M., Vagner V.I. Methods for Numerical Prediction of Relaxation and Reduction Properties of Polymer Textile Materials // *Fibre Chemistry - 2020 - № 52 (3)*, pp. 154-159. DOI: 10.1007/s10692-020-10171-0
47. Demidov A.V., Pereborova N.V., Makarov A.G., Kiselev S.V. System Analysis Methods of Relaxation and Recovery Properties of Polymer Textile Materials for Technical Purposes // *Fibre Chemistry - 2020 - № 52 (3)*, pp. 164-167. DOI: 10.1007/s10692-020-10173-y

С.В. Киселев

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА ТОЧНОСТЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Классические методы прогнозирования деформационных процессов полимерных текстильных материалов основаны на численном решении интегральных определяющих уравнений вязкоупругости полимеров типа Больцмана-Вольтерра, которые не учитывают поправки на необратимость пластической компоненты деформации и, в силу этого, могут приводить к значительным погрешностям прогноза. Для повышения точности прогнозирования деформационных процессов полимерных текстильных материалов предлагается введение физически обоснованной поправки на учет необратимости пластической компоненты деформации. Введение указанной поправки существенно повышает надежность и достоверность прогнозирования функционально-эксплуатационных свойств полимерных материалов [1].

Проблемой, понижающей точность прогнозирования деформационных процессов полимерных текстильных материалов на основе интегральных соотношений Больцмана-Вольтерра, является то, что они были разработаны применительно к процессам,

характеризующимися полной обратимостью, чего нельзя сказать про деформационные процессы полимерных текстильных материалов ввиду наличия у них пластической составляющей деформации, которая не является обратимой [2]. Поэтому для повышения надежности, достоверности и точности прогнозирования деформационных процессов факт наличия у полимерных текстильных материалов необратимой пластической компоненты деформации необходимо учитывать в первую очередь [3].

Основными деформационными процессами полимерных текстильных материалов, определяющими их функциональность, являются релаксационный процесс и процесс ползучести, прогнозирование которых можно осуществлять на основе определяющих интегральных уравнений типа Больцмана-Вольтерра, которые в случае релаксации имеет вид [4]:

$$\sigma_t = E_0 \cdot \varepsilon_t - (E_0 - E_\infty) \cdot \int_0^t \varepsilon_{t-s} \cdot \frac{\partial \varphi_{\varepsilon s}}{\partial s} \cdot ds, \quad (1)$$

где

ε_t - деформация, меняющаяся во времени t ,

σ_t - напряжение, меняющееся во времени t ,

E_0 - модуль упругости,

E_∞ - модуль вязкоупругости,

$\varphi_{\varepsilon t} \in (0;1)$ - релаксационная функция, составляющая основу интегрального

релаксационного ядра $\frac{\partial \varphi_{\varepsilon t}}{\partial t}$.

В случае прогнозирования деформационного процесса интегральное определяющее уравнение Больцмана-Вольтерра имеет вид [5]

$$\varepsilon_t = \frac{1}{E_0} \cdot \sigma_t + \left(\frac{1}{E_\infty} - \frac{1}{E_0} \right) \cdot \int_0^t \sigma_{t-s} \cdot \frac{\partial \varphi_{\sigma s}}{\partial s} \cdot ds \quad (2)$$

где

$\varphi_{\sigma t} \in (0;1)$ - функция запаздывания, составляющая основу интегрального

деформационного ядра $\frac{\partial \varphi_{\sigma t}}{\partial t}$.

Как было сказано выше, в силу наличия пластической компоненты деформации у полимерных текстильных материалов, прогнозирование их деформационных процессов только по уравнениям (1) и (2) не может являться достаточно точным и надежным [6].

При прогнозировании деформационных процессов полимерных текстильных материалов, там, где не требуется повышенная точность, исследователями может не учитываться пластическая компонента деформации, чтобы существенно не усложнять определяющие интегральные уравнения [7].

Однако, для повышения точности, достоверности и надежности прогнозирования деформационных процессов полимерных текстильных материалов учет поправок на необратимую компоненту деформации является необходимым.

Чтобы решить задачу прогнозирования деформационных процессов полимерных текстильных материалов с учетом поправки на необратимую часть деформации надо экспериментально определить коэффициент необратимости деформации. С этой целью можно провести эксперимент по повторному нагружению образца полимерного текстильного материала сразу после завершения деформационного процесса и восстановления материала при разгрузке [8].

Повторный деформационный процесс, проводимый после разгрузки образца полимерного текстильного материала и его восстановления, в совокупности с первичным деформационным процессом, можно охарактеризовать как сложный двухступенчатый деформационный процесс, представляющий собой суперпозицию двух процессов. По аналогии со сказанным, деформационные процессы могут быть и многоступенчатыми [9].

При деформационно-восстановительных процессах полимерных материалов значение конечной деформации не становится нулевым ($\varepsilon_{ост.} \neq 0$) именно из-за наличия необратимой компоненты пластической деформации, которую необходимо учитывать в определяющих интегральных уравнениях Больцмана-Вольтерра для наиболее достоверного и надежного прогнозирования этих процессов [10].

Коэффициент необратимости деформации μ подлежит экспериментальному определению, как отношение остаточной деформации $\varepsilon_{ост.}$ к экспериментально достигнутому значению полной деформации ε^* [11]

$$\mu = \frac{\varepsilon_{ост.}}{\varepsilon^*}. \quad (3)$$

Соответственно, коэффициент обратимости деформации η равен

$$\eta = 1 - \mu. \quad (4)$$

На основе (3) и (4) получаем формулу для величины остаточной (необратимой) деформации [12]

$$\varepsilon_{ост.} = (1 - \eta) \cdot \varepsilon^* \quad (5)$$

Работа финансировалась в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки РФ, Проект № FSEZ-2020-0005.

Список литературы

1. Pereborova N.V., Makarov A.G., Egorova M.A., Klimova N.S.. Improving the Competitiveness of Aramid Textile Materials Based on Mathematical Modeling and Analysis of Their Performance Properties//Fibre Chemistry, 2019, Vol. 50, № 6, p. 569-572. DOI 10.1007/s10692-019-10030-7
2. Pereborova, N.V., Makarov, A.G., Egorova, M.A., Klimova, N.S. Methods of increasing the competitiveness of domestic aramid textile materials based on complex analysis of their functional properties//Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti, 2018-January (6), pp. 267-272. eid =2-s2.0-85072335464
3. Pereborova N.V., Makarov A.G., Kozlov A.A., Vasil'eva E.K. Development of Integral Optimality Criteria for Mathematical Modeling of Relaxation/Recovery Processes in Polymer Textile Materials//Fibre Chemistry, 2018, vol. 50, № 4, p. 306-309. DOI 10.1007/s10692-019-09981-8
4. Makarov A.G., Pereborova N.V., Vagner V.I., Egorova M.A., Klimova N.S. Spectral Analysis of Viscoelastic Creep of Geotextiles//Fibre Chemistry, 2018, vol. 50, № 4, p. 378-382. DOI 10.1007/s10692-019-09993-4
5. Pereborova N.V., Makarov A.G., Egorova M.A., Kozlov A.A. Mathematical Modeling and Comparative Analysis of Deformation/Recovery Properties and Shrinkage of Aramid Textile Materials//Fibre Chemistry, 2019, Vol. 50, № 5, p. 468-472. DOI 10.1007/s10692-019-10010-x
6. Pereborova, N.V., Demidov, A.V., Makarov, A.G., Klimova, N.S., Vasileva, E.K. Methods of mathematical modeling and qualitative analysis of relaxation-deformation processes of aramide textile materials//Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya

- Tekstil'noi Promyshlennosti, 2018-January (2), pp. 251-255. eid=2-s2.0-85056451197
7. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Egorov, I.M. Quality analysis of deformation-relaxation properties of aramid cords mountain rescue appointments//Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti, 2017-January (2), pp. 309-313. eid=2-s2.0-85035207042
8. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Egorov, I.M. Mathematical modeling of deformation-relaxation processes polymeric materials in conditions of variable temperatures//Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti, 370 (4), pp. 287-292. eid=2-s2.0-85057142312
9. Makarov, A.G., Demidov, A.V., Pereborova, N.V., Egorova, M.A. Modeling and prediction of estimated relaxation and deformation properties of the polymer parachute line//Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti, 2015-January (6), pp. 194-205. eid=2-s2.0-84976560627
10. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Wagner, V.I., Vasileva, E.K. Development of methodology for the comparative analysis of deformation and relaxation properties of aramid yarns and textile materials based on them//Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti, 2015-January (5), pp. 48-58. eid=2-s2.0-84971636036
11. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Wagner, M.A. Ways of modeling deformation and relaxation properties of textile materials with a complex structure//Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti, 2014 (3), pp. 110-115. eid=2-s2.0-84937410003
12. Makarov, A.G. Determining the analytical correlation between the standardized nuclei of relaxation and creep in textile materials//Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti, (2), pp. 13-17. eid=2-s2.0-0036931214

С. В. Киселев

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

СПЕКТРАЛЬНАЯ КАРТИНА РЕЛАКСАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Времена релаксации полимерных текстильных материалов характеризуют времена перехода "релаксирующих" частиц макромолекул полимера из одного устойчивого энергетического состояния в другое. Характер таких переходов может быть различным. Он обусловлен, как реологией полимерного текстильного материала, так и величиной приложенной деформации или нагрузки. Его можно объяснить, с одной стороны, конформационными энергетическими переходами внутри макромолекул материала, когда меняется их форма при перестроении, а с другой стороны - происходят сдвиги макромолекул друг относительно друга или другие изменения, порожденные энергетическими изменениями.

Наиболее удовлетворительные результаты при рассмотрении релаксационных процессов полимерных текстильных материалов можно получить при применении физической модели Максвелла [1]. Применение модельных представлений для точного количественного описания релаксации при исследовании свойств полимеров встречает определенные затруднения [2]. Различное эксплуатационное поведение полимеров,

структурные изменения в процессе релаксации, зависящее от предыстории образца, температуры, продолжительности действия и величины приложенной деформации, затрудняют определение точных реологических характеристик процесса. Однако, целесообразность использования модельных представлений при качественном или приближенном количественном описании механических свойств не вызывает сомнений [3].

Одним из методов описания релаксационных процессов полимерных текстильных материалов является использование механических моделей. Рассматривая соотношения между различными релаксационными функциями, часто приходится иметь дело со спектром времен релаксации [4].

Достаточно точные приближения спектра релаксации можно найти по обработке экспериментального семейства кривых релаксации. Нахождение спектра релаксации означает фактически нахождение распределения времён релаксации, которые не могут быть определены экспериментально [5].

Для определения аналитической формы спектра релаксации полимерных текстильных материалов воспользуемся вариантом математической модели релаксационного процесса в виде [6]

$$\sigma_t = E_0 \varepsilon_t - \left(E_0 - E_\infty \right) \int_0^t \varepsilon_\theta \varphi'_{\varepsilon; t - \theta} d\theta, \quad (1)$$

где

ε_t - деформация, зависящая от времени t ,

σ_t - напряжение, зависящее от времени t ,

E_0 - модуль упругости,

E_∞ - модуль вязкоупругости,

$$\varphi_{\varepsilon t} = \frac{1}{2} \cdot \left(1 + th \left(\frac{A_\varepsilon}{2} \cdot \ln \left(\frac{t}{\tau_\varepsilon} \right) \right) \right) - \quad (2)$$

релаксационная нормированная функция - основа математической модели релаксации [7],

$$\varphi'_{\varepsilon t} = \frac{\partial \varphi_{\varepsilon t}}{\partial (\ln t)} = \frac{A_\varepsilon}{4} \cdot \frac{1}{ch^2 \left(W_{\varepsilon t} \right)} = \quad (3)$$

$$= \frac{A_\varepsilon}{4} \cdot \left(1 - th^2 \left(W_{\varepsilon t} \right) \right) = A_\varepsilon \cdot \varphi_{\varepsilon t} \cdot \left(1 - \varphi_{\varepsilon t} \right)$$

интегральное ядро релаксации,

$$W_{\varepsilon t} = \frac{A_\varepsilon}{2} \cdot \ln \frac{t}{\tau_\varepsilon} = \frac{A_\varepsilon}{2} \cdot \left(\ln \left(\frac{t}{t_I} \right) + \ln \left(\frac{t_I}{\tau_\varepsilon} \right) \right). \quad (4)$$

A_ε - параметр интенсивности процесса релаксации,

$$f_{\varepsilon, \tau_\varepsilon} = \ln \left(\frac{t}{\tau_\varepsilon} \right) - \quad (5)$$

логарифмическая функция времен релаксации [8].

Аналитическую форму спектра релаксации $\bar{H}_{\varepsilon\tau}$ можно найти по известной формуле [9]

$$\int_0^{\infty} \bar{H}_{\varepsilon\tau} \cdot e^{-tx} \cdot dx = \frac{d\varphi}{dt} = r_{\varepsilon t}, \quad (6)$$

путем последовательных приближений.

Формула (6) представляет собой преобразование Лапласа, в котором спектр релаксации $\bar{H}_{\varepsilon\tau}$ играет роль оригинала, а ядро релаксации $r_{\varepsilon t}$ - роль изображения в терминах операционного исчисления. Данная зависимость (6) получается на основе рассмотрения свойств обобщённой модели Максвелла [10].

Работа финансировалась в рамках выполнения государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ, Проект № FSEZ-2020-0005

Список литературы

1. Pereborova, N.V., Makarov, A.G., Shvankin, A. M., Egorova, M. A., Abramova, I. V. Modeling and Qualitative Analysis of Creep Processes of Geotextile Nonwovens -A Foundation for Enhancing their Competitiveness. *Fibre Chemistry*, 2020, Vol. 51, No. 5, pp. 397-400. DOI 10.1007/s10692-020-10119-4
2. Pereborova, N.V., Makarov, A.G., Shvankin, A. M., Egorova, M. A., Korobovtseva, A.A. Predicting Creep and Deformation and Recovery Processes of Geotextile Nonwovens. *Fibre Chemistry*, 2020, Vol. 51, No. 5, pp. 401-403. DOI 10.1007/s10692-020-10120-x
3. Pereborova, N.V., Makarov, A.G., Egorova, M.A., Egorov, I.M. Methods of Modeling and Computer-Aided Prediction of Relaxation of Medical-Purpose Textile Elastomers. *Fibre Chemistry*, 2020, Vol. 51, No. 6, pp. 467-470. DOI 10.1007/s10692-020-10136-3
4. Pereborova, N.V., Makarov, A.G., Egorova, M.A., Egorov, I.M. Methods modeling and Computer-Aided Prediction of Strain and Relaxation Processes of Medical-Purpose Textile Elastomers. *Fibre Chemistry*, 2020, Vol. 51, No. 6, pp. 471-474. DOI 10.1007/s10692-020-10137-2
5. Makarov A.G., Pereborova N.V., Kozlov A.A., Shvankin A.M. Computer-Assisted Prediction and Qualitative Analysis for Polymer Parachute Cords *Fibre Chemistry*, 2018, Vol. 50, No. 3, pp. 239-242. DOI 10.1007/s10692-018-9968-1
6. I. M. Egorov, A. G. Makarov, N. V. Pereborova, S. V. Kiselev. Development of methods of system analysis of viscoelastic-plastic properties of polymeric ropes of marine purpose. *Vestnik of Saint Petersburg State University of Technologies and Design. Series 4. Industrial Technologies*, 2020, No 1, pp. 65-74. DOI 10.46418/2619-0729_2020_1_8
7. Pereborova, N.V., Makarov, A.G., Egorova, M.A., Klimova, N.S. Improving the Competitiveness of Aramid Textile Materials Based on Mathematical Modeling and Analysis of Their Performance Properties. *Fibre Chemistry*, 2019, Vol. 50, No 6, pp. 569-572. DOI 10.1007/s10692-019-10030-7
8. Pereborova, N.V., Makarov, A.G., Egorova, M.A., Klimova, N.S. Methods of increasing the competitiveness of domestic aramid textile materials based on complex analysis of their functional properties. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2018, Vol. 378, No 6, pp. 267-272. eid=2-s2.0-85072335464
9. Pereborova, N.V., Demidov, A.V., Makarov, A.G., Klimova, N.S., Vasileva, E.K. Methods of mathematical modeling and qualitative analysis of relaxation-deformation processes of aramide textile materials. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2018, Vol. 374, No 2, pp. 251-255. eid=2-s2.0-85056451197

10. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Egorov, I.M. Quality analysis of deformation-relaxation properties of aramid cords mountain rescue appointments. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti, 2017, Vol. 368, No 2, pp. 309-313. eid=2-s2.0-85035207042

А. А. Козлов

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Полипропиленовые и поливинилиденфторидные нити находят широкое применение в медицине. В частности, они используются в хирургических имплантатах для реконструктивно-восстановительной хирургии. Имплантаты, изготовленные из указанных нитей применяются, например, для укрепления поврежденной брюшной стенки, подвергающейся действию внутрибрюшного давления. При этом, эти имплантаты в виде сетки из полимерных нитей размещаются на брюшной стенке [1].

Описанные имплантаты, применяемые для противодействия давлению, возникающему внутри определенных участков человеческого тела, являются изделиями контркомпрессионного назначения. В последнее время находят свое применение основываемые полимерные сетчатые эндопротезы, укрепляющие неполноценные ткани брюшной стенки [2].

Для выполнения своей функциональной задачи, сетчатые эндопротезы должны обладать соответствующими деформационными и прочностными свойствами.

Необходимым условием выполнения изделием своего функционального назначения является ограниченность растяжимости сеток, т.е. упругая составляющая деформации эндопротезов под действием внутрибрюшного давления должна быть умеренной [3-5].

Интерес к системному анализу деформационных свойств нитей медицинского назначения, а также сетчатых полотен из этих нитей, обусловлен тем, что результаты этого анализа проясняют влияние деформационных характеристик нитей на механические свойства указанных сетчатых полотен. На механические свойства сеток влияют: структурное расположение нитей в ячейках полотна, форма петель, вид распределения внешней нагрузки по элементам структуры и другие особенности трикотажных полотен [6-8].

Выяснение степени влияния деформационных характеристик нитей на механические свойства сеток позволит системно находить пути совершенствования качества эндопротезов, находить корреляцию свойств нитей и параметров структуры сеток.

Для изучения механических свойств эндопротезов были выбраны два вида основываемых трикотажных полотен из полипропиленовых и поливинилиденфторидных нитей [9-11].

При проведении системного анализа деформационных свойств изучаемых нитей и сеток необходимо учитывать, что на эндопротезы, закрепленные на стенке поврежденной брюшной полости, действует внутрибрюшное давление, имеющее характер гидростатического давления. Нагружение эндопротезов при этом подобно мембранному [12-14].

Для проведения системного анализа деформационных свойств эндопротезов, необходимо также провести определение механических характеристик, позволяющих рассчитать возникающие деформации в эндопротезах, при выполнении ими контркомпрессионной функции [15-17].

Основной результат сравнения деформационных свойств нитей и сеток состоит в том, что упругая деформация сетчатых полотен связана, главным образом, с обратимым проскальзыванием нитей в точках контакта, изменением формы элементарного звена сетки, вклад же растяжения нити мал. При этом коэффициенты упругости сетчатых полотен оказываются пропорциональными коэффициентам упругости нитей, что не позволяет полностью исключить влияние упругости нитей на упругость сетчатых полотен.

Работа финансировалась в рамках выполнения государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ, Проект № FSEZ-2020-0005

Список литературы

1. Makarov, A.G., Slutsker, G.Y., Gofman, I.V., Vasil'eva, V.V. Initial stage of stress relaxation in oriented polymers. *Physics of the Solid State*, 2016, Vol. 58, No 4, pp. 840-846. DOI: 10.1134/S1063783416040132
2. Makarov, A.G., Slutsker, G.Y., Drobotun, N.V. Creep and fracture kinetics of polymers. *Technical Physics*, 2015, Vol. 60, No 2, pp. 240-245. DOI: 10.1134/S1063784215020152
3. Slutsker G.Y., Zhukovskii V.A., Terushkina O.B., Drobotun N.V., Filipenko T.S., Edomina N.A., Makarov A.G. Elastic properties of polypropylene and polyvinylidene fluoride monofilaments and meshed endoprostheses based on them//*Fibre Chemistry*, 2013,44 (5), pp. 288-292. DOI: 10.1007/s10692-013-9448-6
4. Zhukovskii V.A., Makarov A.G., Rostovtseva N.G., Slutsker G.Ya., Stolyarov O.N., Terushkina O.B., Gridneva A.V. Deformation behavior of medical synthetic monofilaments//*Fibre Chemistry*, 2008, 40 (4), pp. 318-321. DOI: 10.1007/s10692-009-9069-2
5. Pereborova, N.V., Makarov, A.G., Egorova, M.A., Egorov, I.M. Methods of Modeling and Computer-Aided Prediction of Relaxation of Medical-Purpose Textile Elastomers. *Fibre Chemistry*, 2020, Vol. 51, No. 6, pp. 467-470. DOI 10.1007/s10692-020-10136-3
6. Pereborova, N.V., Makarov, A.G., Egorova, M.A., Egorov, I.M. Methods modeling and Computer-Aided Prediction of Strain and Relaxation Processes of Medical-Purpose Textile Elastomers. *Fibre Chemistry*, 2020, Vol. 51, No. 6, pp. 471-474. DOI 10.1007/s10692-020-10137-2
7. Pereborova N.V., Makarov A.G., Vasil'eva E.K., Shvankin A.M., Egorov I.M. Mathematical Modeling and Computed Prediction of Viscoelastic Creep in Geotextile Nonwoven Fabrics. *Fibre Chemistry*, 2019, Vol. 50, № 6, pp. 487-490. DOI 10.1007/s10692-019-10015-6
8. I. M. Egorov, A. G. Makarov, N. V. Pereborova, S. V. Kiselev. Development of methods of system analysis of viscoelastic-plastic properties of polymeric ropes of marine purpose. *Vestnik of Saint Petersburg State University of Technologies and Design. Series 4. Industrial Technologies*, 2020, No 1, pp. 65-74. DOI 10.46418/2619-0729_2020_1_8
9. Pereborova, N.V., Makarov, A.G., Egorova, M.A., Klimova, N.S. Improving the Competitiveness of Aramid Textile Materials Based on Mathematical Modeling and Analysis of Their Performance Properties. *Fibre Chemistry*, 2019, Vol. 50, No 6, pp. 569-572. DOI 10.1007/s10692-019-10030-7
10. Pereborova, N.V., Makarov, A.G., Egorova, M.A., Klimova, N.S. Methods of increasing the competitiveness of domestic aramid textile materials based on complex analysis of their

- functional properties. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2018, Vol. 378, No 6, pp. 267-272. eid=2-s2.0-85072335464
11. Pereborova, N.V., Demidov, A.V., Makarov, A.G., Klimova, N.S., Vasileva, E.K. Methods of mathematical modeling and qualitative analysis of relaxation-deformation processes of aramide textile materials. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2018, Vol. 374, No 2, pp. 251-255. eid=2-s2.0-85056451197
12. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Egorov, I.M. Quality analysis of deformation-relaxation properties of aramid cords mountain rescue appointments. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2017, Vol. 368, No 2, pp. 309-313. eid=2-s2.0-85035207042
13. Demidov, A.V., Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A. Forecasting of deformation-relaxation properties of poly amide fabric used to make the canopy. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2017, Vol. 367, No 1, pp. 250-258. eid=2-s2.0-85033239149
14. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Egorov, I.M. Mathematical modeling of deformation-relaxation processes polymeric materials in conditions of variable temperatures. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2017, Vol. 370, No 4, pp. 287-292. eid=2-s2.0-85057142312
15. Pereborova, N.V., Makarov, A.G., Shvankin, A. M., Egorova, M. A., Abramova, I. V. Modeling and Qualitative Analysis of Creep Processes of Geotextile Nonwovens -A Foundation for Enhancing their Competitiveness. *Fibre Chemistry*, 2020, Vol. 51, No. 5, pp. 397-400. DOI 10.1007/s10692-020-10119-4
16. Pereborova, N.V., Makarov, A.G., Shvankin, A. M., Egorova, M. A., Korobovtseva, A.A. Predicting Creep and Deformation and Recovery Processes of Geotextile Nonwovens. *Fibre Chemistry*, 2020, Vol. 51, No. 5, pp. 401-403. DOI 10.1007/s10692-020-10120-x
17. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Wagner, V.I. Modeling and forecasting viscoelastic properties of textile materials with a complex structure. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2014, Vol. 354, No 6, pp. 120-124. eid=2-s2.0-84937439497

А. А. Козлов, М.А. Егорова, И. М. Егоров

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЗУЧЕСТИ СИНТЕТИЧЕСКИХ ШВЕЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЗАЩИТНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Одним из примеров использования синтетических швейных материалов в индивидуальных средствах защиты является их применение в качестве внутренних слоёв защитных касок для охраны головы человека от травматизма, например, при строительных работах.

Применяемые при этом швейные материалы и конструкции из них должны обладать определёнными упругими и вязкоупругими свойствами. В связи с этим, актуальной задачей является получение прогноза на ползучесть синтетического швейного материала или конструкции из него при различных режимах силового воздействия [1].

Примерами таких режимов могут служить различного рода деформационно-

восстановительные процессы, как с полной разгрузкой, так и с частичной. К простейшему примеру режима нагружения можно отнести деформационный процесс с постоянной скоростью деформирования [2].

Экспериментально указанный процесс описывается с помощью диаграммы растяжения, которая может служить средством контроля за точностью прогнозирования других, более сложных режимов деформирования [3].

В основе методик определения характеристик ползучести синтетических швейных материалов лежит использование различных математических моделей, аппроксимирующих экспериментальные "семейства" ползучести посредством нормируемых функций. Рассмотрим один из вариантов такой методики [4].

Напряжённо-деформированное состояние синтетического швейного материала в области неразрушающих нагрузок описывается интегральным уравнением Больцмана-Вольтерра для процесса ползучести [5-7]

$$\varepsilon_t = D_o \sigma_t + \int_0^t \sigma_{t-s} D'_{\sigma s} ds, \quad (1)$$

где

$$D'_{\sigma s} = \frac{\partial D_{\sigma s}}{\partial s} - \text{ядро ползучести, отражающее сило-временную аналогию,}$$

σ_t - напряжение,

ε_t - деформация,

D_o - начальная податливость,

D_∞ - предельно-равновесная податливость,

t - время.

Податливость $D_{\sigma t}$ аппроксимируем с помощью нормированной функции $\phi_{\sigma t}$ [8-10]:

$$D_{\sigma t} = D_o + (D_\infty - D_o) \phi_{\sigma t}, \quad (2)$$

которую зададим в виде [11]

$$\phi_{\sigma t} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \arctg(W_{\sigma t}) = \Psi(W_{\sigma t}), \quad (3)$$

где

$$W_{\sigma t} = \frac{1}{b_{n\sigma}} \ln \frac{t}{\tau_\sigma} = \frac{1}{b_{n\sigma}} \left(\ln \left(\frac{t}{t_1} \right) + \ln \left(\frac{t_1}{\tau_\sigma} \right) \right) - \quad (4)$$

структурно-сило-временной аргумент-функционал,

t_1 - задаваемое базовое значение времени,

τ_σ - время запаздывания,

Нормированное логарифмическое ядро ползучести имеет вид [12-14]

$$\bar{r}_{\sigma t} = \frac{\partial \phi_{\sigma t}}{\partial \ln t} = \frac{1}{b_{n\sigma}} \cdot \frac{1}{\pi} \cdot \frac{1}{1 + W_{\sigma t}^2}. \quad (5)$$

Приведенная математическая модель позволяет моделировать и прогнозировать процессы ползучести синтетических швейных материалов.

Работа финансировалась в рамках выполнения гранта Президента РФ № МК-1210.2020.8 и стипендии Президента РФ молодым ученым и аспирантам № СП-3895.2021.5

Список литературы

1. Pereborova, N.V., Makarov, A.G., Egorova, M.A., Kozlov, A.A., Kononov, A.S. Methods of simulation and comparative analysis of shadow and deformation-reducing properties of aramide textile materials. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2018, Vol. 375, No 3, pp. 253-257. eid=2-s2.0-85059766891
2. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Egorov, I.M. Quality analysis of deformation-relaxation properties of aramid cords mountain rescue appointments. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2017, Vol. 368, No 2, pp. 309-313. eid=2-s2.0-85035207042
3. Pereborova, N.V., Makarov, A.G., Egorova, M.A., Klimova, N.S. Methods of increasing the competitiveness of domestic aramid textile materials based on complex analysis of their functional properties. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2018, Vol. 378, No 6, pp. 267-272. eid =2-s2.0-85072335464
4. Pereborova, N.V., Demidov, A.V., Makarov, A.G., Klimova, N.S., Vasileva, E.K. Methods of mathematical modeling and qualitative analysis of relaxation-deformation processes of aramide textile materials. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2018, Vol. 374, No 2, pp. 251-255. eid=2-s2.0-85056451197
5. Demidov, A.V., Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A. Forecasting of deformation-relaxation properties of poly amide fabric used to make the canopy. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2017, Vol. 367, No 1, pp. 250-258. eid=2-s2.0-85033239149
6. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Egorov, I.M. Mathematical modeling of deformation-relaxation processes polymeric materials in conditions of variable temperatures. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2017, Vol. 370, No 4, pp. 287-292. eid=2-s2.0-85057142312
7. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Wagner, V.I. Modeling and forecasting viscoelastic properties of textile materials with a complex structure. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2014, Vol. 354, No 6, pp. 120-124. eid=2-s2.0-84937439497
8. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Wagner, M.A. Ways of modeling deformation and relaxation properties of textile materials with a complex structure. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2014, Vol. 351, No 3, pp. 110-115. eid=2-s2.0-84937410003
9. Makarov, A.G., Demidov, A.V., Pereborova, N.V., Egorova, M.A. Modeling and prediction of estimated relaxation and deformation properties of the polymer parachute line. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2015, Vol. 360, No 6, pp. 194-205. eid=2-s2.0-84976560627
10. Stalevich, A.M., Makarov, A.G. Determining the inherent viscoelastic relaxation spectrum for synthetic filaments. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2000, Vol. 255, No 3, pp. 8-12. eid=2-s2.0-0034436083
11. Demidov, A.V., Makarov, A.G., Stalevich, A.M. Methods of computer analysis of viscoelasticity of technical materials. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya*

Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti, 2006, Vol. 291, No 3, pp. 13-17. eid=2-s2.0-37849188658

12. Demidov, A.V., Makarov, A.G., Stalevich, A.M. Definition of the mechanical characteristics of textile stuffs at variable temperature. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti, 2006, Vol. 294, No 6, pp. 15-18. eid=2-s2.0-34250009041

13. Demidov, A.V., Makarov, A.G., Stalevich, A.M. Predicting the nonlinear hereditary viscoelasticity of polymers. Journal of Applied Mechanics and Technical Physics, 2007, Vol. 48, No 6, pp. 897-904. DOI: 10.1007/s10808-007-0114-8

14. Makarov, A.G. Determining the analytical correlation between the standardized nuclei of relaxation and creep in textile materials. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti, 2002, Vol. 266, No 2, pp. 13-17. eid=2-s2.0-0036931214

Д.Х. Парпиев, Н.Х. Парпиева, П.Д. Ласточкин

Наманганский инженерно-технологический институт

ПРИДАНИЕ ОДИНАКОВОГО НАТЯЖЕНИЯ НИТЕЙ

Для получения равномерной крученной пряжи с определенными свойствами необходимо, чтобы скручиваемые нити имели одинаковое натяжение (а винтовые линии, по которым они располагаются-одинаковый шаг) и равномерно обвивали друг друга. В случае неравномерного натяжения скручиваемых нитей слабо натянутые нити могут обвивать сильно натянутые нити, что может привести к возникновению одного из пороков крученой пряжи-штопорности [1].

Тростильно-мотальная машина по своему строению очень проста, основной технологический процесс выполняемый на машине, это придание одинакового натяжения стращиваемым нитям. При подготовке нескольких нитей к кручению используют тростильные машины. Для трошения используют следующие тростильно-мотальные машины SAVIO; FADIS (Италия) DONG XING (Китай).

При подготовке нитей к кручению в настоящее время используют тростильно-мотальную машину фирмы FADIS (Италия), а также тростильную машину марки TW2-D DIGICJNE preciflex™ Швейцарской фирма Scharer Schweiter Mettler AG (SSM) [2].

Устройство регулирования натяжения одновременно с наматыванием пряжи очищает её от узелков, толстых и тонких мест. Машина имеет возможность стращивания до трех одиночных нитей.

Во всех конструкциях натяжных устройств под действием сил трения в нити создается дополнительное натяжение. В натяжителях раздельной конструкции пряжа проходит между прижимаемыми поверхностями (шайбами) находящимися под нагрузкой с определенной силой, в результате чего между пряжей и поверхностями создается сила трения. Различные конструкции поверхностей натяжных устройств по-разному контролируют натяжение пряжи, в том числе под действием силы пружины или силы тяжести (нагрузок), при постоянном магнитном или электромагнитном воздействии, пневматическими способами, а также при комплексном воздействии различных сил. В устройстве такого типа изменение натяжения пряжи под действием устройства в некоторой степени зависит от его начального натяжения.

Для решения данной задачи нами предложена установка на машину дополнительного сдвоенного натяжного устройства, которое позволило улучшить контроль натяжения одиночных нитей.

Новизной сдвоенного натяжного устройства является дополнительный контроль натяжения для одиночных нитей с помощью нитенаправляющих прутков из фарфора или стекла, положение которых регулируется при помощи пазов. Данное устройство позволяет путем изменения углов обтикания нитью прутков придавать страчиваемым нитям необходимую степень натяжения, что позволило вырабатывать более равномерную тращеную пряжу по длине и улучшить её свойства, такие как сопротивление к трению, прочность и гибкость

Список литературы

1. Борзунов И.Г., Бадалов К.И. и др. Прядение хлопка и химических волокон. // М.: Легпромбытиздат. 1986. 199 с.
2. http://www.chemtax.com/product_detail/P00248.pdf
3. Woodhead Publishing Series in textiles, Volume 184. С 43-45

**В.А. Липин, И.А. Федоскин, Е.Ю. Демьянцева, М.Н. Тараченкова,
Е.И. Шитова**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, Высшая школа технологии и энергетики

ТЕХНОЛОГИЯ ОТБЕЛКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛИПАЗЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ

В процессе отбеливания целлюлоза реагирует с пероксидом водорода, хлором и другими окисляющими химическими веществами для дальнейшего удаления лигнина, обеспечивая стабильную осветленную целлюлозу. Однако обработка целлюлозных материалов химическими веществами нежелательна с экологической точки зрения, поскольку образующиеся сточные воды содержат большое количество токсичных соединений (например, хлорированных фенолов). Обеспокоенность вредным воздействием на окружающую среду, вызываемым отбеливанием целлюлозы химическими веществами, побудила промышленность искать методы делигнификации, которые бы позволили снизить расход химических веществ при отбеливке. Современная технология отбеливания это варьирование селективных и неселективных реагентов с целью получения качественного конечного продукта при минимальном воздействии на окружающую среду [1]. Для делигнификации целлюлозных материалов перед отбеливкой используют ферменты, полученные из грибковых и бактериальных источников. Одним из таких ферментов могла бы стать липаза, традиционно используемая, в производстве моющих средств, жиро-масляном и хлебопекарном производстве и др. На делигнификацию существенное влияние оказывает температура и продолжительность ферментной обработки [2].

Исследовался характер влияния на эффективность отбеливания целлюлозы из древесного сырья ферментного препарата липолитического действия Lipex 200L (производства фирмы Novozymes Дания). Lipex 200L представляет собой модифицированную полученную ферментацией генетически измененных микроорганизмов рода *Aspergillus*. В экспериментах после стадии ферментной

обработки (стадия X) и промывки пульпы целлюлоза использовалась в последующей стадии совместной обработки пероксидом водорода и щелочью (стадия EP).

Было установлено, что использование малого количества фермента (1-5% об.) липаза позволяет снизить число Каппа исходной целлюлозы на 4-5 единиц, однако, при увеличении дозировки фермента дальнейшего снижения числа Каппа не происходит, а затем наблюдается отрицательный эффект, выражающийся в повышении числа Каппа до исходных значений. Этот эффект связан с высвобождением липазой гексуроновых кислот, влияющих на число Каппа, которые при малом количестве фермента легко удаляются из целлюлозы путем промывки.

Список литературы:

1. Sharma N., Nishi K. Bhardwaj N.K., Prashad R.B. Environmental issues of pulp bleaching and prospects of peracetic acid pulp bleaching: A review // Journal of Cleaner Production. 2020. V. 256. 120338.
2. Федоскин И.А., Липин В.А., Шитова Е.Д., Демьянцева Е.Ю. Делигнификация крафт-целлюлозы ферментами: перспективы липаз // Леса России: политика, промышленность, наука, образование. Материалы VI Всероссийской научно-технической конференции. СПб. 2021. С. 194-197

А.А. Абдумажидов, А.А. Миратаев, Б.Б. Каримов

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

ВОПРОСЫ ОЧИСТКИ МАКУЛАТУРЫ С ПОСЛЕДУЮЩИМ БЕЛЕНИЕМ

В настоящее время вопросы загрязненности макулатуры в мировой практике изучены в недостаточно полном объеме. Важным вопросом является очистка макулатуры с последующим белением при использовании макулатуры в составе сырья для получения писче-печатных видов бумаги. Дальнейший рост потребления макулатуры возможен путем использования нового перспективного оборудования, а также новых технологий обесцвечивания и удаления типографской краски и других примесей из макулатуры.

Целью работы является разработка способов качественной очистки загрязненности и обесцвечивания макулатуры с последующим отбеливанием, что позволит увеличения доли макулатуры в композиции широко используемых видах бумаги и картона. Это также даёт возможности наращивания объемов использования макулатуры в композиции писче-печатных видов бумаги. Объектом исследования была выбрана макулатура марки МС-3. В качестве сырья также использована хлопковая целлюлоза. Для промывки использована гидроксид натрия NaOH, вода и моющее вещество. Для отбеливания макулатуры использован гипохлорид натрия NaClO. В исследованиях были использованы физико-механические и химические методы анализа, относящиеся к целлюлозе, бумажной массе и бумаге, в частности метод определения степени полимеризации (СП) целлюлозы, капиллярности отлитых образцов бумаг и другие.

Макулатура марки МС-3 состоит из журналов, книг, и различных архивных бумаг, которые содержат печатной краски. При её очистке необходимо удалить типографическую краску, обесцвечивание массы и беление [1]. Типографическая краска является многокомпонентной сложной системой, которая содержит: типографическую

олифу, древесной смоле, сажу, мыло, цветных пигментов. Соответственно, очистку (промывку) макулатурной массы проводили в растворе щелочи NaOH. Под действием щелочи при высоких температурах макулатура сначала набухает, размеры пор увеличиваются в несколько раз, под действием щелочи жирно-восковые вещества гидролизуются и образуют натриевые соли жирных кислот.

Эффективность очистки макулатурной массы с помощью щелочи оценивался степенью полимеризации и капиллярностью образцов бумаг, вылитых из этой очищенной массы. Увеличением концентрации щелочи наблюдается некоторое снижение степени полимеризации и повышение капиллярности образцов.

Также были поведены процессы обесцвечивания и беления макулатуры в растворе гипохлорита натрия. Показано влияние среды на качественные показатели сырья, в частности на степень белизны и степень полимеризации. Наиболее мягкой средой, обеспечивающей хорошие качественные показатели выбрана pH=10,0. Также были изучены основные факторы процесса беления и рекомендованы их необходимые значения.

Список литературы

1. Абдумажидов А.А., Алимова Д.А., Миратаев А.А., Набиева И.А. Изучение возможности использования вторичных ресурсов для композиции писче-печатных видов бумаги // Вестник науки и образования. 2018. №12. С. 26-30

А.А. Абдумажидов, И.А. Набиева, Ф.С. Хусанов, А.А. Миратаев

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

ПРОБЛЕМЫ ОЧИСТКИ ХИМИЧЕСКОЙ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ МАКУЛАТУРЫ

Проблемы химической и микробиологической загрязненности макулатуры, особенно ее тароупаковочных видов, в мировой практике изучены недостаточно. Контроль безопасности использования картонно-бумажной тары для упаковки пищевых продуктов должен начинаться с санитарно-микробиологического контроля качества композиционного состава макулатуры. Очистка макулатуры также важно при использовании макулатуры в составе сырья для получения писче-печатных видов бумаги, при этом необходимо добавить процесс беления [1].

Целью данной работы является разработка способов качественной очистки химической и микробиологической загрязненности и обесцвечивания макулатуры с последующим отбеливанием, что позволит увеличения доли макулатуры в композиции широко используемых видах бумаги и картона. Целлюлозное волокно имеет низкий уровень загрязнения микроорганизмами, а макулатура – более высокий. Целлюлоза имеет общую микробную обсемененность на уровне 100-250 микробных клеток (м.к.) в одном грамме, а макулатура, в зависимости от марки и условий хранения, - от 1200 до 40000 м.к. В процессе сушки бумаги (картона) вегетативные формы бактерий обычно погибают под воздействием температуры 90–120°C. Однако, бактериальные споры высокоустойчивы к воздействию температуры и биоцидов [2]. Кроме того, макулатура содержит типографическую краску, которую необходимо удалить при её очистке [3]. Состав типографической краски сложный, сюда входят: олифа, древесная смола, сажа, мыло, цветные пигменты. Поэтому чтобы выводить из макулатуры все загрязнения, микроорганизмы и типографическую краску очистку (промывку) макулатурной массы

проводили в растворе щелочи NaOH. Макулатура сначала набухает, размеры пор увеличиваются под действием щелочи жирно-восковые вещества гидролизуются и образуют натриевые соли жирных кислот. Эффективность очистки макулатурной массы с помощью щелочи оценивается степенью полимеризации и капиллярностью образцов бумаги, вылитых из этой очищенной массы. Также был поведен процесс обесцвечивания и беления макулатуры в растворе гипохлорита натрия. Гипохлорит натрия является сильным окислителем, в текстильной промышленности широко используется в качестве отбеливателя.

Таким образом, установлено, что макулатура имеет широкие пределы санитарно-микробиологических показателей. Предложено очищать от бактерий в процессе сушки бумаги (картона), также под действием щелочной отварки при очистке от типографической краски и под действием окислителей в процессе беления макулатурной массы.

Список литературы

1. Koenenick M., Lanenga R. Обесцвечивание макулатурной массы: “The upside of upcycle”. Paper 360. 2012. 7 № 5 С. 16-18.
2. Облагораживание макулатуры. Deinking of waste paper: Пат. 8815051 США, МПКД21В 1/08 (2006.01); Basilio Cesar I., Sheppard Steven W., Thiele Kaolin Co. N 13/317438: Заявл: 18.10.2011.; Оpub. 26.08.2014
3. Абдумажидов А.А., Алимова Д.А., Миратаев А.А., Набиева И.А. Изучение возможности использования вторичных ресурсов для композиции писче-печатных видов бумаги. // Вестник науки и образования. 2018. №12. С. 26-30

И. М. Егоров, С. В. Киселев

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПОЛЗУЧЕСТИ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ И ПОЛИВИНИЛИДЕНФТОРИДНЫХ НИТЕЙ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

При реконструктивно-восстановительных операциях, направленных на ликвидацию обширных дефектов опорных мягких тканей, возникающих в ряде хирургических вмешательств, все шире используют полимерные сетчатые имплантаты. Основной задачей сетчатых имплантантов (эндопротезов) является укрепление поврежденных тканей при хирургическом вмешательстве [1-3].

Для выполнения своей основной функции сетчатые эндопротезы должны обладать соответствующими деформационными и прочностными свойствами, чтобы противодействовать внутрибрюшному давлению. На деформацию сетки влияют деформационные характеристики самих нитей, а также структурные характеристики полотна: форма элементарных ячеек, их взаимное расположение, фиксация нитей в узлах ячеек и другие параметры. Это объясняет важность оценки характеристик ползучести самих нитей для выяснения роли свойств нитей в определении характеристик ползучести сетчатых эндопротезов [4].

Механические свойства этих материалов определяются в рамках существующих стандартов, в которых ползучесть и механическая релаксация усилий практически не принимаются во внимание, хотя у данных материалов релаксационные свойства

проявляются достаточно сильно и поэтому должны учитываться при решении вопросов функционирования имплантатов [5].

Задачу исследования и прогнозирования ползучести изучаемых полипропиленовых и поливинилиденфторидных нитей медицинского назначения необходимо решать на основе математического моделирования вязкоупругости при использовании данных эксперимента в длительных деформационных режимах под действием постоянной нагрузки σ .

Наряду с анализом данных длительного эксперимента в режиме ползучести, представляется желательным проведение анализа данных и при кратковременной ползучести нитей, которую можно исследовать методом физической кинетики. На основе указанного метода можно определить характеристики элементарных актов ползучести нитей и возможность прогнозирования ползучести [6-8].

Физический анализ ползучести позволяет определять элементарные акты процесса ползучести нитей, которые могут послужить основой для разработки экспресс-метода прогнозирования деформационных процессов на основе кратковременных испытаний, а также провести сопоставление деформационных свойств нитей и сетчатых эндопротезов из них [9].

В элементарных актах ползучести полипропиленовых и поливинилиденфторидных нитей происходит термофлуктуационное преодоление потенциальных барьеров, снижаемых приложенным растягивающим напряжением.

Как известно, на молекулярном уровне растягивающее нагружение ориентированных полимеров вызывает в цепных молекулах переходы гош-конформеров («свернутых») в транс-конформеры («распрямленные») [10–12].

Активационный объем в элементарных актах конформационных переходов в полимерах приближенно равен объему элементарного звена (не мономерного звена, которое, как правило, состоит из нескольких элементарных звеньев) в цепной полимерной молекуле [13-15].

Работа финансировалась в рамках выполнения государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ, Проект № FSEZ-2020-0005

Список литературы

1. Makarov, A.G., Slutsker, G.Y., Gofman, I.V., Vasil'eva, V.V. Initial stage of stress relaxation in oriented polymers. *Physics of the Solid State*, 2016, Vol. 58, No 4, pp. 840-846. DOI: 10.1134/S1063783416040132
2. Makarov, A.G., Slutsker, G.Y., Drobotun, N.V. Creep and fracture kinetics of polymers. *Technical Physics*, 2015, Vol. 60, No 2, pp. 240-245. DOI: 10.1134/S1063784215020152
3. Slutsker G.Y., Zhukovskii V.A., Terushkina O.B., Drobotun N.V., Filipenko T.S., Edomina N.A., Makarov A.G. Elastic properties of polypropylene and polyvinylidene fluoride monofilaments and meshed endoprostheses based on them//*Fibre Chemistry*, 2013,44 (5), pp. 288-292. DOI: 10.1007/s10692-013-9448-6
4. Zhukovskii V.A., Makarov A.G., Rostovtseva N.G., Slutsker G.Ya., Stolyarov O.N., Terushkina O.B., Gridneva A.V. Deformation behavior of medical synthetic monofilaments//*Fibre Chemistry*, 2008, 40 (4), pp. 318-321. DOI: 10.1007/s10692-009-9069-2
5. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Egorov, I.M. Quality analysis of deformation-relaxation properties of aramid cords mountain rescue appointments. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2017, Vol. 368, No 2, pp. 309-313. eid=2-s2.0-85035207042

6. Pereborova, N.V., Makarov, A.G., Egorova, M.A., Kozlov, A.A. Mathematical Modeling and Comparative Analysis of Deformation/Recovery Properties and Shrinkage of Aramid Textile Materials. *Fibre Chemistry*, 2019, Vol. 50, No 5, pp. 468-472. DOI 10.1007/s10692-019-10010-x
7. Pereborova, N.V., Makarov, A.G., Egorova, M.A., Klimova, N.S. Improving the Competitiveness of Aramid Textile Materials Based on Mathematical Modeling and Analysis of Their Performance Properties. *Fibre Chemistry*, 2019, Vol. 50, No 6, pp. 569-572. DOI 10.1007/s10692-019-10030-7
8. Pereborova, N.V., Makarov, A.G., Egorova, M.A., Klimova, N.S. Methods of increasing the competitiveness of domestic aramid textile materials based on complex analysis of their functional properties. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2018, Vol. 378, No 6, pp. 267-272. eid=2-s2.0-85072335464
9. Pereborova, N.V., Demidov, A.V., Makarov, A.G., Klimova, N.S., Vasileva, E.K. Methods of mathematical modeling and qualitative analysis of relaxation-deformation processes of aramide textile materials. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2018, Vol. 374, No 2, pp. 251-255. eid=2-s2.0-85056451197
10. Demidov, A.V., Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A. Forecasting of deformation-relaxation properties of poly amide fabric used to make the canopy. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2017, Vol. 367, No 1, pp. 250-258. eid=2-s2.0-85033239149
11. Demidov, A.V., Makarov, A.G., Stalevich, A.M. System analysis of viscoelasticity of textile stuffs. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2007, Vol. 298, No 3, pp. 11-14. eid=2-s2.0-34648822922
12. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Egorov, I.M. Mathematical modeling of deformation-relaxation processes polymeric materials in conditions of variable temperatures. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2017, Vol. 370, No 4, pp. 287-292. eid=2-s2.0-85057142312
13. Pereborova, N.V., Makarov, A.G., Shvankin, A. M., Egorova, M. A., Abramova, I. V. Modeling and Qualitative Analysis of Creep Processes of Geotextile Nonwovens -A Foundation for Enhancing their Competitiveness. *Fibre Chemistry*, 2020, Vol. 51, No. 5, pp. 397-400. DOI 10.1007/s10692-020-10119-4
14. Pereborova, N.V., Makarov, A.G., Shvankin, A. M., Egorova, M. A., Korobovtseva, A.A. Predicting Creep and Deformation and Recovery Processes of Geotextile Nonwovens. *Fibre Chemistry*, 2020, Vol. 51, No. 5, pp. 401-403. DOI 10.1007/s10692-020-10120-x
15. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Wagner, V.I. Modeling and forecasting viscoelastic properties of textile materials with a complex structure. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2014, Vol. 354, No 6, pp. 120-124. eid=2-s2.0-84937439497

З.Ш. Исламова, Ш.Д. Куйчибаев, И.А. Набиева, Н.С. Амирова

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

КРАШЕНИЕ ШЕРСТЯНОГО ВОЛОКНА ПРИРОДНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ

В настоящее время в ценовом выражении объем мирового производства синтетических красителей составляет ~ 25 млрд.DS (в 2019 г. ~ 30 млрд.DS). Из них Китай производит около 40-45 %, Индия ~ 10%. Общий объем годового производства

составляет ~ 3 млн. тонн. В то же время мировое использование природных красителей составляет всего около 1% от всех используемых окрашенных веществ. До 1856 года использование природных красителей составляло 100%. Какой огромный потенциальный рынок существует для внедрения в него природных красителей, в те области использования, в которых они могут конкурировать с синтетическими красителями [1].

В данной работе была рассмотрена возможность применения природных красителей в виде водных отваров полученных из отходов местных растений. Объектом крашения выбрано шерстяное волокно из местных породистых овец. Изучены колористические характеристики шерстяных волокон окрашенных луковой шелухой с последующим протравлением солями металлов – CuSO_4 , FeSO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$. Использование различных протрав способствует комплексообразованию между атомами металла и хромофорами молекул красителя. Наряду с повышением устойчивости окраски, в результате химической модификации хромофора изменяется оттенок окраски.

Колористические характеристики окрашенных волокон определялись согласно методике [2] в стандартном излучении D_{65} . Цветовые координаты и коэффициенты отражения образцов протрав составляют: CuSO_4 – Светлота, $L^* = 45,73$, Координаты $a^* - 9,08$, $b^* - 26,52$, FeSO_4 – $L^* = 48,68$, $a^* - 4,15$, $b^* - 19,93$, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ – $L^* = 55,01$, $a^* - 12,87$, $b^* - 34,76$, $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ – $L^* = 61,62$, $a^* - 7,51$, $b^* - 28,58$.

Обработка протравами приводит к изменению координат цвета, т.е. координата, a^* при использовании протрав FeSO_4 и $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ сдвигается в сторону зеленого, а в случае CuSO_4 и $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ сдвиг в сторону красного. Значение координаты b^* перемещается с синего в сторону желтого при обработке волокон солями $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ и $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, использование солей CuSO_4 и FeSO_4 способствуют образованию синего оттенка на окрашенных образцах.

Воспроизведенные цвета протравлением волокна солями CuSO_4 и $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ отличаются от других тёплым тоном. Самые холодные тона получились при использовании протрав $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ и FeSO_4 . Сдвиг координаты a^* в зеленую сторону показывает, что при обработке шерстяного волокна солями FeSO_4 и $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ образуются самые пассивные цвета. Насыщенность цветов возрастает по нижеприведенной схеме: $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \rightarrow \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4$

Таким образом, используя для крашения водные отвары луковой шелухи, с последующим протравлением солями металлов можно варьировать цветовой тон получаемых цветов. Появляется возможность расширения ассортимента экологически окрашенных, высококачественных текстильных изделий на основе грубой шерсти.

Список литературы

1. Кричевский Г.Е. Возрождение природных красителей. <http://www.rusnor.org/pubs/library>. Опубликовано 17.11.2016
2. Computer color matching system operation and maintenance manual. Korea industrial technology ODA. 2012. P.79.

Н.С. Климова, Н.В. Переборова.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и
дизайна

ЦИФРОВОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Полимерные текстильные материалы обладают ярко выраженными реологическими свойствами, в том числе гибкоцепным строением макромолекул, находящихся в ориентированном состоянии и имеющих аморфно-кристаллическую структуру на надмолекулярном уровне. По современным воззрениям физиков-структурщиков, именно на этом уровне формируются реологические свойства полимеров - как сочетание упругости, вязкоупругости и пластичности [1].

Основными деформационными процессами полимерных текстильных материалов считаются релаксация и ползучесть. Для определения энергии активации деформационных процессов необходима разработка математических моделей указанных процессов, параметры которых, а именно, времена релаксации и запаздывания в неявном виде содержат информацию об этой энергии [2].

Физический смысл времен релаксации и запаздывания - это минимальное время конформационного перехода - за которое условная "релаксирующая" или "запаздывающая" частица переходит из одного энергетического состояния в другое, преодолевая некоторый потенциальный энергетический барьер [3].

Авторами были предложены математические модели процессов релаксации и ползучести, основанные на вероятностном распределении Коши времен релаксации и запаздывания, что физически оправдано, т.к. указанное распределение обладает свойством аддитивности, т.е. сумма случайных величин, распределенных по закону Коши, также распределена по этому закону [4].

Для иллюстрации последнего положения, предлагается рассмотреть полимерную текстильную ткань, которая состоит из нитей, а те - из волокон. Экспериментальные исследования подтверждают, что сложные (составные) полимерные материалы в процессах релаксации и ползучести ведут себя подобным образом и указанные процессы могут быть описаны одними и теми же математическими моделями [5].

Вторым удобством вероятностного распределения Коши является его достаточно близкое сходство с нормальным распределением, на основе которого могут быть описаны многие физические закономерности.

И, наконец, третьим преимуществом распределения Коши является то, что его интегральная функция распределения представляет собой элементарную функцию нормированный арктангенс [6]

$$\varphi_t = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \operatorname{arctg} \left(\frac{1}{b} \ln \frac{t}{t_1} \right), \quad (1)$$

в отличие от интеграла вероятности для нормального распределения.

Здесь в качестве аргумента выбрано безразмерное логарифмическое время $\frac{t}{t_1}$ (t_1 - некоторое значение базового времени), b - коэффициент интенсивности процесса релаксации или ползучести.

Элементарность указанной функции заметно упрощает аналитические преобразования при математическом моделировании релаксации и ползучести.

Простейшая модель процесса релаксации для случая постоянной деформации $\varepsilon = const$ имеет вид [7]

$$E_{\varepsilon t} = E_0 - (E_0 - E_\infty) \varphi_{\varepsilon t}. \quad (2)$$

Здесь E_0 и E_∞ - асимптотические значения модуля релаксации $E_{\varepsilon t} = \frac{\sigma_t}{\varepsilon}$, σ_t - меняющееся во времени t напряжение.

Аналогично, простейшая модель процесса ползучести для случая постоянного напряжения $\sigma = const$ имеет вид [8]

$$D_{\sigma t} = D_0 + (D_\infty - D_0) \varphi_{\sigma t}, \quad (3)$$

Здесь D_0 и D_∞ - асимптотические значения податливости $D_{\sigma t} = \frac{\varepsilon_t}{\sigma}$.

Простейшая математическая модель релаксации (1), (2) имеет важное преимущество перед другими аналогичными моделями: она содержит наименьшее из возможных количество физически обоснованных параметров: три константы (E_0 , E_∞ , b_ε) и деформационно-временную функцию [9]

$$f_{\tau_\varepsilon} = \ln \frac{t}{\tau_\varepsilon}, \quad (4)$$

характеризующую времена релаксации τ_ε [13].

Аналогичное можно сказать и про математическую модель ползучести (1), (3). Она содержит также три физически обоснованных константы (D_0 , D_∞ , b_σ) и сило-временную функцию [10]

$$f_{\tau_\sigma} = \ln \frac{t}{\tau_\sigma}, \quad (5)$$

характеризующую времена запаздывания τ_σ [14].

Из анализа применимости рассмотренных простейших математических моделей релаксации и ползучести для аналитического описания реологических свойств полимерных материалов и последующего расчетного прогнозирования нагруженных или деформируемых состояний этих материалов следует достаточная надежность и технические удобства. Благодаря наименьшему количеству параметров - характеристик, простоте их определения из кратковременных экспериментов, ясности их физической интерпретации, развиваемые методы представляются перспективными не только для полимеров, но и для ряда других твердых материалов [11].

Работа финансировалась в рамках выполнения государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ, Проект № FSEZ-2020-0005.

Список литературы

1. Makarov A.G., Pereborova N.V., Kozlov A.A., Shvankin A.M. Computer-Assisted Prediction and Qualitative Analysis for Polymer Parachute Cords Fibre Chemistry, 2018, Vol. 50, No. 3, pp. 239-242. DOI 10.1007/s10692-018-9968-1

2. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Vagner, V.I., Egorova, M.A., Klimova, N.S. Spectral Analysis of Viscoelastic Creep of Geotextiles. *Fibrie Chemistry*, 2018, Vol. 50, No 4, pp. 378-382. DOI 10.1007/s10692-019-09993-4
3. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Egorov, I.M. Quality analysis of deformation-relaxation properties of aramid cords mountain rescue appointments. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2017, Vol. 368, No 2, pp. 309-313. eid=2-s2.0-85035207042
4. Demidov, A.V., Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A. Forecasting of deformation-relaxation properties of poly amide fabric used to make the canopy. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2017, Vol. 367, No 1, pp. 250-258. eid=2-s2.0-85033239149
5. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Egorov, I.M. Mathematical modeling of deformation-relaxation processes polymeric materials in conditions of variable temperatures. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2017, Vol. 370, No 4, pp. 287-292. eid=2-s2.0-85057142312
6. Makarov, A.G., Demidov, A.V., Pereborova, N.V., Egorova, M.A. Modeling and prediction of estimated relaxation and deformation properties of the polymer parachute line. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2015, Vol. 360, No 6, pp. 194-205. eid=2-s2.0-84976560627
7. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Wagner, V.I., Vasileva, E.K. Development of methodology for the comparative analysis of deformation and relaxation properties of aramid yarns and textile materials based on them. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2015, Vol. 359, No 5, pp. 48-58. eid=2-s2.0-84971636036
8. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Wagner, V.I. Modeling and forecasting viscoelastic properties of textile materials with a complex structure. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2014, Vol. 354, No 6, pp. 120-124. eid=2-s2.0-84937439497
9. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Wagner, M.A. Ways of modeling deformation and relaxation properties of textile materials with a complex structure. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2014, Vol. 351, No 3, pp. 110-115. eid=2-s2.0-84937410003
10. Makarov, A.G. Determining the analytical correlation between the standardized nuclei of relaxation and creep in textile materials. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2002, Vol. 266, No 2, pp. 13-17. eid=2-s2.0-0036931214
11. Makarov A.G., Pereborova N.V., Wagner V.I., Rymkevich P.P., Gorshkov A.S. The Basis of Spectral-Temporal Analysis of Relaxation and Deformation Properties of Polymeric Materials in Textile and Ligt Industry. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Legkoi Promyshlennosti*. 2014. Vol. 23, No 1. C. 24-29.

Н. В. Переборова

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА РЕЛАКСАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

При проведении качественной оценки релаксационных свойств полимерных текстильных материалов можно использовать разработанные для этой цели критерии, либо по отдельности, либо объединив их в одном комплексном критерии, что является возможным ввиду того, что релаксационные характеристики, как параметры математических моделей релаксационных процессов этих материалов подчиняются закону Коши, обладающему свойством аддитивности [1].

Для проведения качественной оценки релаксационных свойств полимерных текстильных материалов были разработаны следующие критерии:

- интенсивность восстановления материала после эксплуатации;
- степень восстанавливаемости материала после эксплуатации;
- возможность многократного восстановления материала в процессе эксплуатации;
- время восстановления функциональных свойств материала после эксплуатации;
- устойчивость материала к многократному восстановлению функциональных свойств в процессе эксплуатации.

Кроме указанных пяти локальных критериев, разработаны два комплексных критерия качественной оценки релаксационных свойств полимерных текстильных материалов [2].

Проведение оценки эксплуатационных параметров полимерных текстильных материалов с учетом выше сформулированных критериев релаксационных свойств должно вестись в безразмерных единицах.

Для разработки критериев качественной оценки релаксационных свойств полимерных текстильных материалов воспользуемся математической моделью релаксации, записанной в виде [3]:

$$E_{\varepsilon t} = E_o - (E_o - E_{\infty})\varphi_{\varepsilon t}, \quad (1)$$

$$\varphi_{\varepsilon t} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \operatorname{arctg} \left[\frac{1}{b_{\varepsilon}} \ln \frac{t}{t_1} \right], \quad (2)$$

где:

t - время,

σ_t - напряжение, возникающее в материале под действием приложенной деформации ε ,

b_{ε} - параметр интенсивности релаксации,

E_o и E_{∞} - асимптотические значения модуля релаксации $E_{\varepsilon t} = \frac{\sigma_t}{\varepsilon}$,

t_1 - значение базового времени,

$\varphi_{\varepsilon t}$ - релаксационная функция в виде нормированного арктангенса логарифма (НАЛ).

Первый критерий. Интенсивность восстановления материала после эксплуатации

Рассмотрим первый критерий качественной оценки релаксационных свойств полимерных текстильных материалов - интенсивность восстановления материала после эксплуатации [4].

Обозначим

$$\alpha_1 = b_{n\varepsilon} \quad (3)$$

безразмерную величину, характеризующую степень интенсивности восстановления полимерного текстильного материала после эксплуатации.

Величина α_1 численно равна параметру интенсивности релаксации, отвечающего за восстановление функциональных свойств полимерного текстильного материала.

Можно заметить, что величина α_1 принимает лишь неотрицательные значения: $\alpha_1 \geq 0$.

Чем меньше значение величины α_1 , тем быстрее восстанавливается материал после эксплуатации. И, наоборот, чем больше значение величины α_1 , тем медленнее восстанавливается материал после эксплуатации.

Если для различных материалов выполнено неравенство $\alpha_{1k} > \alpha_{1n}$, то это означает, что материал с номером n восстанавливается после эксплуатации быстрее, чем материал с номером k .

Рассмотренный критерий следует применять, когда требуется оценить, насколько быстро восстанавливаются эксплуатационные свойства полимерных текстильных материалов, после эксплуатации.

Иногда бывает важно, чтобы материал после эксплуатации быстро восстанавливал свои функциональные свойства и был готов к последующей эксплуатации [5].

Второй критерий. Степень восстанавливаемости материала после эксплуатации

Рассмотрим второй критерий качественной оценки релаксационных свойств полимерных текстильных материалов - степень восстанавливаемости материала после эксплуатации [6].

Обозначим

$$\alpha_2 = \frac{E_\infty}{E_0 + E_\infty} \quad (4)$$

безразмерную величину, характеризующую степень восстанавливаемости полимерного текстильного материала после эксплуатации.

Можно заметить, что введенная величина α_2 может принимать только неотрицательные значения: $\alpha_2 \geq 0$.

Чем меньше значение величины α_2 , тем восстанавливаемость полимерного текстильного материала после эксплуатации будет более полной.

И, наоборот, чем больше значение величины α_2 , тем восстанавливаемость полимерного текстильного материала после эксплуатации будет менее полной.

То есть, если для различных материалов выполнено неравенство: $\alpha_{2k} > \alpha_{2n}$, то материал с номером n восстанавливается после эксплуатации более полно, чем материал с номером k .

Из формулы (4) следует, что материал восстанавливается полностью при нулевом

значении модуля вязкоупругости $E_{\infty} = 0$.

В этом случае, очевидно, $\alpha_2 = 0$.

Введенный критерий имеет особую ценность, когда требуется оценить, как долго исследуемый материал может сохранять свои функциональные свойства [7].

Третий критерий. Возможность многократного восстановления материала в процессе эксплуатации

Рассмотрим третий критерий качественной оценки релаксационных свойств полимерных текстильных материалов - возможность многократного восстановления материала в процессе эксплуатации [8].

Обозначим:

$$\alpha_3 = \frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_p} \quad (5)$$

безразмерную величину, характеризующую возможность многократного восстановления полимерного текстильного материала в процессе эксплуатации.

Здесь, ε_p - экспериментально полученное значение разрывной деформации в процентах, ε_0 - некоторое нормирующее значение деформации, например, $\varepsilon_0 = 10\%$.

Величина α_3 может принимать лишь неотрицательные значения: $\alpha_3 \geq 0$.

Чем меньше значение величины α_3 , тем большей способностью к многократному восстановлению своих функциональных характеристик в процессе эксплуатации обладает полимерный текстильный материал.

И, наоборот, чем больше значения величины α_3 , тем меньшей способностью к многократному восстановлению своих функциональных характеристик в процессе эксплуатации обладает полимерный текстильный материал.

Введенный критерий имеет особую значимость, когда надо оценить, как много раз могут восстанавливать свои эксплуатационные свойства полимерные текстильные материалы в процессе эксплуатации [9].

Четвертый критерий. Время восстановления функциональных свойств материала после эксплуатации

Рассмотрим четвертый критерий качественной оценки релаксационных свойств полимерных текстильных материалов - время восстановления функциональных свойств материала после эксплуатации [10].

Обозначим:

$$\alpha_4 = \frac{\bar{\tau}}{t_1} \quad (6)$$

безразмерную величину, характеризующую время восстановления функциональных свойств полимерного текстильного материала после эксплуатации.

Здесь:

t_1 - некоторое значение нормирующего базового времени, например: $t_1 = 600 \text{ c}$,

$\bar{\tau}_{\varepsilon}$ - усредненное релаксационное время, которое может быть вычислено с помощью формулы:

$$\bar{\tau}_\varepsilon = \frac{1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} \cdot \int_{\varepsilon_1}^{\varepsilon_2} \tau_\varepsilon \cdot d\varepsilon, \quad (7)$$

где:

ε_1 - нижняя граница интервала исследуемой деформации,

ε_2 - верхняя граница интервала исследуемой деформации.

То есть, граница изменения допустимых значений исследуемой деформации:
 $\varepsilon \in [\varepsilon_1, \varepsilon_2]$.

Величина α_4 может принимать только неотрицательные значения, то есть: $\alpha_4 \geq 0$

Чем меньше значение величины α_4 , тем материал после эксплуатации восстанавливается быстрее.

И, наоборот, чем больше значение величины α_4 , тем медленнее восстанавливается материал после эксплуатации.

Введенный критерий имеет особую значимость, когда надо оценить, насколько быстро или медленно восстанавливается тот или иной материал после эксплуатации [11].

Пятый критерий. Устойчивость материала к многократному восстановлению функциональных свойств в процессе эксплуатации

Рассмотрим пятый критерий качественной оценки релаксационных свойств полимерных текстильных материалов - устойчивость материала к многократному восстановлению функциональных свойств в процессе эксплуатации [12].

Обозначим:

$$\alpha_5 = \frac{E_\infty}{E_0 - E_\infty} \quad (8)$$

безразмерную величину, характеризующую устойчивость полимерного текстильного материала к многократному восстановлению функциональных свойств в процессе эксплуатации.

Величина α_5 может принимать только неотрицательные значения, то есть: $\alpha_5 \geq 0$

Чем меньше значение величины α_5 , тем большей устойчивостью к многократному восстановлению своих функциональных свойств в процессе эксплуатации обладает полимерный текстильный материал.

И, наоборот, чем больше значение величины α_5 , тем меньшей устойчивостью к многократному восстановлению своих функциональных свойств в процессе эксплуатации обладает полимерный текстильный материал.

Чем выше устойчивость полимерного текстильного материала к многократному восстановлению своих функциональных свойств в процессе эксплуатации, тем меньше зависимость указанных функциональных свойств от влияния факторов внешнего воздействия (температура, влажность, радиация и т.д.).

Нулевое значение величины $\alpha_5 = 0$ означает абсолютную устойчивость материала к многократному восстановлению своих функциональных свойств в процессе эксплуатации [13].

Работа финансировалась в рамках выполнения государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ, Проект № FSEZ-2020-0005.

Список литературы

1. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Egorov, I.M. Quality analysis of deformation-relaxation properties of aramid cords mountain rescue appointments. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2017, Vol. 368, No 2, pp. 309-313. [eid=2-s2.0-85035207042](#)
2. Demidov, A.V., Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A. Forecasting of deformation-relaxation properties of poly amide fabric used to make the canopy. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2017, Vol. 367, No 1, pp. 250-258. [eid=2-s2.0-85033239149](#)
3. Demidov, A.V., Makarov, A.G., Stalevich, A.M. System analysis of viscoelasticity of textile stuffs. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2007, Vol. 298, No 3, pp. 11-14. [eid=2-s2.0-34648822922](#)
4. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Egorov, I.M. Mathematical modeling of deformation-relaxation processes polymeric materials in conditions of variable temperatures. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2017, Vol. 370, No 4, pp. 287-292. [eid=2-s2.0-85057142312](#)
5. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Wagner, V.I. Modeling and forecasting viscoelastic properties of textile materials with a complex structure. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2014, Vol. 354, No 6, pp. 120-124. [eid=2-s2.0-84937439497](#)
6. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Wagner, M.A. Ways of modeling deformation and relaxation properties of textile materials with a complex structure. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2014, Vol. 351, No 3, pp. 110-115. [eid=2-s2.0-84937410003](#)
7. Makarov, A.G., Demidov, A.V., Pereborova, N.V., Egorova, M.A. Modeling and prediction of estimated relaxation and deformation properties of the polymer parachute line. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2015, Vol. 360, No 6, pp. 194-205. [eid=2-s2.0-84976560627](#)
8. Stalevich, A.M., Makarov, A.G. Determining the inherent viscoelastic relaxation spectrum for synthetic filaments. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2000, Vol. 255, No 3, pp. 8-12. [eid=2-s2.0-0034436083](#)
9. Demidov, A.V., Makarov, A.G., Stalevich, A.M., Petrova, L.N., Chelishev, A.M. Research of changes of deformation properties of polyester threads depending on twist amount. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2006, Vol. 292, No 4, pp. 9-13. [eid=2-s2.0-33845499474](#)
10. Demidov, A.V., Makarov, A.G., Stalevich, A.M. Methods of computer analysis of viscoelasticity of technical materials. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2006, Vol. 291, No 3, pp. 13-17. [eid=2-s2.0-37849188658](#)
11. Demidov, A.V., Makarov, A.G., Stalevich, A.M. Definition of the mechanical characteristics of textile stuffs at variable temperature. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2006, Vol. 294, No 6, pp. 15-18. [eid=2-s2.0-34250009041](#)
12. Demidov, A.V., Makarov, A.G., Stalevich, A.M. Predicting the nonlinear hereditary viscoelasticity of polymers. *Journal of Applied Mechanics and Technical Physics*, 2007, Vol. 48, No 6, pp. 897-904. DOI: 10.1007/s10808-007-0114-8
13. Makarov, A.G. Determining the analytical correlation between the standardized nuclei of relaxation and creep in textile materials. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2002, Vol. 266, No 2, pp. 13-17. [eid=2-s2.0-0036931214](#)

3.Ш. Исламова

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

КРАШЕНИЕ МАРЕНОЙ

За последние годы был проведен ряд исследований, направленные на разработку технологий окрашивания натуральных волокнистых материалов природными красителями [1, 2]. Учитывая высокую потребность в шерстяных текстильных изделиях, отвечающих экологическим требованиям настоящего времени, в данной научной работе была исследована возможность окрашивания шерстяного волокна “Мареной” с использованием заниженных концентраций протравных солей. В целях интенсификации процесса выделения красителя из растительного красящего вещества применяли раствор щелочного электролита NaH_2PO_4 . При этом количество протравных солей металлов снижены в 3-5 раз по сравнению с традиционными способами.

В качестве растительного красящего вещества был использован порошок корня “Марена” в концентрациях 3% и 10% от массы волокна. Крашение проводилось в присутствии Na_2HPO_4 , без использования электролита. Для протравления окрашенных образцов шерстяного волокна были предложены следующие металлкомплексные соли: CuSO_4 , FeSO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$. При исследовании влияния концентрации красящего вещества на интенсивность цвета – K/S шерстяных волокон, полученных в растворе 3%-ного красителя в присутствии электролита составляет для с CuSO_4 – 8%, FeSO_4 – 11%, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ – 4%, $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ – 4,3%, а без электролита соответственно: CuSO_4 – 6,2%, FeSO_4 – 10,3%, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ – 3%, $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ – 3,6%. А значения R/S , полученные в растворе 10%-ного красителя в присутствии вышеуказанных солей составляет: с CuSO_4 – 12%, FeSO_4 – 15%, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ – 6%, $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ – 4,2% а без электролита CuSO_4 – 11,2%, FeSO_4 – 12%, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ – 5,2%, $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ – 3,3%.

Из полученных результатов видно, что повышение концентрации красителя с 3% до 10% способствует увеличению интенсивности цвета на 20-80% соответственно. Наиболее высокие значения K/S были получены при протравлении солями сульфатами Fe^{2+} и Cu^{2+} , все остальные протравы имеют примерно одинаковые значения. В зависимости от природы протравных солей при крашении шерстяных волокон мареной были получены пурпурный цвет, средние и темные тона оранжевого цвета с разными оттенками. Визуальное сравнение цветов, окрашенных образцов шерстяного волокна без электролита более светлые, чем при крашении исходного волокна, в красильном растворе в присутствии NaH_2PO_4 . Таким образом, крашение шерсти в присутствии электролита NaH_2PO_4 , даёт возможность получения интенсивных окрасок даже при использовании низких концентраций протравных солей, что снижает их концентрацию в сточных водах. Результаты данного исследования дают возможности расширения ассортимента высококачественных шерстяных текстильных продукции.

Список литературы

1. Исламова З.Ш., Амирова Н.С., Набиева И.А. Возможность окрашивания шерсти природными красителями // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. 2020. №2. С. 99-102
2. Исламова З.Ш., Амирова Н.С., Набиева И.А. Хасанова М.Ш., Туйчиев И.И. Колористические характеристики шерсти окрашенной отваром луковой шелухи (кварцетин). Международная Научная конференция, посвященная 110-летию со дня рождения профессора А.Г. Севостьянова // Сборник научных трудов ч. 2. Москва 2020 С. 182-185

З.Ш. Исламова, З.У. Саидмуродова, И.А. Набиева, А.А. Миратаев

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

ОБЕСЦВЕЧИВАНИЕ ГРУБОГО ШЕРСТЯНОГО ВОЛОКНА

В данной работе приведены результаты исследований по изучению влияющих факторов на процесс обесцвечивания шерстяных волокон с использованием различных химических реагентов. Известно, что чёрные и темно-коричневые шерстяные волокна не отбеливаются, их обесцвечивают при использовании в текстильной промышленности. Белые или бледноцветные шерстяные волокна подвергаются к белиeniu. Обычно тонковолокнистые шерстяные волокна бывают бесцветными и из них можно изготавливать assortименты тканей различного цвета. В них отсутствует природный пигмент, который придает волокну какой-либо цвет [1, 2].

В исследованиях в качестве объекта использовались промытые шерстяные волокна тёмного цвета из овец местной породы “Хисори”. Степень белизны и интенсивность цвета первично обработанных шерстяных волокон определялись на спектроколориметре X-Rite Ci7800 [3]. Деструкция кератина определялась растворимостью материала отбеленного в растворе 4 н. соляной кислоте при 65⁰С, в течении 1 часа, при модуле ванны -100. Процесс обесцвечивания осуществляется с целью разрушения естественного пигмента шерсти и проводился слабощелочным раствором гидросульфида натрия (12 г/л). Обработка начинается при температуре 20⁰С и в течение 30 мин. повышают температуру до 60⁰С при модуле ванны -100. После чего волокно обрабатывается раствором перекиси водорода, содержащим 10 г/л активного кислорода, при температуре 60⁰С.

Проведен процесс белиение- обесцвечивание промытых овечьих шерстяных волокон тёмного цвета. В состав белящего раствора входили: перекись водорода – в качестве отбеливателя, силикат натрия – в качестве стабилизатора, ПАВ с различными активностями. Изучено влияние природы ПАВ на интенсивность цвета и степень белизны волокон. Установлено, что в процессе белиение-обесцвечивание шерстяных волокон природа ПАВ не влияет на интенсивности цвета и степени белизны.

Также было изучено влияние природы окислителя и способа проведения процесса белиения – однованного и двухванного. При однованном способе интенсивность окраски понизилась от 3,9 до 0,8; при двухванном – от 3,9 до 1,3. Но в двухванном способе наблюдалось понижение деструкции кератина под действием 4 н. HCl (соответственно от 40 до 32) и повышение белизны шерстяных волокон (соответственно от 54% до 59%). Таким образом, установлено, что двухванный процесс обесцвечивания эффективен с высокой степенью белизны и яркостью окраски, а также с пониженной деструкцией кератина шерсти по сравнению с однованным способом.

Список литературы

1. Исламова З.Ш., Усмонова Ф.С., Миратаев А.А., Набиева И.А. Изучение процесса обесцвечивания шерстяного волокна // Вестник науки и образования. 2018. № 13 (49) С. 41-44.
2. Исламова З.Ш., Набиева И.А. Изучение эффективности процесса промывки шерстяных волокон // Сборник научных статей “Текстильная химия: Традиции и новации-2019” г. Иваново. С. 20-23.
3. Computer color matching system operation and maintenance manual. Korea industrial technology ODA. 2012. P.79.

Ш.Ш. Худойбердиев, И.А. Набиева*, К.М. Расулова, М.Т. Алимова

Институт химии и физики полимеров Академии наук Республики Узбекистан*
Ташкентский институт текстильной и лёгкой промышленности

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПЕЧАТИ

В процессах колорирования текстильных материалов из природных волокон широко используются активные красители, позволяющие получать устойчивые окраски в широкой гамме цветов. Недостатком активных красителей является их неустойчивость к гидролизу в водной среде, приводящему к образованию неактивной формы красителя и снижающему процент фиксации красителя на ткани [1].

Качество готовой текстильной продукции можно улучшить с использованием экологически безопасного полимера хитозана. Хитозан представляет собой ионогенный полисахарид с комплексом весьма ценных в практическом отношении свойств, таких как биологическая активность, биodeградируемость, водорастворимость, биосовместимость, а также высокая сорбционная способность [2]. В последние десятилетия интерес к хитозану проявляют исследователи, работающие и в области текстильной химии, как к перспективному отделочному материалу для облагораживания текстильных изделий и придания им новых специальных свойств. Целью данной работы являлось изучение возможности применения хитозана в процессе печатания активными красителями и исследования качественных показателей текстильного рисунка нанесенного на хлопчатобумажную ткань. Печатание проводили по одностадийному и двухстадийному способами активным красителем фирмы BEZEMA – Red P-3B. Колористические показатели печатного рисунка определяли на лабораторном спектрофотометре X-Rite Ci7800 (Корея)[3]. Результатами экспериментов установлено превосходство двухстадийного способа печатания с точки зрения получения более насыщенных и интенсивных окрасок с сохранением четкости контура перед одностадийным способом. Повышение интенсивности окраски вероятно связано с тем, что включение в печатную краску хитозана способствует дополнительной сорбции красителя. Закрепляясь на хлопчатобумажной ткани, хитозан улучшает капиллярные свойства, способствует формированию дополнительного капиллярного пространства, повышает диффузию молекул красителя вглубь волокна, что приводит к получению насыщенных окрасок нанесенного рисунка.

Исследование влияния составляющих печатной краски на качество рисунка показало, что включение в состав печатной композиции хитозана позволяет исключить из него мочевины, не ухудшая колористических характеристик рисунка. Получение печатного рисунка, устойчивого к стиркам, а также к сухому и мокрому трению, с сохранением четкости контура достигается за счет образования пленки хитозана на поверхности текстильного рисунка.

Список литературы

1. Ключкова И.И., Сафонов В.В. Влияние обработки хитозаном на свойства шерстяных тканей и процесс крашения активными красителями // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2007. №4 (299). С.48-52.
2. Ключкова И.И., Сафонов В.В. Изучение влияния обработки хитозаном на процесс крашения шерстяных тканей активными красителями // Вестник ДИТУД. 2006. №1. С.2-6.

3. Инструкция по пользованию. Computer color matching system operation and aintenance manual. Korea industrial technology ODA. 2012

И. А. Набиева ., Д.А. Алимova ., Р. К. Ахмадов

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ ОДНОЛЕТНИХ РАСТЕНИЙ

Бумажная промышленность остается важнейшей отраслью в мире, несмотря на научно-технический прогресс, развития интернета и компьютерных технологий. Целлюлозно-бумажная промышленность-является сложной технологической отраслью, которая требует многих факторов производств, таких как сырьевой, водный, транспортный фактор.

Основу любой бумаги составляют волокна целлюлозы. Эти волокно могут быть получены из разных источников - древесины, соломы, хлопка, тростины, риса или из самой же бумаги. Подавляющее большинство используемой сегодня бумаги требует в качестве сырья древесину. Использование местного сырья для получения целлюлозы и бумаги различного назначения на ее основе, с целью замены импортного сырья, является одним из актуальных вопросов [1].

В данной работе были проведены исследования получения целлюлозы из отходов корни солодка фармацевтической промышленности. Изучено влияние переменных факторов варки и отбелики на качественные показатели целлюлозы.

Процесс варки проводили натронным способом варьируя концентрацию щелочи от 20 до 60 г/л, температуру от 140 до 180⁰С и продолжительность варки от 60 до 180 минут [2]. Выявлено, что ужесточения условия варки, т.е. повышение переменных факторов положительно влияет на качество получаемой целлюлозы. При этом содержание α -целлюлозы увеличивается, степень полимеризации, зольность и выход уменьшается. На основе полученных результатов был выбран оптимальный режим варки: концентрация щелочи от 60 г/л, температура от 160⁰С и продолжительность варки 120 минут. Изменение переменных факторов в сторону увеличения незначительно улучшает качество целлюлозы. Полученная целлюлоза имеет коричневатый оттенок, в связи, с чем желательна проведения процесса отбелики для улучшения внешнего вида целлюлозы.

Исследованиями установлено, что с технологически и экономически приемлемо проводить процесс отбелики целлюлозы одностадийным способом при концентрации отбеливающего реагента 4%, температуре 35-40⁰С и продолжительности 60 минут.

Структура полученных образцов целлюлозы исследована методами ИК-спектроскопии и рентгенографии. Солодковая целлюлоза имела следующие качественные показатели: СП= 600, содержание α -целлюлозы 82%, содержание золы 0,55%, влажность 6,5%, белизна 47%.

Предварительные исследования по получению бумаги из солодковой целлюлозы показали возможность получения бумаги на ее основе, используемой в качестве упаковочных материалов и для получения картона.

Список литературы

1. Алимova Д.А., Хасанова С.Х., Набиева И.А., Миратаев А.А. Изучение возможности получения печатной бумаги на основе местного сырья // Композиционные материалы. 2018. №3. С 43-46
2. Шахидова Ф.Н, Набиева И.А, Набиев Д.С. Получения целлюлозы на основе отходов солодкового корня для производства бумаги. // Тезисы докладов молодых ученых и студентов Республиканского научно- практического конференции. 2008. Ташкент. С. 131.

Е. А. Буряк , А. А. Козлов

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОМПОНЕНТ ДЕФОРМАЦИИ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Деформацию, возникающую в полимерных текстильных материалах можно условно разделить на три компоненты: упругую, высокоэластическую и пластическую. Разделение величины полной деформации на компоненты считается непростой задачей, в связи с одновременным их возникновением и дальнейшим развитием. Только лишь посредством физически обоснованного аналитического описания изучаемой реологии полимерных текстильных материалов в сочетании с измерением различных деформационных процессов можно получать информацию о сложной картине распределения частиц материала по временам релаксации и по временам запаздывания [1].

Из опыта работы с полимерными текстильными материалами известно, что упругая, высокоэластическая и пластическая компоненты их деформации определенным образом зависят от уровня приложенного механического воздействия [2]. Отсюда следует, что по одной из кривых ползучести или релаксации невозможно получить какую-либо доступную информацию о временах запаздывания или релаксации [3].

Только лишь посредством физически обоснованного аналитического описания изучаемой реологии полимерных материалов в сочетании с измерением различных деформационных процессов можно получать информацию о сложной картине распределения частиц материала по временам релаксации и по временам запаздывания [4-6].

Процесс деформирования полимерных текстильных материалов с постоянной скоростью $\dot{\varepsilon}$ в начальной стадии диаграммы растяжения аналитически описывается феноменологическим интегральным уравнением нелинейно-наследственного типа, которое может быть записано в виде [7-9]:

$$\sigma_t = E_o \varepsilon_t - (E_o - E_\infty) \cdot \int_0^t \varepsilon_{t-s} \cdot \varphi'_{\varepsilon s} ds . \quad (1)$$

В связи с тем, что все параметры и функции, входящие в (1), имеют вполне определённый физический смысл, уравнение (1) можно считать математической моделью механических свойств полимерного текстильного материала с конкретной спектральной интерпретацией [10].

Как в общем случае, когда $\dot{\varepsilon} \neq const$, так и в частном случае, когда $\dot{\varepsilon} = const$,

упругая (ε_{to}) и поглощаемая (ε_{tt}) компоненты деформации могут быть определены по формулам [11-13]

$$\varepsilon_{to} = E_o^{-1} \sigma_t, \quad (2)$$

$$\varepsilon_{tt} = \varepsilon_t - \varepsilon_{to}, \quad (3)$$

либо расчётным прогнозом исходя из (18) с учётом (19) и (20) [14-16]

$$\varepsilon_{tt} = \left(1 - E_\infty E_o^{-1}\right) \int_0^t \varepsilon_{t-s} \varphi'_{\varepsilon s} ds, \quad (4)$$

$$\varepsilon_{to} = \varepsilon_t - \varepsilon_{tt}. \quad (5)$$

Относительные доли упругой и поглощаемой компонент деформации соответственно равны [17-19]

$$\varepsilon_{to} \varepsilon_t^{-1} = E_o^{-1} \sigma_t \varepsilon_t^{-1}, \quad (6)$$

$$\varepsilon_{to} \varepsilon_t^{-1} = 1 - \left(1 - E_\infty E_o^{-1}\right) \varepsilon_t^{-1} \int_0^t \varepsilon_{t-s} \varphi'_{\varepsilon s} ds. \quad (7)$$

При расчётах по (2) - (7) используются соответствующие вязкоупругие параметры-характеристики E_o , E_∞ , f_{τ_ε} , A_ε .

Таким образом, разделение полной деформации ε_t на упругую ε_{to} и поглощаемую ε_{tt} компоненты можно проводить либо используя экспериментальную диаграмму растяжения (2), (3), либо расчётным прогнозом (4), (5).

Работа финансировалась в рамках выполнения государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ, Проект № FSEZ-2020-0005.

Список литературы

1. Pereborova N.V., Makarov A.G., Kozlov A.A., Vasil'eva E.K. Development of Integral Optimality Criteria for Mathematical Modeling of Relaxation/Recovery Processes in Polymer Textile Materials. // Fibrie Chemistry. 2018. Vol. 50. No 4. P. 306-309. DOI 10.1007/s10692-019-09981-8
2. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Vagner, V.I., Egorova, M.A., Klimova, N.S. Spectral Analysis of Viscoelastic Creep of Geotextiles. Fibrie Chemistry, 2018, Vol. 50, No 4, pp. 378-382. DOI 10.1007/s10692-019-09993-4
3. Pereborova, N.V., Makarov, A.G., Shvankin, A. M., Egorova, M. A., Abramova, I. V. Modeling and Qualitative Analysis of Creep Processes of Geotextile Nonwovens -A Foundation for Enhancing their Competitiveness. Fibre Chemistry, 2020, Vol. 51, No. 5, pp. 397-400. DOI 10.1007/s10692-020-10119-4
4. Pereborova, N.V., Makarov, A.G., Shvankin, A. M., Egorova, M. A., Korobovtseva, A.A. Predicting Creep and Deformation and Recovery Processes of Geotextile Nonwovens. Fibre Chemistry, 2020, Vol. 51, No. 5, pp. 401-403. DOI 10.1007/s10692-020-10120-x
5. Pereborova, N.V., Makarov, A.G., Egorova, M.A., Egorov, I.M. Methods of Modeling and Computer-Aided Prediction of Relaxation of Medical-Purpose Textile Elastomers. Fibre Chemistry, 2020, Vol. 51, No. 6, pp. 467-470. DOI 10.1007/s10692-020-10136-3
6. Pereborova, N.V., Makarov, A.G., Egorova, M.A., Egorov, I.M. Methods modeling and Computer-Aided Prediction of Strain and Relaxation Processes of Medical-Purpose Textile

- Elastomers. *Fibre Chemistry*, 2020, Vol. 51, No. 6, pp. 471-474. DOI 10.1007/s10692-020-10137-2
7. Pereborova N.V., Demidov A.V., Makarov A.G., Klimova N.S. Modeling of Deformation-Relaxation Processes of Aramid Textile Materials – the Foundation for Analyzing Their Operational Properties. *Fibre Chemistry*, 2018, Vol. 50, No. 2, pp. 104-107. DOI 10.1007/s10692-018-9941-z
8. Makarov A.G., Pereborova N.V., Kozlov A.A., Shvankin A.M. Computer-Assisted Prediction and Qualitative Analysis for Polymer Parachute Cords *Fibre Chemistry*, 2018, Vol. 50, No. 3, pp. 239-242. DOI 10.1007/s10692-018-9968-1
9. Pereborova, N.V., Makarov, A.G., Egorova, M.A., Klimova, N.S. Improving the Competitiveness of Aramid Textile Materials Based on Mathematical Modeling and Analysis of Their Performance Properties. *Fibre Chemistry*, 2019, Vol. 50, No 6, pp. 569-572. DOI 10.1007/s10692-019-10030-7
10. Pereborova, N.V., Makarov, A.G., Egorova, M.A., Klimova, N.S. Methods of increasing the competitiveness of domestic aramid textile materials based on complex analysis of their functional properties. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2018, Vol. 378, No 6, pp. 267-272. eid=2-s2.0-85072335464
11. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Egorov, I.M. Quality analysis of deformation-relaxation properties of aramid cords mountain rescue appointments. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2017, Vol. 368, No 2, pp. 309-313. eid=2-s2.0-85035207042
12. Demidov, A.V., Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A. Forecasting of deformation-relaxation properties of poly amide fabric used to make the canopy. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2017, Vol. 367, No 1, pp. 250-258. eid=2-s2.0-85033239149
13. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Egorov, I.M. Mathematical modeling of deformation-relaxation processes polymeric materials in conditions of variable temperatures. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2017, Vol. 370, No 4, pp. 287-292. eid=2-s2.0-85057142312
14. Makarov, A.G., Demidov, A.V., Pereborova, N.V., Egorova, M.A. Modeling and prediction of estimated relaxation and deformation properties of the polymer parachute line. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2015, Vol. 360, No 6, pp. 194-205. eid=2-s2.0-84976560627
15. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Wagner, V.I., Vasileva, E.K. Development of methodology for the comparative analysis of deformation and relaxation properties of aramid yarns and textile materials based on them. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2015, Vol. 359, No 5, pp. 48-58. eid=2-s2.0-84971636036
16. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Wagner, V.I. Modeling and forecasting viscoelastic properties of textile materials with a complex structure. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2014, Vol. 354, No 6, pp. 120-124. eid=2-s2.0-84937439497
17. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Wagner, M.A. Ways of modeling deformation and relaxation properties of textile materials with a complex structure. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2014, Vol. 351, No 3, pp. 110-115. eid=2-s2.0-84937410003
18. Makarov, A.G. Determining the analytical correlation between the standardized nuclei of relaxation and creep in textile materials. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2002, Vol. 266, No 2, pp. 13-17. eid=2-s2.0-0036931214

19. Makarov A.G., Pereborova N.V., Wagner V.I., Rymkevich P.P., Gorshkov A.S. The Basis of Spectral-Temporal Analysis of Relaxation and Deformation Properties of Polymeric Materials in Textile and Ligt Industry. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Legkoi Promyshlennosti. 2014. Vol. 23, No 1. С. 24-29.

Ф.С. Усаманова, С.А. Аъзамжонова, Н.Д. Набиев

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

ПРИДАНИЕ ВОДООТТАЛКИВАЮЩИХ СВОЙСТВ ДЛЯ ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ТКАНИ

Авторами работы [1] созданы научные основы нового метода поверхностной модификации волокон тканей и нетканых материалов для получения текстильных материалов, обладающих свойствами сверхгидрофобности, олеофобности и грязеотталкивания на основе использования фторорганических веществ, формирующих наноразмерные слои из интерполимерных комплексов, в которых полимер играет роль закрепляющего, якорного компонента. Ими установлено, что в результате формирования фрагментированного наносероховатого слоя можно получить супергидрофобный текстильный материал.

В данной научной работе изучено возможность применения аппретов на основе Tubiguard SCS-F в процессе придания хлопчатобумажной ткани водоотталкивающие свойства. Объектом исследования является ткань хлопчатобумажная с различной поверхностной структурой. Все образцы состоят из 100% хлопкового волокна. В качестве гидрофобизатора исследовано *вспомогательное* вещество, для придания вода- и масло- отталкивающих свойств - Tubiguard SCS-F - Bezema СНГ (Швейцария), которая является фторсодержащей дисперсией, неионогенного характера.

Обработку образцов хлопчатобумажной ткани проводили раствором гидрофобизирующего аппрета Tubiguard SCS-F по методике фирмы BEZEMA согласно рекомендациям производителя. Аппретирование осуществляли плюсовочным способом при модуле ванны M=1,7:1 по непрерывному способу в лабораторной плюсовочной машине при комнатной температуре. Затем образцов отжимали до привеса 80-90%. После чего образцы сушили в мини-сушилке при температуре не выше 100⁰С, затем провели термообработку в сушильном шкафу Chamber manuals - НВ-105SG (Корея) при температуре 150-170⁰С в течение 5-10 минут. с целью фиксации гидрофобизатора

Водоупорность образцов определена на приборе - WR-1600E. Колористические показатели образцов хлопчатобумажной ткани после гидрофобной отделки проведено на лабораторном спектрофотометре X-Rite Ci7800 (Корея).

При нанесении на ткань используемый аппрет образуют на её поверхности прозрачные высокоэластичные плёнки, который обладает высокой адгезионной способностью по отношению к целлюлозе, в связи, с чем интенсивность, яркость и цветовой тон окрашенных хлопчатобумажных образцов тканей почти не отличаются от исходного образца. Однако в процессе аппретирования отбеленной ткани наблюдается некоторое снижение степени белизны. Достигнутый результат доказывает образования гидрофобности, т.к. краевой угол смачивания находится от 112⁰ до 124⁰ в зависимости от поверхностной структуры ткани. На основе полученных данных рекомендуется проведение процесса термообработки при температуре 150⁰С в течение 5 мин.

Список литературы

1. Амарлуи А., Волков В.А., Щукина Е.Л. Модифицирование волокон тканей методом формирования наноразмерных слоев фторсодержащих соединений. // Сборник материалов Всероссийской научно-технической конф. «Проблемы экономики, прогрессивные технологии в текстильной, легкой и полиграфической отраслях промышленности» (Дни науки-2008), СПб.: СПГУТД, 2008. С. 156-157.

В.Д. Хамидова

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБОВ ОБЕСКЛЕИВАНИЯ НАТУРАЛЬНОГО ШЕЛКА

Классический цикл подготовки натурального шелка включает в себя операции отварки (при которой удаляются все не волокнистые примеси), переварки (в результате которой происходит окончательная очистка фиброина волокон) и «оживки» (проводится для придания тканям специфического грифа и повышения блеска). Волокно в процессе отварки подготавливают к максимальному и равномерному поглощению красителя, с минимальным повреждением структуры [1].

С применением ферментов обработка тканей из белковых волокон (шерсть, шелк) перейдет на принципиально новый уровень. Ввиду чувствительности основного волокнообразующего компонента натурального шелка – фиброина к воздействию химических реагентов отделочные операции (в частности, обесклеивание, т. е. удаление из волокна природного клея - серицина) должны проводиться в щадящих условиях, обеспечивающих, тем не менее, максимальную очистку от сопутствующих веществ без нарушения целостности волокна. Поэтому ферменты, избирательно разрушающие серицин при температуре не выше 45°C и не затрагивающие структуру фиброина, будут здесь как нельзя более кстати. Ферменты характеризуются мягкостью действия на фиброин в процессе обесклеивания.

В настоящее время уже известны [2] несколько ферментативных способов подготовки текстиля из натурального шелка, которые базируются на использовании протеолитических ферментов (протеаз). Стоит отметить, что ферментативная обработка не оказывает негативного влияния на уникальные потребительские свойства натурального шелка (шикарный внешний вид, гигроскопичность, воздухопроницаемость, отсутствие электризуемости).

В работе был использован фермент Протосубтилин Г 3Х, относящийся к классу протеиназ, подклассу субтилизинов, которые катализируют распад пептидной связи, а следовательно гидролиз белков и полипептидов.

Для данного фермента был подобран оптимальный режим обесклеивания, при котором количество удаляемого серицина максимально, но при этом деструкция волокна минимальна. Этот метод обесклеивания имеет еще ряд преимуществ – он проводится в более мягких условиях: рН=7 и температуре 55⁰С, тогда как мыльно-содовый и стеароксный – при рН=10-11 и температуре 96-98⁰С. Степень деструкции определяли по вязкости растворов шелка, отваренного предложенным способом и для контроля традиционными способами обесклеивания (мыльно – содовым и стеароксным).

Характеристическая вязкость [q] для мыльно – содового и стеароксного способов составила 1,24 и 1,34 соответственно, а для протеолитического – 1,52. Естественно, что при таком способе обесклеивания деструкция фиброина минимальна.

Список литературы

1. Алимова. Х.А., Бурнашев Р.З. Теоретические аспекты и практические рекомендации по штапельированию и измельчанию отходов натурального шелка. 1994.
2. Arai Takayuki, afreddi Guiliano, innocent Ricciardo, Tsukada Masuhiro, Биодеструкция фиброина волокон и пленок шелка тутового шелкопряда (*Bombyx Mori*). Biodegradation of *Bombyx Mori* silk fibroinfibers and films.. J. Appl. Polym. Sci. 2004. 91, № 4, С. 2383-2390.

М.Ш. Хасанова, И.А. Набиева

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

КРАШЕНИЕ ТКАНЕЙ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО ВОЛОКНА НИТРОН

Производство тканей из смесей натуральных и синтетических волокон направлено на увеличение их ассортимента и качества. Ткани из нитрона не деформируются, хорошо сохраняют форму, не повреждаются молью. Но вместе с тем для одежды, которая непосредственно соприкасается с телом, использовать ткани из нитрона нецелесообразно: материал влагу не впитывает, поэтому естественный теплообмен будет нарушен, на коже могут появиться опрелости. С этой точки зрения целесообразнее использовать нитрон в смеси с натуральными волокнами, в частности с хлопком. Исследован процесс подготовки пряжи из хлопка и модифицированного нитрона, одностадийным комбинированным методом. Этим методом достигается высокая степень белизны и капиллярности путем подготовки пряжи из смешанных волокон для окрашивания [1].

Но тут встает вопрос об окрашивании таких смесовых волокон. Гидрофобная природа нитрона, отличающая его от натуральных волокон, ограничивает цветовую гамму в связи с тем, что оно способно окрашиваться не всеми красителями. Для крашения волокна нитрон применяются катионные красители, а для хлопка – анионные. Поэтому возникает опасность взаимодействия этих красителей между собой, и как результат выпадение продуктов реакции в осадок. Во избежание этого процесса и возможности однованного крашения хлопка-нитронового волокна одним классом красителей волокно нитрон было модифицировано отходами натурального шелка для внедрения гидрофильных групп и для возможности окрашивания анионными красителями.

В работе был изучен процесс крашения активными красителями смесевых тканей хлопок: нитрон, а также хлопок: нитрон модифицированный отходами натурального шелка – в соотношениях 30:70.

Для исследования был выбран активный краситель фирмы “Kimsoline” (Германия). Kimsoline Violet SHF – 3В по условиям крашения соответствует российскому активному красителю без индекса (температура крашения для красителя без индекса 80-90⁰С). Этот краситель был выбран с учетом того, что его можно применять для крашения хлопка и натурального шёлка.

Крашение образцов проводилось по следующей технологии: концентрация красителя 3% от массы образца; модуль ванны 1:30; Na₂SO₄- 55 г/л; Na₂CO₃- 20 г/л. Окрашиванию подвергались как образцы смесовых волокон, так и для контроля

индивидуальные волокна нитрона, хлопка и модифицированного нитрона. В качестве контролирующего показателя было выбрано измерение интенсивности цвета.

Наилучшие результаты были получены на образцах хлопкового волокна и смеси хлопка с модифицированным нитроном, тогда как интенсивность окраски на простом хлопко-нитроновом образце даже визуальным способом значительно ниже. Это указывает на то, что белок натурального шелка прочно удерживается нитроновым волокном и придает ему повышенные сорбционные свойства.

Список литературы

1. Nabieva I., Khasanova M., Ergashev K. Preparation for the dyeing of blended yarns made from cotton and PAN fibres. // International textile bulletin. 2004. №1. P. 64.

С.Х. Хасанова, Ш.Х. Шаманов

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КРАШЕНИЯ СМЕСЕВОЙ ТКАНИ НА ОСНОВЕ ШЕЛКА И НИТРОНА

В связи с повышением требований к качеству текстильных материалов, обновлением и расширением их ассортимента, все более модными становятся смесовые ткани, выработанные из натуральных и химических волокон. Трудности, возникающие, при колорировании смесевых тканей основаны на отношении каждого волокнистого субстрата к действию агрессивным химическим реагентам, а также разности надмолекулярных структур волокон. В зависимости от химического и физического строения волокон, т.е. набора и природы потенциальных активных центров, их доступности для красителей, выбираются классы и типы красителей.

Целью данной работы является исследование механизма крашения смесевой ткани на основе шелка и нитрона соотношением 20-80. Так как натуральный шелк является гидрофильным не термопластичным, ему свойствен механизм диффузии красителя в порах заполненных раствором, а для полиакрилонитрильного волокна будучи гидрофобным термопластичным присуще механизм диффузии в свободном объеме волокна.

Как известно из литературных данных для крашения натурального шелка используется водорастворимые красители [1], в частности прямые, активные, а для волокон гидрофобного характера (ПАН волокна) рекомендуется окрашивание катионными и дисперсными красителями. Учитывая вышесказанное, колорирование смесевой ткани проводилось с применением катионного и дисперсного красителей. В работе были изучены влияние концентрации компонентов красильной ванны, температуры и времени крашения на интенсивность и прочностные показатели окраски смесевой ткани.

Высокий показатель интенсивности цвета наблюдается у катионного красителя (K/S=13) при температуре 98 °С и продолжительности времени крашения в течении 75 минут, а в случае крашения дисперсным красителем в тех же условиях интенсивность цвета окрашиваемого образца смесевой ткани составил K/S=10, что может быть связано с увеличением количества свободных объемов на поверхности нитрона, образуемых под воздействием высокой температуры и увеличения скорости диффузии катионного красителя.

При крашении смесевой ткани шелк/нитрон катионным розовым 2С было получена окраска высокой чистоты и яркости, чем по сравнению дисперсным алым Ж. В результате проведенных работ достигнута возможность получения однотонной окраски на обеих составляющих смесевой ткани с высокой колористической и прочностными показателями к мыльной обработке. Определены термодинамические и кинетические параметры процесса крашения смесевой ткани на основе шелк и нитрон с красителями «катионный розовый 2С» и «дисперсный алый Ж».

Таким образом, создание смесовых тканей на основе натурального шелка и полиакрилонитрильного волокна, обладающих высокой колористикой и физико – механическими показателями позволит расширить ассортименты товаров, тем самым обеспечит рынок высококачественными текстильными изделиями.

Список литературы

1. Кричевский Г.Е. Химическая технология текстильных материалов. Учеб. для вузов в 3-х т. Т.2. Колорирование текстильных материалов. // М.: Легпромбытиздат, 2001. 540 с.

М.С. Суннатуллаева, Ж.Ж. Эргашова, Н.Д. Набиев

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОГНЕСТОЙКОЙ ОТДЕЛКИ ХЛОПЧАТОБУАЖНОЙ ТКАНИ

В настоящее время, несмотря на сложности кризисного периода, сектор рабочей специальной одежды, как и сектор технического текстиля, рассматривается в качестве перспективного направления и продолжает динамично развиваться [1].

Текстильные материалы являются определённым источником опасности во время пожаров, так как способствуют распространению пламени и при горении выделяют большое количество дыма и газов. [2].

В качестве объекта исследования были выбраны хлопчатобумажные текстильные материалы и антипирены на основе фосфор-, азотсодержащих олигомеров. Пропитку наносили методом плюсования материала в состав аппрета при температуре 20-25°C. Пропитанный текстильный материал проходит через отжимные валики до 90-100%, сушится в сушильном шкафу, далее подвергается термической обработке. Термическая обработка осуществляется в течение 2-3 минут при температуре 150-160°C. Негорючесть материалов оценивали следующим образом: Элементарную пробу вводят в пламя горелки таким образом, чтобы нижний край пробы погрузился на 20 мм в пламя, одновременно включая секундомер. Время выдерживания пробы в пламени - 30 с. По истечении заданного времени выдерживания в пламени пробу выводят из зоны огня. Отключают секундомер. Включая секундомер, фиксируют длительность остаточного горения и тления пробы после вынесения её из открытого пламени.

В данной работе огнезащитную модификацию осуществляли органическим фосфонатом производства Швейцарии фирмы Vezema СНТ – Аpyrol CEP и фосфор-, азот и металлосодержащим замедлителем горения (ЗГ) олигомерной композицией представленным Ташкентским химико-технологическим научно-исследовательским институтом методом плюсования. При использовании в качестве антипирена Аpyrol CEP

плюсовочный раствор кроме основного вещества содержит катализатор – 85%-ную фосфорную кислоту, сшивающего агента - Tubicoat fixing agent НТ на основе меламиновой смолы. Для повышения смачиваемости обрабатываемой ткани использовали поверхностно-активного вещества Kollasol CDO. Для повышения сорбции препаратов проводили двукратную пропитку. Ответственной частью процесса обработки антипиренами является продолжительность и температура процесса термообработки, так как качество защитной пленки, образующейся на поверхности ткани, зависит от них. Процесса термофиксации проводят для закрепления антипирена. При проведении термической обработки при температуре 160⁰С в течение 3 мин была достигнута наименьшая высота возгорания материала равной 40 мм.

Список литературы

1. Самигов Н.А., Джалилов А.Т., Сиддиков И.И., Нуркулов Ф.Н., Жумаев С.К., Самигов У.Н. Синтез и свойства на основе фосфор-, кремний- и азотсодержащих олигомерных антипиренов // Пожаровзрывобезопасность. 2018. №1. С. 86-89
2. Микрюкова О.Н., Бешапошникова В.И., Штейнле В.А., Загоруйко М.В., Александрова Т.В. Влияние замедлителей горения на свойства текстильных материалов для спецодежды. Международная научно-техническая конференция «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности». (ИННОВАЦИИ 2018). // Сборник материалов. Россия. 2018. Часть 2. С. 282.

Т.Б. Кольцова, Е.С. Цобкалло О.А. Москалюк

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ПРОЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ШЕРСТЯНЫХ ВОЛОКОН

Механические нагрузки, приложенные к образцу полимерного материала, активируют в нем рост структурных дефектов, распределенных по некоторому вероятностному закону. Прочностные характеристики полимерных материалов зависят от многих причин, к числу основных можно отнести количество и природу структурных дефектов, их локализацию. Все перечисленные факторы, относящиеся к несовершенствам структуры, являются случайными величинами определяются их функциями распределения [1]. Поэтому исследование прочностных характеристик материалов, основанный на статистических подходах, достаточно эффективен, так как позволяет проанализировать и оценить не только степень однородности и дефектности материалов, но и делать выводы о механизмах их разрушения [1, 2]. Цель настоящей работы состояла в изучении прочности элементарных шерстяных волокон с позиций структурно-статистического подхода. Такие исследования элементарных волокон натуральной шерсти проводятся впервые. Испытания проводились на элементарных волокнах грубой натуральной шерсти в режиме одноосного растяжения на установке INSTRON 1122 при значениях скорости растяжения 20 мм/мин. Испытания были проведены на 200 идентичных образцах при базовой длине 30 мм. Среднее значение диаметра поперечного сечения образца шерстяного волокна составляло $0,07 \pm 0,01$ мм. Измерения проводились в соответствии с «ГОСТ 20269-93. Шерсть. Методы определения разрывной нагрузки». Определение значения разрывного напряжения

волокна проводили по формуле $\sigma_p = \frac{P_p}{F_0}$, [МПа], где P_p [Н] - нагрузка, приводящая к разрушению образца, F_0 [мм²] - первоначальная площадь поперечного сечения конкретного образца. На основе анализа экспериментальных значений разрывной прочности σ_p было установлено, что распределение прочности элементарных волокон шерсти описывается нормальным распределением Гаусса. Этот результат позволил сделать вывод о пластичном характере разрушения достаточно сложной структуры кератиновых шерстяных волокон [3]. Были проведены сопоставления структурных процессов при деформировании шерстяных волокон на различных этапах удлинения. Проведённый анализ позволил углублённо проанализировать механизмы деформирования шерстяного волокна на разных стадиях его удлинения.

Список литературы

1. Карташов Э.М., Цой Б., Шевелев В.В. Разрушение пленок и волокон: Структурно-статистические аспекты. Изд. 2-е, испр. и доп. // М.: ЛЕНАНД, 2015. 784 С.
2. Бойко Ю.М., Марихин В.А., Москалюк О.А., Мясникова Л.П., Цобкалло Е.С. Статистический анализ прочности ориентированных волокон полиамида-6. // Письма в ЖТФ. 2019. т. 45. вып. 8. С. 37-39
3. Tsobkallo E., Aksakal B., Darvish D. Recovery Process in Stretched Wool Fibers. // Journal of Macromolecular Science. Part B: Physics. 2010. 49. P. 495-505.

Б. Р. Таусарова. Г.Ж. Джаманбаева

Алматинский технологический университет

РАЗРАБОТКА ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ОГНЕЗАЩИТНЫМИ И АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Текстильные материалы имеют широкую область применения: в быту, технике, общественных зданиях, на транспорте, используются в качестве штор, драпировок, занавесей, материалов при изготовлении мягкой мебели, спальных принадлежностей, специальной защитной одежды и изделий, декоративной отделки различных по функциональному назначению помещений. Однако опасность возгорания и инфекционные заболевания создают большие угрозы для общественной безопасности и здоровья человека, являются серьезным источником опасности во время пожаров, легко воспламеняется, способствует распространению пламени и при горении выделяют большое количество дыма и газов. В современных условиях активно развиваются исследования по совершенствованию приемов модификации целлюлозных материалов для создания широкого ассортимента новых, высококачественных материалов, с полифункциональными свойствами как огнезащитные, гидрофобные и антибактериальные[1,2]. В последнее время внимание исследователей привлекают наноконпозиты на основе наночастиц оксида цинка, которые обладают полезными оптическими, механическими, полупроводниковыми, огнезащитными и антибактериальными свойствами [3].

Целью настоящего исследования является получение целлюлозных материалов огнезащитными и антибактериальными свойствами с применением тэтроэтоксисилана, тиомочевины и наночастиц оксида цинка.

Образцы хлопчатобумажной ткани размером 200 × 170 мм после определения точной массы на аналитических весах подвергался пропитке водным раствором

полимерных композиций. Изменение огнезащитных свойств хлопчатобумажной ткани приведено для трех режимов термообработки: при 110⁰С, 130⁰С и 150⁰С. Наночастицы оксида цинка получили гидролизом нитрата цинка (Zn(NO₃)₂) в щелочной среде, регулируя значение рН. Антимикробное действие ткани оценивали по степени угнетения роста бактерий через разное время инкубации по сравнению с контрольными образцами ткани. Исследовано влияние концентрации рабочего раствора, температуры пропитки на огнезащитные и антибактериальные свойства ткани. Полученные данные показывают, что у целлюлозных материалов, обработанных композициями с повышением концентрации составов, длина обугленного участка уменьшается от 220 до 120 мм. С увеличением концентрации огнезащитного состава, и температуры термообработки воздухопроницаемость и разрывная нагрузка меняются незначительно. Установлено, что обработанная хлопчатобумажная ткань подобранным составом улучшает огнезащитные и антимикробные свойства, улучшает физико-механические характеристики.

Список литературы

1. Zhang, J., Chen, B., Liu, J. et al. Multifunctional antimicrobial and flame retardant cotton fabrics modified with a novel N, N-di(ethyl phosphate) biguanide. // Cellulose. 2020.V. 27. P. 7255-7269.
2. Таусарова Б.Р., Стасенко А. Ю. Придание огнезащитных свойств целлюлозным текстильным материалам с применением золь-гель технологии // Химия растительного сырья. 2019. №4. С. 365-372.
3. Wang Y.W., ShenR, Wang Q. et al. ZnO Microstructures as Flame-Retardant Coatings on Cotton Fabrics // ACS Omega. 2018. Vol.3. P. 6330–6338.

Б.Р. Таусарова. М. Е.Садыкова

Алматинский технологический университет

МОДИФИКАЦИЯ ЛЬНЯНЫХ МАТЕРИАЛОВ НАНОЧАСТИЦАМИ ДИОКСИДА ТИТАНА ДЛЯ ПРИДАНИЯ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ СВОЙСТВ

Наноматериалы, содержащие наночастицы диоксида титана, проявляют биоцидную активность широкого спектра действия по отношению к различным бактериям, грибкам и вирусам. Диоксид титана инертный, дешевый и нетоксичный материал, широко применяется в медицине в качестве биосовместимых и антибактериальных покрытий, для создания газовых сенсоров, безвредного для человека белого красителя, при производстве солнцезащитных кремов для поглощения излучения УФ-диапазона солнечного спектра. Покрытия из диоксида титана нашли применение как антибактериальные и самоочищающиеся покрытия. Экологическая совместимость, не токсичность и низкая цена - практические преимущества диоксида титана Диоксид титана безвреден для ткани или кожи человека, а ткань, обработанная таким образом, не меняет ни цвета, ни фактуры, убивает множество бактерий. Применение наночастиц диоксида титана для модификации текстильных материалов постоянно расширяется за счет их высоких бактерицидных свойств. В настоящее время проводятся исследования, направленные на разработку льняных материалов с антибактериальными свойствами модифицированные наночастицами металлов [1-2].

Целью настоящего исследования является модификация льняных материалов наночастицами диоксида титана, с целью придания им антибактериальных свойств.

Наночастицы диоксида титана получали гидролизом тетрахлорида титана $TiCl_4$ в щелочной среде, регулируя значение pH водным раствором аммиака при температуре 30°-70°[3]. Образующиеся наночастицы TiO_2 зависят от pH синтеза, имеют сферическую форму, диаметром 80-188 нм. На сферическую форму наночастиц влияет среда и условия проведения синтеза. Образцы льняной ткани размером 100×100 мм. подвергались пропитке свежеприготовленным раствором выбранной концентрации в течение 30 минут, высушивали при комнатной температуре. После ткань отжимают до привеса 90%, сушат при температуре 80°С в течение 6 мин и проводят термообработку при температуре 100°С в течение 2 мин с последующей промывкой, теплой водой. Исследования, проведенные *методом электронно-сканирующей микроскопии*, подтвердили наличие наноразмерных частиц в структуре материала. Разработаны оптимальные условия синтеза наночастиц диоксида титана и обработки льняных материалов. Антимикробное действие оценивали по степени угнетения роста бактерий через разное время инкубации по сравнению с контрольными образцами. Установлено, что модификация целлюлозных материалов подобранным составом придает антимикробные свойства обработанной ткани, улучшает прочностные характеристики.

Список литературы

1. Costa S. M. et.al. Multifunctional Flax Fibres Based on the Combined Effect of Silver and Zinc Oxide (Ag/ZnO) Nanostructures // *Nanomaterials*. 2018. 8. 1069.
2. Shahid-ul-Islam et.al. Facile synthesis of chitosan-silver nanoparticles onto linen for antibacterial activity and free-radical scavenging textiles // *Int. J. Biol. Macromol.* 2019. 133. P. 1134–1141.
3. Sadykova M. Taussarova B., Linen materials with antibacterial properties modified with titanium dioxide nanoparticles // *Norwegian Journal of development of the International Science*. 2021. V. 2. №59. P.12-15

Л.Г. Махотина, А.Г. Кузнецов, В.Н. Сунайт, В.Н. Селезнев

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ВЫСОКОГО ВЫХОДА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С БАРЬЕРНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ НА ОСНОВЕ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ ПОЛИМЕРОВ

В настоящее время в мире производится более 600 видов целлюлозных композиционных материалов (ЦКМ). Наиболее массовыми видами ЦКМ являются тароупаковочные бумага и картон, которые традиционно производили из сульфатной хвойной (крафт) целлюлозы. Однако в последние 5-10 лет в композиции ЦКМ для упаковки все чаще стали использовать волокнистые полуфабрикаты высокого выхода - химико-термомеханическую массу (ХТММ), технология которой отработана, а производство стабильно и измеряется в миллионах тонн в год. Так, например, в Китае на 34 целлюлозно-бумажных комбинатах работает 51 технологическая линия по

производству волокнистых полуфабрикатов высокого выхода общей производительностью 10,73 млн тонн в год.

Тонкие виды упаковочной бумаги на основе ХТММ с повышенными физико-механическими и прочностными свойствами могут быть использованы при производстве ЦКМ с барьерными покрытиями из биоразлагаемых полимеров для упаковки пищевых продуктов долгого хранения в холодильных камерах, в условиях повышенной влажности, выдерживающего многократные резкие перепады температур и используемые для фасовки горячих блюд.

В данной работе исследовано влияние введения беленой хвойной целлюлозы на физико-механические свойства бумаги на основе ХТММ с целью использования такого композита для производства ЦКМ с барьерными покрытиями для упаковки пищевых продуктов долгого хранения.

Для исследования использовали ХТММ и беленую сульфатную хвойную целлюлозу. Хвойную целлюлозу размалывали в ролле "Валлей" до степени помола 21 ± 2 °ШР. Для определения морфологических характеристик использовали анализатор волокна Morfi Compact. Отливки массой 45 г/м^2 изготавливали на листоотливном аппарате Репид-Кетен с автоматическим управлением. Испытания отливок для определения физико-механических и прочностных показателей проводили в соответствии с ГОСТ 30436-96 и ГОСТ 13525.3.

Анализ полученных данных показал, что введение менее 10% хвойной целлюлозы к короткому жесткому волокну ХТММ, содержащему лигнин как внутри, так и на поверхности, с большим содержанием мелочи, приводит к нарушению однородности структуры отливки и снижению взаимодействия между волокнами, снижается разрывная длина. Введение к ХТММ 10 – 15% хвойной целлюлозы позволяет повысить разрывную длину отливок на 20 – 30% и сопротивление раздиранию на 40%, при целевом значении 19% и 7%, соответственно. При этом пухлость снижается на 15%.

Выводы:

1. По результатам проведенной работы показана возможность повышения физико-механических и прочностных свойств бумаги на основе ХТММ за счет введения хвойной целлюлозы и использования ее для производства ЦКМ с барьерными покрытиями из биоразлагаемых полимеров для упаковки пищевых продуктов долгого хранения.

2. Наиболее эффективное повышение физико-механических и прочностных свойств бумаги на основе ХТММ происходит при введении в композицию хвойной целлюлозы, имеющей в 2 раза большую длину волокна, меньшую грубость и меньшее содержание мелкого волокна.

Список литературы:

1. Key Statistics, 2019 / Confederation of European Paper Industries (CEPI), Brussels, 2020. 31 P.

М.М. Агзамов, А.А. Султонов, М.Б. Рахматов, М.М. Агзамов, Х.М. Носиров

ООО «METINILM», Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МЕЖДУ ПИЛЬНЫХ ПРОКЛАДОК В ПИЛЬНЫХ ЦИЛИНДРАХ ДЖИНОВ

В пильных цилиндрах джинов, в настоящее время используются между пильные прокладки, изготовленные из алюминия. Недостатком данного пильного цилиндра является использование дефицитного цветного металла – алюминия, деформация алюминиевых прокладок, излишний вес и дороговизна.

Для исключения использования дефицитного цветного металла, снижения веса и стоимости пильного цилиндра, расхода электроэнергии затрачиваемого на вращение пильного цилиндра и увеличения срока службы пильного цилиндра, было предложено использовать прокладки, изготовленные из полимерного материала. Прокладки снабжены встроенными в их основу металлическими штифтами, расположенными на одинаковом расстоянии от центра вала и друг от друга и буртиком, расположенным на внутренней, торцевой поверхности основы. Между пильная прокладка состоит из основы, изготовленной из полимерного материала, и имеющей концентрично расположенные металлические штифты, встроенные в основу на одинаковом расстоянии от центра и друг от друга, на внутренней торцевой поверхности основы имеется буртик. Буртик выполнен с возможностью свободного вхождения в шпоночный паз вала пильного барабана.

Выполнение основы между пильной прокладки из полимерного материала позволяет исключить использование дефицитного цветного металла - алюминия, снизить вес пильного барабана и в результате расход электроэнергии расходуемого на его вращение, т.к. предложенная междупильная прокладка имеет более низкий вес, чем металлическая [80].

Оснащение между пильной прокладки стальными штифтами обеспечивает точность между пильных расстояний и увеличение срока службы пильного цилиндра.

Как известно, затяжка дисковых пил и между пильных прокладок на валу осуществляется усилием до 5 тонн. По мере работы пильных барабанов, их пилы притупляются и через определенное время барабан должен быть разобран для смены пил на новые. При частой смене пил и перетяжках алюминиевые прокладки деформируются и теряют свои размеры и как следствие не выдерживаются расстояния между пилами пильного цилиндра, что является недопустимым. При использовании металлических, например, стальных штифтов обеспечивается более точные размеры между пильных расстояний и увеличивается срок службы между пильных прокладок, т.к. сталь имеет более высокую прочность на сжатие по сравнению с алюминием или его сплавами и при пере затяжках не деформируется и не теряет своих размеров [81,82]. При изготовлении штифтов из более высокопрочных металлов или сплавов они будут работать еще эффективнее.

Расположение металлических штифтов на одинаковом расстоянии от центра вала и друг от друга необходимо для обеспечения требуемой остаточной неуравновешенности пильного барабана.

Буртик, расположенный на внутренней торцевой поверхности основы, при сборке входит в шпоночный паз вала пильного барабана и препятствует проворачиванию прокладки на валу и таким образом обеспечивается расположение каждого штифта соседних прокладок друг против друга.

Список литературы:

1. Агзамов М., Агзамов М.М. Пильный цилиндр хлопкоочистительной машины. Патент РУз. №FAP 01029, 14.08.2013.
2. Юнусов Р.Ф., Шамсиев Ш., Агзамов М.М. Пильный цилиндр хлопка обрабатывающей машины // Международная научно-техническая конференция «Прогресс». Иваново. 2008

М.М. Агзамов, А.А. Султонов, М.Б. Рахматов, М.М. Агзамов, Х.М. Носиров

ООО «METINILM», Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

ВЛИЯНИЕ СУШКИ ХЛОПКА НА КАЧЕСТВО СМЕШАННЫХ НИТЕЙ И ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Как известно, одним из видов сырья для выработки смешанных нитей и целлюлозы служит хлопковое волокно линт и от их качества зависит и качество нити и целлюлозы, а также затраты процесса на их выработку.

В настоящее время в технологическом процессе первичной обработки хлопка, время сушки не регламентируется, хотя этот показатель оказывает существенное влияние на качественные показатели конечной продукции – хлопкового волокна, линта и хлопковых семян. Длительная сушка хлопка-сырца ведет к пересушиванию волокна и семян и к излишней затрате электроэнергии и топлива в технологическом процессе. Пересушка волокна может положительно сказаться в процессе очистки от сорных примесей, но отрицательно сказывается в процессе дженирования.

При пересушивании волокна и семян возрастает их хрупкость и особенно кожуры семян. В результате в процессе дженирования растет укорачивание волокна, что снижает прядельно-технологические свойства и естественно ведет к снижению ценности волокна. Растет опушенность семян после джина из-за того что волокно отрывается не от кожуры семени, а ломается на месте перегиба у зуба пилы. При отрыве волокна от семени, в результате хрупкости кожуры семени, разрушается кожура семени и в итоге растет образование пороков волокна – кожица с волокном и битые семена, что ведет к снижению качества волокна на несколько классов. Разрушение кожуры семян ведет и к ухудшению качества семян. Длительный нагрев также ведет к высушиванию ядра семени, что отрицательно сказывается на всхожести посевных семян и может сказаться на выходе масла у технических семян. Пересушка волокна также отрицательно сказывается в процессе прессования.

Экспериментальными исследованиями, проведенными в лабораторных и производственных условиях, определено влияние режимных условий сушки, таких как температура, продолжительность сушки и производительность сушилки с учетом различия начального тепло влажностного состояния хлопка-сырца на комплекс качественных показателей волокна и линта различной селекционной разновидности промышленного сорта. Увеличение температуры нагрева хлопкового волокна и продолжительность сушки сверх рациональных значений (рациональная температура нагрева 65-70 °С) ведет к изменению цвета волокна и линта, уменьшению его разрывной нагрузки, увеличению механических повреждений (особенно для низких сортов хлопка-сырца) и уменьшению модальной и штапельной длины в порядке снижения сортности хлопка-сырца;

Влияние режимных условий сушки хлопка-сырца на качественные показатели волокна различной селекции проявляется однозначно, лишь с незначительными

отклонениями. Так, например, при увеличении продолжительности и температуры сушки для селекционной разновидности Киргизия-3, зафиксирован - несколько меньший уровень повреждения волокна по сравнению с разновидностью Фергана-3.

Изменение производительности сушилки по хлопку-сырцу при неизменном подводе тепла к ней отражается на температуре нагрева волокна и влагоотборе, что связано с изменением качественных показателей волокна и в частности, с увеличением производительности снижаются: температура нагрева волокна, влагоотбор и уровень потери качества волокна.

Список литературы

1. Агзамов М., Юнусов С.З., Рахматов М.Б., Агзамов М.М. Влияние изменения конструктивных параметров рабочей камеры на качество хлопкового волокна в процессе пильного дженирования // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2019. №1. Том 43. С. 90-92
2. Агзамов М.М., Маматов А.З. Исследование влияния времени сушки на процесс дженирование хлопка-сырца // Материалы республиканской научной конференции, ТИТЛП, 2011 г.

Д.В. Вольнова, Е.С. Цобкалло, Г.П. Мещерякова

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРОГОВОГО ЗНАЧЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ УГЛЕРОДНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ В ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ВОЛОКНАХ

В настоящее время в промышленности нашли широкое применение материалы с наперед заданными электрическими свойствами, в том числе со значением удельного объемного электрического сопротивления ρ_v . Антистатические материалы, для которых ρ_v изменяется в промежутке от 10^5 до 10^9 Ом·м, используются во взрывоопасных условиях (шахты, рудники), электрорассеивающие ($10^7 - 10^{11}$ Ом·м) применяются в производстве полупроводниковых микросхем, экранирующие ($10^2 - 10^5$ Ом·м) – в кабелях специального назначения, электропроводящие ($10^{-5} - 10^2$ Ом·м) – в корпусах, деталях специальных устройств. Изменять удельное объемное электрическое сопротивление композитных полимерных материалов, в том числе и композиционных полимерных волокон, возможно путем введения в полимерную матрицу электропроводящего наполнителя. Одними из наиболее перспективных на сегодняшний день являются углеродные нанонаполнители. Свойства получаемых композитных волокон зависят от выбора полимерной матрицы, вида электропроводящего наполнителя и его концентрации. Поэтому возникает проблема установить, какой наполнитель выбрать и в какой концентрации, чтобы материал получил требуемые свойства. Но проводить эксперимент перед созданием нового вида волокон очень трудоемкое и затратное мероприятие. Поэтому одной из важнейших задач современной науки является моделирование процессов, протекающих в полимерном композиционном волокне после введения в него наполнителя определенного вида. Одним из способов решения данной задачи является математическое моделирование. Как было установлено в работах [1-2], концентрационные зависимости удельного объемного электрического сопротивления от вида наполнителя можно описать с помощью функции Больцмана. В настоящей работе

предложен аналитический метод определения концентрации углеродного наполнителя, при которой начинают формироваться проводящие цепочки (проводящие кластеры). Характер изменения значений электрического сопротивления в системе диэлектрик-проводник носит пороговый характер. Важнейшей характеристикой в этом процессе, является концентрация наполнителя, соответствующая середине участка резкого падения напряжения – порог протекания. В настоящей работе также предложен математический метод определения этого порогового значения концентрации углеродного наполнителя в композиционных полимерных волокнах, полученных на основе термопластичной полимерной матрицы и углеродных наночастиц.

Список литературы

1. Вольнова Д.В., Цобкалло Е.С., Мещерякова Г.П. Математическое моделирование концентрационных зависимостей электропроводности плёночных нитей, наполненных углеродными нанотрубками // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2019. №1. Том 43. С. 15-18
2. Tsobkallo E.S., Vol'nova D.V., Meshcheryakova G.P. Relationship of mathematical and structural modeling of the electrical conducting properties of composite film fibers with isotropic and anisotropic carbon nanofillers // Fibre chemistry. 2020. T. 52. № 3. С. 141-147.

М.М. Зубайдуллаева, А.Ф. Рейимов, Д.Б. Садикова, Д.О. Абдусаматова

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

ПРИМЕНЕНИЕ КОЛЛАГЕНА ДЛЯ КРАШЕНИЯ ХЛОПКО-ПОЛИЭФИРНОЙ ТКАНИ

На текстильном рынке самыми востребованными являются полотна и изделия из смесевых синтетических и природных волокон. Из-за различий механизма взаимодействия природного и синтетического составляющего материала с молекулами красителя очень сложно подобрать универсальный краситель [1]. Для решения этой проблемы мы проводим исследования крашения смесевых текстильных полотен минерально-органическими красителями – металлокомплексами коллагена.

Коллаген, предназначенный для обработки ткани, выделен из сырых отходов шкуры крупного рогатого скота [2]. Исследована зависимость физико-химических свойств раствора коллагена от условий получения и глубины диализа. Определены массовая доля сухих веществ и общее количество белка в растворе, удельная электропроводность, плотность, показатель преломления, относительная вязкость растворов, области поглощения хромофорных групп в УФ-спектре.

Для проведения химических реакций, в том числе для синтеза координационных комплексов коллагена с ионами металлов следует освободить раствор от электролитов. Присутствие ионов в растворе приводят к протеканию побочных реакций с модифицирующими веществами. С этой целью мы проводили диализ раствора коллагена, сменяя воду в диализаторе каждые два часа. Степень диализа контролировали по удельной электропроводности раствора и массе сухого остатка. Уменьшение электролитов в растворе приводит к адекватному уменьшению массовой доли сухих веществ и электропроводности раствора.

Комплексные соединения получены смешиванием растворов $CuSO_4$, $FeSO_4$, $Ni(NO_3)_2$, $CrCl_3$, $CoCl_2$ с раствором коллагена. Через час после смешивания смеси

выливали в этанол. Осажденные в этаноле комплексные соли выделили фильтрованием и высушили. Результаты ИК-Фурье спектроскопических исследований коллагена и его координационных комплексов показали, что ион металла связывается с кислородом и азотом коллагена и с кислородом воды донорно-акцепторной связью, а также ионной связью за счет карбоксилат иона. На основании результатов ИК-Фурье спектроскопии, СЭМ, рентгенофазового анализа, ДСК предложены молекулярные и структурные формулы комплексов.

Синтезированные цветные комплексы Cr^{3+} и Cu^{2+} с коллагеном опробованы в качестве красителей смесового текстильного материала. Предложена технология подготовки и крашения хлопко-полиэфирной ткани комплексом коллагена. Мерсеризация материала в растворе щелочи, крашение в растворе металлокомплекса, при 40°C, 10 минут, производство термообработки окрашенных образцов при температуре 125-130°C, в течение 3-5 минут способствует закреплению комплекса на волокнах материала.

Список литературы

1. Кричевский Г.Е. Химическая технология текстильных материалов. // Москва. 2000. Т.2. 540 с.
2. Rafikov A.S., Khakimova M.Sh., Fayzullayeva D.A., Reyimov A.F. Microstructure, morphology and strength of cotton yarns sized by collagen solution // Cellulose. 2020. 27 (17). P. 10369-10384. DOI 10.1007 / s10570-020-03450-w

Н.Р. Кадирова, Б.Ш. Ибодуллаев, Н.Д. Набиев, М.Ш. Хакимова

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

УПАКОВОЧНАЯ БУМАГА ИЗ ЛИНТА, МАКУЛАТУРЫ И ОТХОДОВ КОЖИ

Анализ рынка бумаги и картона показывает, что в последнее время наиболее массовыми видами продукции, производство которых непрерывно расширяется во всем мире, являются бумага для упаковки различного назначения [1]. Упаковка на основе бумаги и картона является наиболее экологически чистым современным видом и занимает во всем мире ведущее положение среди всех видов упаковки.

Поиск новых и правильное использование существующих волокнистого сырья и химических вспомогательных веществ является одной из наиболее актуальных задач. Замена целлюлозных волокон вторичным волокнистым сырьем позволяет получить принципиально иной материал, но физико-механические свойства такого материала не соответствуют современным требованиям. Мы исследовали возможность применения в качестве волокнистого сырья бумаги хлопкового линта (ХЛ), вторичную целлюлозу (макулатуру), сырых и дублированных отходов кожи. Из сырых отходов кожи получен раствор коллагена, которых использован в качестве проклеивающего вещества.

Дублированные отходы кожи или хромовая стружка (ХС) представляет собой небольшие чешуйки, которые получают в ходе выделки кожи, выдубленной разными способами и солями. Ее параметры в среднем не превышают 10 мм в ширину, 120-150 мм в длину, а толщина обычно составляет от 0,5 до 1 мм. Произведен предварительный размол хромовых стружек и макулатуры на универсальной лабораторной мельнице роторного типа ИКА® М20 до размеров 5-8 мм. Волокнистая масса, состоящая из ХЛ, макулатуры, ХС и проклеивающего вещества (коллагеновый раствор или акриловая

эмульсия) при различных массовых соотношениях смешивается с водой и размалывается на гидроразбавителе «Массролл -22,5» до степени помола от 30 до 80 °ШР, разбавлена водой. Изготовление бумаги произведено на лабораторной установке [2].

Исследовано влияние композиционного состава бумажной массы на физико-механические свойства бумаги. Разрывная длина бумаги изменяется в пределах 2400-3700 м, показатель излома, т.е. число двойных перегибов, находится в пределах 16-50. Введение в бумажную массу макулатуры и ХС ухудшает физико-механические свойства по сравнению с бумагой из чистого ХЛ. Введение проклеивающего вещества в количестве 1-1,5% от общей волокнистой массы значительно улучшает эти свойства.

В дальнейшем в состав массы добавлен окислительно-восстановительный инициатор – персульфат калия (ПК). При взаимодействии ПК с участием молекул воды, как с коллагеном, так и с целлюлозой образуются активные радикалы в макромолекулах природных полимеров. По радикалам происходит прививка молекул коллагена и целлюлозы. Образование новых ковалентных связей и межмолекулярных водородных связей в композиционной бумаге доказано методами ИК-Фурье и ЯМР спектроскопии. Относительно высокие физико-механические свойства, гладкость и белизну имеет бумага на основе привитого сополимера целлюлозы и коллагена, содержащая 20-40% макулатуры и 1,0-1,2 % акриловой эмульсии.

Список литературы

1. Мировое производство бумаги и картона в 2020 г. Саморегулируемая организация ассоциация «Лига переработчиков макулатуры», 2021. <https://www.liga-pm/novosti/proizvodstvo-bumagi-i-kartona-v-evrope-v-2020-g.-snizilos-na-5.html>
2. Rafikov A.S. et al. Getting graft cellulose copolymers and acrylic monomers.// In J Recent Technol and Engin. 8 (4). 2019. P.719-723

С.О. Ходжаева, А.С. Рафиков, А.Т. Ибрагимов, С.Х. Каримов

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

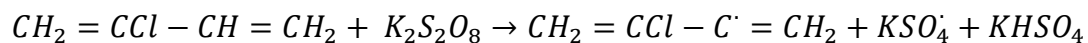
ПОЛУЧЕНИЕ И ТЕРМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРИВИТЫХ СОПОЛИМЕРОВ КАУЧУКА С АКРИЛОВЫМ МОНОМЕРОМ

Сополимеризация мономера термопластичного полимера с каучуком позволяет синтезировать термопластичные эластомеры, сочетающие в себе свойства эластомеров в процессе эксплуатации, и термопластов в процессах переработки [1]. В настоящем исследовании получены привитые сополимеры синтетических каучуков с акриловой кислотой (АК) и метилметакрилатом (ММА) в присутствии персульфата калия (ПК) в качестве инициатора, определены степень и эффективность прививки, термические свойства привитых сополимеров, предложена схема взаимодействия.

Для осуществления синтеза сополимера в гомогенном растворе в качестве растворителя подобрана смесь бензола и ДМФА при объемном соотношении 3:2. Возможность и параметры прививки зависят от природы каучука и в меньшей степени от природы мономера. Изопреновый, бутадиен-стирольный, особенно хлоропреновый каучук (ХПК), очень хорошо реагируют с ПК с образованием иницирующих радикалов на их макромолекулах. Редуцируемые активные центры при этом служат для прививки акрилового мономера. Особенно высока эффективность прививки ММА. Известна

работа, в которой отмечается о высокой эффективности прививки ММА к ХПК в присутствии пероксида водорода в качестве инициатора [2].

Для определения схемы взаимодействия компонентов проведены ИК-Фурье спектроскопические исследования АК, ХПК и их сополимера. Было выявлено, что активные центры радикального характера образуются в результате отрыва протона от =СН – группы ХПК. Реакцию взаимодействия ХПК с ПК можно представить следующей схемой:



Свободные радикалы образуются как в макромолекуле ХПК, так и в свободном состоянии. Инициирование и рост привитых цепей осуществляется по радикалам в макромолекуле ХПК. Наряду с привитым сополимером образуется некоторое количество гомополимера за счет свободных радикалов $KSO_4\cdot$.

Для применения привитого сополимера ХПК в качестве конструкционного ТЭП или клеевого материала большое значение имеют их термические свойства. ТГ анализ ХПК и сополимера ХПК-АК, показал, что при температуре 200°C потеря массы ХПК составляет всего 16%, а его сополимера 8%. Выше температуры 230°C начинается интенсивная потеря массы образцов, к 300°C – 40% ХПК и 25% сополимера соответственно. На кривых ДСК эндотермический пик при 52.4°C (ХПК) и 48.4°C (ХПК-АК) соответствует процессу плавления образцов. Экзотермический пик при 373.6°C и 369.3°C соответствует процессам разложения образцов. Низкая температура плавления при высокой температуре разложения дают возможность использования привитых сополимеров в качестве клея раствора или расплава.

Список литературы

1. Bhowmick A.K. Miscellaneous thermoplastic elastomers // Handbook of elastomers / 2nd edition. Ed. by A.K. Bhowmick, H.L. Stephens. N.Y., Basel: Marcel Dekker, 2001. P. 479.
2. Aneeq F., Shahid M., Saleem M. et al. Enhancement in bonding strength and ageing resistance of polychloroprene solvent-base adhesives through graft copolymerization // J Adhesion Sci and Technol. Online: 29 December 2020. P. 1752-1763.

М.Г. Игнатова^{1,2}, Е.О. Котелкова², Е.А. Большунова², Л.В. Гайдукова², С.М. Рамш¹

¹Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)

² «Научно-исследовательский институт синтетического каучука имени академика С.В. Лебедева»

ВЫЯВЛЕНИЕ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ ЭЛАСТОМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РАЙОНОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА И АРКТИКИ С ПОМОЩЬЮ ПАТЕНТНОЙ АНАЛИТИКИ

В настоящее время освоению районов Крайнего Севера и Арктики уделяется большое внимание в силу сырьевых, транспортных и геополитических интересов Российской Федерации. Однако успешная реализация этих проектов требует создания материалов, обеспечивающих надежное функционирование техники и сооружений в суровых климатических условиях. Поиск кардинально новых материалов и технологий,

а также сокращение времени внедрения конкретных разработок требуют эффективного стратегического планирования инвестиций в научно-исследовательские работы по созданию инновационных материалов.

Одним из важнейших источников информации, раскрывающим технологические тренды с одной стороны и дающим понимание рыночных процессов с другой, является патентная информация (сведения о зарегистрированных заявках и выданных патентах).

Для выявления тенденций и текущего уровня развития отрасли эластомерных материалов для арктического климата было проведено аналитическое исследование патентной информации за последние двадцать лет в профессиональных информационно-поисковых аналитических системах: Questel Orbit, Lens, Patentscope, Espacenet. Проведение патентного анализа проводилось в соответствии с методическими рекомендациями аналитического центра ФИПС [1]

Известно, что для успешного использования в Арктических районах эластомерные материалы должны сохранять эластические свойства при длительном воздействии низких температур, при повышенной влажности и солнечной радиации, кроме этого, в ряде случаев требуется стойкость к углеводородным средам [1]. На основе этих требований были сформулированы задачи для патентного исследования.

Установлено, что на долю эластомерных материалов, обладающих указанными свойствами, приходится чуть менее 1% всех получаемых патентов на полимерные материалы. Однако растущая динамика публикаций свидетельствует об актуальности данного направления. Кроме этого, возрастающее количество заявок на изобретения свидетельствует о том, что в настоящее время отсутствуют надежные и универсальные решения в данной отрасли.

Анализ релевантных патентных данных по индексу СПК показал, что при создании эластомерных материалов, сохраняющих работоспособность в арктическом климате, отдается предпочтение композиционным материалам, состоящим из трех и более полимеров (C08L2205/035). Для их создания широко применяются сополимеры дивинила, дивинила со стиролом (C08L9/06) или акрилонитрилом (C08L9/02), не менее активно используются различные галогенсодержащие полимеры. Большое внимание уделяется наполнителям (C08K3) и вулканизирующим агентам на основе перекисей (C08K5/14).

Таким образом, на примере общего запроса продемонстрирована принципиальная возможность использования патентной аналитики для выявления современных тенденций в отрасли и выбора перспективных направлений для научно-исследовательских работ.

Список литературы

1 Приказ Роспатента от 23 января 2017 г. № 8 «Об утверждении Методических рекомендаций по подготовке отчетов о патентном обзоре (патентный ландшафт)». М.: ФИПС, 2017. 16 С.

2 Бузник В.М., Каблов Е.Н. Арктическое материаловедение. // Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2018. Вып. 3. 44 с.

Ю.В. Харапудько, Ю.А. Тимошина, Э.Ф. Вознесенский

Казанский национальный исследовательский технологический университет

ВЛИЯНИЕ ПЛАЗМЕННОЙ МОДИФИКАЦИИ НА ТЕРМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Перспективным методом регулирования свойств поверхности полимерных материалов является плазмохимическая модификация. Достижимые эффекты плазменной обработки зависят от структуры модифицируемого полимера и от условий плазменной модификации [1]. Для установления влияния плазменной модификации на термические характеристики полимерных материалов используются методы термического анализа.

Температура стеклования (T_g) является важной физической характеристикой полимеров. В отличие от явлений плавления и кристаллизации, стеклование не является фазовым переходом. При достижении температуры стеклования макромолекулы или их сегменты все больше препятствуют движению друг друга, и вязкость быстро повышается, пока материал окончательно перейдет в твердое стеклообразное состояние. Температура стеклования полимеров определяется химическим составом и строением макромолекул и зависит от тепловой предыстории образца.

Авторами исследовано влияние высокочастотной емкостной (ВЧЕ) плазменной модификации в различных плазмообразующих газах на термические свойства образцов полиэтиленовых (ПЭ) пленок. Для модификации образцов ПЭ пленки применялась экспериментальная плазменная установка ВЧЕ разряда пониженного давления [2]. При ВЧЕ модификации ПЭ пленок варьировали следующие параметры их обработки: мощность разряда 0,4–2,2 кВт; время обработки 60–600 с; давление в рабочей камере 10–30 Па; расход плазмообразующего газа 0,01–0,04 г/с; в качестве плазмообразующих газов использовали аргон и воздух.

С помощью метода дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) воспроизведены идентичные температурные программы, с тремя этапами нагрева, для контрольного и модифицированных в ВЧЕ плазме образцов. Выявлено, что при втором и третьем нагреве образцы имеют схожие температуры плавления (108 °С) и стеклования (-32 °С), что может свидетельствовать об отсутствии значительных изменений в структуре всего объема полимера. При анализе результатов первого нагрева зафиксировано различие в характере кривых ДСК. Температура плавления для контрольного образца составляет 110 °С, для модифицированных – 112 °С. Температура стеклования для немодифицированного образца составляет -23,5 °С, для модифицированных повышается на 2,5–5,5 °С. Отличия в характере кривых ДСК при первом нагреве для исходных и модифицированных образцов ПЭ пленок может свидетельствовать об структурных изменениях в поверхностных слоях полимера.

Список литературы

1. Atta A. Ali H.E. Structural and thermal properties of PTFE films by argon and oxygen plasma // Arab journal of nuclear science and applications. 2013. Vol. 46. № 5. P.106–114.
2. Абдуллин И.Ш., Желтухин В.С., Сагбиев И.Р., Шаехов М.Ф. Модификация нанослоев в высокочастотной плазме пониженного давления: монография. // Казань: КГТУ. 2007. 356 с.

И.А. Набиева, М.Б. Ирматова, А.А. Миратаев, Г.С. Шербаева

Ташкентский институт текстильной и лёгкой промышленности

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕЧАТАНИЯ СМЕСОВОЙ ТКАНИ НА ОСНОВЕ ХЛОПКОВЫХ И ПОЛИЭФИРНЫХ ВОЛОКОН

В настоящее время особое внимание уделяется расширению ассортимента готовой продукции за счет крашения и печати смесовых тканей, содержащих натуральные и химические волокна. Смесовые ткани состава из волокон хлопка и полиэфира относятся к очень сложным объектам для колорирования, в том числе и печатания. Сложность печатания этих тканей заключается в том, что волокнистые компоненты по своей природе являются антиподами. Была изучена возможность получения цветных узоров на изучаемом объекте с высокими потребительскими свойствами, такими как интенсивные, равномерные, устойчивые рисунки с четкими контурами. Экспериментально была выявлена невозможность воспроизведения узоров с четкими контурами и прочных окрасок к трению по одностадийному способу печатания на смесовом материале. Пониженная устойчивость окраски к трению обусловлена надмолекулярной структурой полиэфирного составляющего, т.е. неполным проникновением молекулы красителя вглубь волокна. Низкая устойчивость к истиранию выражается в ослаблении окраски в местах трения и образования белесых полос. Повысить устойчивость окрасок при печатании полиэфирных тканей можно за счет использования в качестве добавок к печатной краске интенсификаторов, которые ослабляют плотную структуру синтетического волокна. В его качестве был использован интенсификатор Ves TP 0918 фирмы Veskim. Приведенные результаты свидетельствуют о том, что введение в состав печатной краски данного интенсификатора способствует полному проникновению молекулы красителя вглубь волокна и тем самым получению устойчивых узоров. Однако четкость контура и прочность окрасок узоров к мыльным обработкам не соответствуют предъявляемым требованиям.

В связи с вышеуказанными, в дальнейших исследованиях изучалась возможность применения двухстадийного способа печатания. С помощью однофакторных экспериментов установлено, что на качество получаемых узоров на смесовой ткани по двухстадийному способу определяющее влияние оказывают такие факторы, как концентрация щелочного агента и мочевины, а также температура термообработки напечатанной ткани.

Химическая отделка текстильных материалов, в том числе крашение и печатание, - процесс многофакторный. Полученные результаты экспериментов могут сильно различаться в зависимости от влияния ряда взаимосвязанных факторов. Поэтому, чтобы сократить количество экспериментов и наглядно представить полученные результаты, был использован метод математического планирования экспериментов и проведен трёхфакторный эксперимент. В качестве входных факторов выбраны концентрации мочевины и щелочного агента, а также температура термообработки. За выходные параметры приняты четкость контура рисунка, устойчивость к мыльным обработкам и к трению. После выбора плана эксперимента, основных уровней и интервалов варьирования произведены эксперименты.

Таким образом, путем обработки данных экспериментальных исследований рассчитаны регрессионные уравнения, адекватно описывающие исследуемый процесс. Математической обработкой уравнений регрессии получен рациональный режим печатания тканей из смешанных волокон.

Н.З. Сайдалиева, Д.Б. Худайбердиева

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНОЙ МОДИФИКАЦИИ НА СВОЙСТВА ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ТКАНИ

Структурное превращение целлюлозы сопровождающийся с переходом целлюлозы I в целлюлозу II придает волокнистым материалам несколько комплексных ценных потребительских свойств: повышенную гигроскопичность и окрашиваемость, устойчивый шелковистый блеск, эластичность и дополнительную прочность. Данный процесс облагораживания текстильных материалов проводят обработкой концентрированными (250-300 г/л) растворами гидроксида натрия [1-2]. На многих отделочных предприятиях процесс мерсеризации, за счет ее дороговизны, осуществляется для ограниченных ассортиментов хлопчатобумажной (х/б) ткани [3].

В связи с этим для структурной модификации целлюлозы изучено влияние обработки щелочным агентом низкой концентрации на структурно-сорбционные свойства и на качество окраски активными красителями х/б тканей по следующей технологии: пропитка модификатором → отжим (90%) → сушка → промывка, →нейтрализация.

Обработка х/б материалов едким натром низкой концентрации улучшает их физико-механические и эксплуатационные свойства. Прочность модифицированной ткани к разрыву повышается от 64,3 % до 67,5 %, удлинение при разрыве от 4 до 16 %, а усадка снижается от 1,8 до 2 раза по основе.

Влияние модификации на надмолекулярное состояние целлюлозы х/б ткани исследована ИК- спектральным методом. Анализ спектров исходной и обработанной тканей показало, что модификация ткани способствует изменению структурных элементов целлюлозы, в частности состояния внутри и межмолекулярных водородных связей, валентных колебаний С-Н-связей, конформационных состояний группы СН₂ОН и полоса аморфности. В присутствии щелочи при температурной обработке –ОН группы, проходя цикл алкоколят → гидрат целлюлозу, в результате функциональные группы активизируются.

Также изучено влияние модификации х/б ткани на ее структурно-сорбционные свойства. Установлено, что изучаемый способ модификации приводит к увеличению суммарного объема пор волокна в 2 раза и радиуса капилляров с 23,8 до 49,9 А°.

Модификация х/б ткани гидроксидом натрия концентрацией 1% обеспечивает сохранность физико-механических свойства тканей и обеспечивает увеличение степени использования красителя до 11,8 %. В случаи обработки 3% раствором щелочи приводит к существенному улучшению прочностных свойств ткани, при этом повышение степени использованного красителя в производственных условиях достигает 13,1 %.

Список литературы

1. Кричевский Г.Е. Химическая технология текстильных материалов. Учебник для вузов. В 3-х т. // М.: 2000. Т.1. 540 С
2. Грунин Ю.Б., и др. Микроструктура целлюлозы и ее изучение методом релаксации ЯМР // Высокомолекулярные соединения. Сер. А. 2012. Т. 54. № 3. С. 397–405
3. Завадский А.Е. Обоснование и разработка эффективных способов повышения качества х/б материалов на основе целенаправленной модификации структуры целлюлозы. Дисс. док.техн.наук. // Иваново: ИГХТИ. 2002. С.361.

Д.Б. Худайбердиева, К.Ж. Жуманиязов, С.А. Мамаджанова

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности
АО “Paxtasanoat ilmiy markazi”

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ ХЛОПКО-ШЕЛКОВЫХ СМЕСЕВЫХ ПРЯЖ НА ОСНОВЕ ХЛОПКОВОГО ВОЛОКНА СОРТА ПОРЛОК-2

В последние годы ученые Узбекистана создают новые ассортименты смесевых хлопко-шелковых изделий. В результате формирования смесей природных волокон в разных соотношениях появляется возможность целенаправленного придания изделиям комплекса ценных свойств и расширения ассортимента тканей и трикотажа из шелкового и хлопкового волокна [1-2]. Опытные образцы смесевой пряжи с использованием нового сорта хлопкового волокна серии Порлок-2 наработаны в условиях АО “Paxtasanoat ilmiy markazi” на линии “Шерли” [3].

В процессе разработки технологии подготовки хлопко-шелковых материалов, обеспечивающей щадящие условия для наиболее чувствительного компонента изучено влияние химических реагентов и технологических параметров на качество смесевой пряжи.

Для обеспечения сохранности шелкового компонента в процессе отварки в качестве щелочного агента взят относительно слабый щелочной реагент натрий карбонат, а для обеспечения полного удаления примесей из хлопкового волокна применен фермент Vizol do-4. Изучен процесс одностадийной подготовки шелковой, хлопковой и смесевой пряжи разного состава по следующей технологии: пропитка $T = 25^{\circ}\text{C}$ в течение $\tau = 10$ мин \rightarrow обработка $T = 50^{\circ}\text{C}$ в течение $\tau = 20$ мин \rightarrow обработка $T = 95^{\circ}\text{C}$ в течение $\tau = 20$ мин \rightarrow промывка, отжим.

С увеличением содержания щелочного агента до 4 г/л степень белизны образцов независимо от состава увеличивается с 80,2 до 90 %. Увеличение концентрации натрия карбоната приводит к снижению прочности смесевой пряжи 12 %.

Изучены и сравнены структурно-объемные свойства исходной и отваренной пряжи, наблюдается существенное снижение удельной поверхности (2,6-6,5 раз) и суммарного объема пор 1,2-2,0 раз, радиус капилляров смесевых образцов с соотношением компонентов 90:10 и 70:30 увеличивается 2,5-3,0 раза. Степень кристалличности всех образцов по сравнению с неотваренными образцами незначительно снижаются.

По выбор технологических параметров процесса подготовки влияющий на качество смесевых пряж, проведен полный факторный эксперимент и разработаны математические модели влияния количества компонентов варочно – отбельной ванны, на показатели степени белизны, капиллярности и разрывной нагрузки для хлопко-смесевых пряж разного состава. В процессе подготовки для достижения степени белизны 84,52 % смесевой пряжи состава X:Ш=81:19 концентрация реагентов варочно – отбельной ванны должны быть: 30 г/л силикат натрия и 1г/л перекись водорода.

Список литературы

1. Алимова Х.А. и др. Исследование свойств тканей из натурального шелка и хлопка//Ипак. 2000. №1. С.18–20.
2. Худайбердиева Д.Б. и др.Комплексная оценка физико-механических свойств хлопко-шелковых смесевых пряж из новых сортов хлопкового волокна. // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. №3. С. 85-90.

3. Patent USA (USPTO:13/445696), and internationally (PCT/US13/27801).Abdurakhmonov I.Y., end other . Cotton PHYA1 RNAi Improves Fiber Quality, Root Elongation, Flowering, Maturity and Yield Potential in Gossypium hirsutum 2012.

Ю.Ю. Вилачева, В.В. Марценюк, О.В. Асташкина

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВ УГЛЕРОДНЫХ ТКАНЕЙ И НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ, СОДЕРЖАЩИХ ФТОРОПЛАСТОВУЮ МАТРИЦУ

Поиск альтернативных источников энергии и использование возобновляемых ресурсов в настоящее время являются актуальными и стремительно развивающимися направлениями. Одним из таких направлений является водородная энергетика. Для функционирования и выработки электрического тока в топливном элементе водородно-кислородного типа используются углеродные электроды, к которым предъявляются следующие требования: гидрофобность, высокая пористость, высокая электропроводность, толщина в диапазоне десятков микрон и невысокая поверхностная плотность [1].

С целью придания гидрофобности эти электроды изготавливают из композитов на основе углеродных графитированных материалов, обладающих высокой электропроводностью, и гидрофобизирующей матрицы на основе фторопластов. Данная матрица позволяет сохранить пористость, придать хемостойкость, а также может эксплуатироваться при температурах до 200°C для фторопласта-2 и до 400°C для фторопласта-4.

Нами были получены композиты на основе графитированного углеродного нетканого материала (УНМ) и графитированных углеродных тканей различной поверхностной плотности, содержащие фторопластовую матрицу. Для пропитки наполнителя использовали растворы фторопласта различных концентраций (1, 2, 4 и 8%). Пропитанные и высушенные до постоянной массы композиты прессовали при температуре 200 °C и давлении 20 МПа на протяжении 6 минут.

Конечное содержание фторопласта в композите с УНМ составило от 10 до 80 масс. % при концентрации пропиточных растворов от 1 до 8% и объеме раствора 1,5 мл на 4 см² УНМ. Для тканей содержание фторопласта составило от 2 до 25 масс. % при тех же концентрациях растворов, и объеме 1 мл на 4 см² ткани.

После пропитки толщина композитов во всех случаях увеличивается. Для тканей эта величина возрастает на 30-55%, а для УНМ – на 10-30%, что естественно связано с большей пористостью нетканого материала. После прессования толщина композитов на основе ткани уменьшается незначительно (2-5%) и зависит от концентрации раствора фторопласта при пропитке. Однако такая закономерность проявляется в большей степени для композитов на основе УНМ, где изменение толщины составляет 85% (после пропитки 2,2 мм, после прессования 0,35 мм).

Поверхностная плотность композитов изменяется с возрастанием концентрации фторопласта. При увеличении содержания полимера от 2 до 25% в композитах с тканями поверхностная плотность возрастает на аналогичную величину (2-25% соответственно) после пропитки и прессования. Такая закономерность сохраняется и для композитов с УНМ. Содержание фторопласта для таких образцов составляет от 10 до 80 масс. %, а возрастание

поверхностной плотности относительно исходного материала в зависимости от концентраций пропиточного раствора происходит на эту же величину (10-80%).

Список литературы

1. Exergetic, Energetic and Environmental Dimensions. Chapter 2.28 - Gas Diffusion Layers for PEM Fuel Cells: Ex- and In-Situ Characterization / Edited by Ibrahim Dincer, C. Ozgur Colpan, Onder Kizilkan // Elsevier Inc., 2018. P. 695-727

Ю.Ю. Вилачева, В.В. Марценюк

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

УСАДКА ПОЛИВИНИЛСПИРТОВЫХ ПЛЕНОК И КОМПОЗИТОВ НА ИХ ОСНОВЕ, НАПОЛНЕННЫХ ТЕХНИЧЕСКИМ УГЛЕРОДОМ

Поливиниловый спирт (ПВС) можно расценивать как один из альтернативных прекурсоров для получения углеродных волокон (УВ) [1]. В процессе каталитического отщепления воды (дегидратации) происходит сшивка макромолекул ПВС с образованием шестизвенных циклов, что в дальнейшем, при карбонизации и гравитации, способствует образованию графитоподобных структур. Введение углеродных нанонаполнителей (технического углерода (ТУ), углеродных нанотрубок, графенов) в структуру ПВС-волокон может улучшить не только их физико-механические свойства и электропроводность, но и позволит увеличить выход углеродного остатка в процессе карбонизации и графитации [2], [3].

Плётки и плёночные композиты на основе ПВС и ТУ формовали из водных растворов с концентрацией 3, 5 и 7%, а содержание ТУ в композитах в каждом случае составляло 1 масс. %. По такой технологии получается изотропная и аморфная структура пленок, о чем можно судить по одинаковой усадке плёнок по длине и ширине (2-6%) в процессе сушки при 100°C, независимой от концентрации исходных растворов.

Кинетические кривые процесса сушки также показали, что пленки, полученные из менее концентрированных растворов, усаживаются сильнее, что коррелирует с изменением массы в процессе сушки. Так, например, потеря массы плёнки из 3% раствора составила 7%, а для плёнок из 5 и 7% растворов это значение оказалось равным 5 и 4% соответственно. Это связано с тем, что в плёнках, полученных из менее концентрированных растворов, содержится большее количество остаточной влаги, которая испаряется в процессе сушки и освобождает место для релаксации макромолекул.

На втором этапе исследования были получены плёночные композиты из растворов ПВС тех же концентраций, что и в предыдущей серии опытов, но наполненные ТУ в количестве 1 масс. % от массы ПВС. Оказалось, что усадка по длине и ширине, как в случае ненаполненных плёнок, не зависит от концентрации ПВС, но на 1-2 % меньше, чем для ненаполненных плёнок. Значения потери массы в процессе сушки для плёночных композитов сопоставимы со значениями для ненаполненных плёнок, что позволяет сделать вывод о том, что введение ТУ в количестве 1 масс. % практически не приводит к изменению структурных свойств плёночных композитов.

Список литературы

1. Конкин А.А. Термо-, жаростойкие и негорючие волокна // М.: Химия, 1978. 424 с.
2. Сальникова П.Ю. Разработка и исследование свойств электропроводящих углероднаполненных волокон и композитов: диссертация ... кандидата технических наук 05.17.06. Санкт-Петербург. СПбГУТД. 2014. 160 с.
3. Вилачева Ю.Ю., Марценюк В.В., Лысенко А.А. Исследование свойств поливинилспиртовых пленок, наполненных техническим углеродом // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1. Естественные и технические науки. 2021. № 3 (в печати)

Н.А. Грозова, В.В. Марценюк, А.А. Лысенко

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ИССЛЕДОВАНИЕ УСАДКИ УГЛЕРОДНЫХ ТКАНЫХ И НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ФТОРОПЛАСТОВЫМ ПОКРЫТИЕМ

Наиболее известная в настоящее время технология изготовления газодиффузионных подложек (ГДП) для водородных топливных элементов с протонпроводящей полимерной мембраной базируется на получении углерод-углеродных пористых композитов. Данная технология состоит, по меньшей мере, из 7-8 технологических стадий и включает такие высокотемпературные процессы, как карбонизация и графитация, кроме того, полученный композит должен быть подвергнут гидрофобизации [1].

В качестве таких ГДП могут быть использованы различные углеродные графитированные материалы, например, углеродные ткани и углеродные нетканые материалы (УНМ). Матрица, обеспечивающая гидрофобизацию, так же должна обладать хемостойкостью, то есть сохранять свои характеристики в агрессивных средах и иметь высокую температуру плавления. Наиболее подходящим материалом для этого является фторопласт, который можно наносить на углеродные материалы, как в виде растворов, так и в виде суспензий [2].

В ходе работы были получены композиты на основе фторопластовой матрицы и углеродных тканей различной поверхностной плотности, а также углеродного нетканого материала. Для получения композиционных материалов пропитку фторопластом осуществляли из растворов различных концентраций (1, 2, 4 и 8 %). Пропитанные и высушенные до постоянной массы композиты прессовали при 200 °С и давлении около 20 МПа. Полученные композиты подвергали дополнительной термообработке при температурах 50, 70, 100, 110, 120, 130 и 140 °С.

При этом установлено, что при термообработке композитов наблюдается усадка по толщине, которая возрастает при увеличении температуры. Так, например, при нагревании композитов с углеродными тканями, усадка по толщине составляет 1,5 %. Кроме того показано, что усадка по толщине зависит и от концентрации раствора фторопласта, который использовали при пропитки, то есть от его содержания в композите. При этом наблюдается закономерность, чем больше содержание фторопласта в композите, тем меньше усадка по толщине, как для композитов на основе углеродной ткани, так и для композитов на основе УНМ.

Список литературы

1. Лысенко А.А., Лысенко В.А., Сальникова П.Ю., Лысенко О.В., Асташкина О.В. Сравнительная оценка технологий и характеристик пористых токопроводящих композитов, используемых в водородных топливных элементах // Химические волокна. 2010. № 1. С. 44.
2. Михалчан А.А., Лысенко В.А., Тиранов В.Г., Лысенко А.А., Асташкина О.В. Механические и термомеханические свойства наноструктурных композитов на основе поливинилиденфторида // Физико-химия полимеров: синтез, свойства и применение. 2010. № 16. С. 129-135.

Н.А. Кротков, В.В. Марценюк

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ ПРЕССОВАНИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИТОВ С ФТОРОПЛАСТОМ

Одним из приёмов направленного регулирования свойств при получении полимерных материалов и полимерных композитов является варьирование давления в процессе прессования. За счёт изменения давления при прессовании можно изготавливать изделия отличной плотности, твёрдости, пористости и т.д. [1]. Также за счёт давления прессования и продолжительности выдержки изделия при заданной температуре и давлении можно контролировать диффузию расплава полимера в объёме композита. Так, например, при изготовлении углерод-полимерных газодиффузионных подложек (ГДП) для топливных элементов водородной энергетики применяют углеродные нетканые материалы (УНМ), которые пропитывают термопластичным связующим, а затем отпрессовывают [2]. Назначение такой ГДП заключается в обеспечении подвода реагирующих газов и отводе образовавшейся в процессе реакции жидкой воды от электрокаталитических слоев топливного элемента [3]. Поэтому при изготовлении углерод-полимерных ГДП важной характеристикой является пористость, которая напрямую зависит от условий прессования и количества полимерного связующего в композите.

Для исследования влияния давления прессования на изменение толщины получаемых композитов были изготовлены образцы композитов на основе углеродных нетканых материалов (УНМ) и углеродных тканей различной поверхностной плотности. Для пропитки использовали раствор фторопласта с концентрацией от 1 до 8%. Содержание фторопласта в композите варьировалось от 10 до 80 масс. % для УНМ и от 2 до 25 масс. % для углеродных тканей. После пропитки и сушки до постоянной массы образцы прессовали при температуре 200 °С и разном давлении: 15 и 20 МПа.

Показано, что при давлении 15 МПа толщина образцов с УНМ уменьшилась на 68%, а при давлении 20 МПа – на 88%. Для ткани с поверхностной плотностью 150 г/м² уменьшение толщины происходит на 7% и 15% при давлении прессования 15 и 20 МПа соответственно. Для ткани с поверхностной плотностью 170 г/м² уменьшение толщины при прессовании составляет 15% и 20% при давлении прессования 15 МПа и 20 МПа соответственно. Влияние содержания фторопласта на усадку в данном эксперименте не контролировали. В дальнейшем планируется провести данные работы.

Список литературы

1. Тагер А.А. Физико-химия полимеров. Издание 4-е, переработанное и дополненное. // М.: Научный мир, 2007. 576 с.;
2. Лысенко В.А., Михалчан А.А., Галунова Е.П., Лысенко А.А. Получение углеродных бумаг и газодиффузионных подложек на их основе // Дизайн. Материалы. Технология. 2010. № 1(12). С. 50-52.
3. Gas Diffusion Layers. Fuel Cell Store Режим доступа: URL - <https://www.fuelcellstore.com/fuel-cell-components/gas-diffusion-layers> (дата обращения: 04.11.2021).

В.В. Марценюк, Д.В. Пяташева

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

КАТАЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ КОМПОЗИТНЫХ ПЛЁНОК С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ДИСПЕРСИЯМИ

В качестве экологически чистого окислителя массово используют озон, но в ходе эксплуатации систем воздухоочистки возникает проблема его разложения в выбросах. Для решения этой проблемы применяются различные методы разложения озона, такие как: установки термического разложения, где разложение происходит при температурах 330-350 °С [1], каталитическое разложение, при температурах 60-110 °С [2], и использование очистных сооружений типа ГРОК [3].

Для исследования изготавливали композитные плёнки из полиакрилонитрила, наполненные дисперсиями железа (Fe), никеля (Ni) и магнетита (Fe₃O₄). Дисперсии железа и никеля получали термическим разложением их оксалатов: FeC₂O₄·9H₂O и NiC₂O₄·9H₂O в среде азота при 500 °С. Магнетит синтезировали химическим осаждением водным раствором аммиака из раствора сульфатов железа II и III.

Электронная микроскопия показала, что размеры частиц железа лежат в диапазоне от 2 до 10 мкм, частиц никеля - от 60 нм до 4 мкм и магнетита - от 10 до 50 мкм. Крупные кристаллы магнетита на своей поверхности содержат более мелкие частицы, средний размер которых составляет от 80 до 160 нм.

При исследовании каталитической активности плёнок с различным содержанием названных дисперсий (от 2,5 до 50 масс. %) установлено, что наибольшей каталитической активностью к разложению озона обладают композиты с магнетитом. Причём с увеличением содержания частиц магнетита в плёнке каталитическая активность возрастает и даже при наполнении 50 масс. % не выходит на плато. Резкое возрастание каталитической активности для композитных плёнок с магнетитом при степенях наполнения от 5 до 10 масс. % объясняется увеличением количества частиц, находящихся на поверхности.

Для композитов, наполненных дисперсиями никеля и железа каталитическая активность составила 5,4 и 1,6 мг/мин·м² соответственно, при содержании дисперсий в композитах 5 масс. %. Увеличение содержания металлических дисперсий в композитах не привело к увеличению каталитической активности, но при максимальной степени наполнения (50 масс. %) каталитическая активность композитов незначительно увеличилась и составила 6,2 и 2,5 мг/мин·м² соответственно.

Список литературы

1. Тимофеев В.В., Леменовский Д.А., Житнев Ю.Н., Лунин В.В., Авдеев М.В., Попов В.К., Баграташвили В.Н. Кинетика термического разложения озона, растворенного в суи сверхкритическом диоксиде углерода // Журнал физической химии. 2003. Т. 77. № 8. С. 1445-1450;
2. Ткаченко С.Н., Голосман Е.З., Лунин В.В. и др. Исследование катализатора на основе оксидов неблагородных переходных металлов для разложения озона и окисления токсичных органических соединений // Журнал прикладной химии. 2007. Т. 80. № 8. С. 1314-1321;
3. Катализатор разложения озона гопталюм марки ГТТ. ТУ-113 03-00209510-107-2005 Режим доступа: URL <http://timis.ru/production/catalyst/> (дата обращения: 10.07.2021).

А.В. Пименова, В.В. Марценюк, О.В. Асташкина

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ТОКОПРОВОДЯЩИЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ С ФТОРОПЛАСТОВОЙ МАТРИЦЕЙ

Ранее на кафедре Наноструктурных, волокнистых и композиционных материалов им. А.И. Меоса СПбГУПТД были осуществлены работы по получению и изучению свойств композиционных материалов на основе волокон различной природы (стеклянных, углеродных, полиоксидаазольных и т. д.) и фторопластовой матрицы [1,2]. Применение фторопласта позволяет получать износ-, термо- и хемостойкие армированные композиты с гидрофобной поверхностью.

В настоящее время нами разработаны токопроводящие композиционные материалы на основе углеродных графитированных тканей и углеродного нетканого материала (УНМ) с фторопластовой матрицей, которые могут быть использованы в устройствах водородной энергетики, топливных ячейках, водород-кислородных батареях.

Для работы были выбраны углеродные графитированные ткани с объемной плотностью $0,8 \text{ г/см}^3$ и углеродные графитированные нетканые материалы с объемной плотностью $0,3 \text{ г/см}^3$. Проведены исследования электрофизических свойств выбранных волокнистых углеродных графитированных материалов. Удельное объемное электрическое сопротивление (УОЭС) углеродных материалов составило $0,014 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ для тканей и $0,079 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ для УНМ.

Композиционные материалы (КМ) получали путём пропитки образцов тканей и нетканого материала растворами фторопласта разной концентрации с целью определения влияния содержания фторопластовой матрицы на электрофизические свойства КМ. Для КМ, в которых в качестве наполнителя использовали ткани, содержание фторопласта варьировали от 2,5 до 29,5 масс. %, а для КМ с УНМ в качестве наполнителя содержание фторопласта варьировали от 8,5 до 73 масс. %. Затем пропитанные КМ сушили в сушильном шкафу до постоянной массы и прессовали при $200 \text{ }^\circ\text{C}$ и давлении 200 МПа . В ходе дальнейших исследований планируется измерить УОЭС пропитанных и отпрессованных КМ.

Список литературы

1. Михалчан А.А., Лысенко В.А., Тиранов В.Г., Лысенко А.А., Асташкина О.В. Механические и термомеханические свойства наноструктурных композитов на основе поливинилиденфторида // Физико-химия полимеров: синтез, свойства и применение. 2010. № 16. С. 129-135.
2. Ширшова Е.П., Лукичева Н.С., Петрова Д.А., Асташкина О.В. Трехслойные фторопласт-стекловолоконные композиты // Композитный мир. 2021. № 3 (96). С. 52-56.

А.В. Пименова, В.В. Марценюк

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ФТОРОПЛАСТОВЫЕ ПЛЕНКИ, НАПОЛНЕННЫЕ УГЛЕРОДНЫМИ ДИСПЕРСИЯМИ

Во многих случаях исключительно важной задачей является придание электропроводности (снижение удельного объёмного электрического сопротивления (УОЭС)) полимерным материалам, таким как полиэтилен, полиэфир, поливинилиденфторид (Ф-2М), которые сами по себе являются диэлектриками. Также требуется решать задачи, связанные с необходимостью снижения электризуемости материалов, обеспечения пожаробезопасности и повышения физико-механических показателей.

В работе [1] показано, что введение углеродных нанотрубок (УНТ) в полиакрилонитрильные волокна повышает их прочностные характеристики. Авторы работы [2] показали, что введении 1 масс. % УНТ в Ф-2М резко снижает порог перколяции, по сравнению с композитами, полученными с использованием технического углерода (ТУ).

Четырехконтактным методом для сыпучих тел было измерено УОЭС следующих дисперсных наполнителей: ТУ марки П-324 и Printex, углеродного резаного волокна (УВр), а также УНТ. Для устранения влияния кислородосодержащих групп, находящихся на поверхности углеродных материалов, проводили их предварительную термообработку при 900 °С в инертной среде.

Показано, что сопротивление дисперсий (ρ_v), термически обработанных (т.о.) в инертной среде (и.с) снижается по сравнению с углеродными материалами, экспонированными на воздухе (возд.): для ТУ марки П-324 УОЭС уменьшилось с 0,03 до 0,02 Ом·см, для ТУ марки Printex УОЭС уменьшилось с 0,04 до 0,03 Ом·см. Для УНТ и УВр УОЭС уменьшилось с 0,05 до 0,02 Ом·см.

С использованием полимерной матрицы Ф-2М и исследованных углеродных наполнителей, до и после термообработки, были получены электропроводящие плёночные композиты. Четырехконтактным методом для плоских тел определено их УОЭС, которое составляет 0,25 Ом·см при содержании УВр 50 масс. %. Для плёнок, содержащих ТУ марки П-324 и Printex величину УОЭС данным методом зафиксировать не удалось.

Список литературы

1. Житенева Д.А., Жданок С.А., Янченко С.С., Лысенко А.А., Лысенко В.А. Получение полиакрилонитрильных волокон, наполненных углеродными нанотрубками // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2011. № 2. С. 25-30.
2. Солнышкин А.В., Кислова И.Л., Белов А.Н., Сыса А.В., Строганов А.А., Шевяков В.И., Силибин М.В., Михалчан А.А., Лысенко А.А. Электропроводность пленочных композитов на основе поливинилиденфторида с углеродными нанотрубками // Известия высших учебных заведений. Электроника. 2016. Т. 21. № 6. С. 520-528.

Д.В. Пяташева, В.В. Марценюк, А.А. Лысенко

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СУСПЕНЗИИ ФТОРОПЛАСТА

Ранее проделанные работы [1], [2] показали, что на основе углеродных нетканых материалов (УНМ), гидрофобизированных фторопластом-2М (Ф-2М) можно получить газодиффузионные подложки (ГДП) для топливных элементов водородной энергетики. Изготовленные таким образом ГДП обладают следующими характеристиками: гидрофобность ($\theta > 100^\circ$), поверхностная плотность ($135-155 \text{ г/м}^2$), пористость (45-65%) и удельное объемное электрическое сопротивление не более $90 \text{ мОм}\cdot\text{см}$ при степени пропитки 15 %. Однако, в силу того, что температура начала плавления Ф-2М составляет 153°C , а температура переработки 200°C , то применение ГДП на основе УНМ и Ф-2М ограничивается температурным интервалом эксплуатации. Поэтому целесообразней использовать покрытие из фторопласта-4 (Ф-4Д) для гидрофобизации.

Для получения покрытий из водной суспензии Ф-4Д необходимо проводить последовательную термообработку, то есть нанесенный слой суспензии нужно сушить сначала на воздухе и в сушильном шкафу при $90-95^\circ\text{C}$ до полного испарения воды, затем слой полимера сплавлять при $360-370^\circ\text{C}$. Покрытие после сплавления охлаждать медленно, что способствует улучшению адгезии и увеличению эластичности покрытия.

В качестве углеродных материалов, которые пропитывали водной суспензией Ф-4Д различной концентрации, выбрали графитированные ткани разной поверхностной плотности и углеродный графитированный нетканый материал. Суспензия производится с концентрацией фторопласта не менее 50% и с содержанием поверхностно-активных веществ (ПАВ) в качестве стабилизатора в пределах 6-12 % от массы Ф-4Д. В ходе эксперимента при последовательном нагревании до 100 и 300°C определили содержание Ф-4Д и ПАВ в суспензии и установили, что концентрация полимера составляет 59,3 %, а стабилизатора – 5 %.

На основании полученных данных, из исходной суспензии Ф-4Д отбирали фиксированное количество и последовательно разбавляли его в два раза для получения суспензий следующих концентраций: 29,65; 14,82; 7,41; 3,70; 1,85 и 0,93 масс. %. Обработку углеродных тканей и УНМ проводили по описанной ранее методике и выдерживали при температуре 370°C в течение 10 мин, а затем охлаждали до комнатной температуры. В дальнейшем планируется исследование свойств (гидрофобность, пористость, электропроводность и др.) изготовленных композитов и изучение влияния содержания фторопласта на свойства.

Список литературы

1. Федорова Ю.Е. А.А. Лысенко, О.А. Асташкина, Д.А. Житенева, О.И. Гладунова Гидрофобные свойства углерод-углеродных композиционных материалов // Дизайн. Материалы. Технология. 2014. № 5(35). С. 137-140
2. Gladunova O.I. Y.E. Fedorova, O.V. Astashkina, A.A. Lysenko Composites with hydrophobic surfaces // Fibre Chemistry. 2015. Vol. 47. Issue 4. P. 317-319.

С.А. Горбачев^{1,2}, В.В. Зуев¹

¹Национальный Университет ИТМО

²Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова

МЕЗОМОРФНЫЕ СВОЙСТВА ЦИАНОБИФЕНИЛЬНЫХ ОЛИГОМЕРОВ С ЦЕНТРАЛЬНЫМ ЗВЕНОМ, СОДЕРЖАЩИМ УРЕТАНОВУЮ ГРУППУ

Полимерные жидкокристаллические соединения представляют собой обширный класс новых материалов. [1] Интерес к жидкокристаллическим олигомерам основан на возможности использования их в качестве модельных систем для понимания гораздо более сложных и трудных для исследования жидкокристаллических (ЖК) полимеров. Цианобифенил является тем структурным элементом, с наличием которого связан первоначальный прогресс в развитии коммерческих ЖК материалов. Уретановый фрагмент позволяет ввести в потенциально ЖК соединения элемент, обеспечивающий формирование межцепных водородных связей, что позволяет существенно стабилизировать ЖК состояние, обогатить его фазовую природу. Синтез димеров в соответствии с теоретическим рассмотрением Flory, позволяет на индивидуальных соединениях моделировать поведение полимерных систем. [2-3]

В данной работе был синтезирован набор ЖК олигомеров, полученных из 1,6-гексаметилендиизоцианата и его двух- или тримеров (уретдиона, биурета или изоцианурата) и гидроксилкилированных цианобифенилов. Мезоморфные и оптические свойства полученных ЖК олигомеров были исследованы методами ИК, ЯМР спектроскопии и поляризационной оптической микроскопии. На мезоморфные свойства решающее влияние оказала структура центрального ядра (уретана, уретдиона, биурета или изоцианурата). Показано, что присутствие уретановых групп в димерах приводит к формированию развитой сетки межмолекулярных водородных связей (их доля достигает 80% по сравнению с примерно 25% в низкомолекулярных аналогах). Подобная ситуация приводит к получению высокоплавких систем (с температурами плавления более 280°C), что препятствует формированию стабильной ЖК фазы. В тоже время низкомолекулярные аналоги являются потенциально смектогенными (формируют структуру смектика С), что отличает их от традиционных производных цианобифенилов, которые являются нематогенными.

Список литературы

1. Блинов Л.М. Жидкие кристаллы: Структура и свойства. // М.: Либроком, 2013. 480 с.
2. DeMEUSE M.T., Kiss G. Liquid crystal polymers as a reinforcement in high temperature polymer blends // Woodhead Publishing Limited. 2014. P. 141-164.

3. Corrie T. Imrie, Geoffrey R. Luckhurst Liquid crystal trimers. The synthesis and characterisation of the 4,4'-bis[*v*-(4-*cyanobiphenyl*-4'-*oxy*)alkoxy]biphenyls // J. Mater. Chem. 1998. №8 (6). P. 1339-1343.

О.А. Москалюк^{1,2}, А.А. Копотилова¹

¹Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

²Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта

ОЦЕНКА ВЯЗКОУПРУГИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ВОЛОКОН В ПЕРСПЕКТИВЕ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Производство и применение в строительстве полимерных геотекстильных материалов является одним из направлений развития ресурсо- и энергосберегающих технологий. В строительной практике широко применяются геосинтетические материалы, изготовленные из полимерных волокон (полиэфир, полипропилен, полиамид, полиэтилен или их комбинации) в виде плоских форм, лент или трехмерных структур. Тканое геополотно используется в качестве армирующей, разделительной и водоотводящей прослойки в дорожном строительстве, строительстве продуктопроводов, а также при возведении грунтовых сооружений во всех видах строительства.

Для эффективной работы геополотно должно обладать высокой прочностью, малой деформируемостью и высокой водопроницаемостью в сочетании с высокой химической и биологической стойкостью и долговечностью.

Как известно синтетические полимерные материалы, такие как полиэфир, полиамид и полипропилен, обладают ярко выраженными вязкоупругими свойствами, что создает проблему при оценке долговременной прочности конструкции из геополотна из-за непостоянства усилия и деформации в материале с течением времени. Вязкоупругие свойства проявляются в зоне неразрушающих механических воздействий и влияют на эксплуатационные свойства геосинтетических материалов [1-3]. По механическому воздействию вязкоупругие свойства можно условно разделить на два вида: с постоянно заданным усилием (ползучесть) и с постоянно заданной деформацией (релаксация напряжения). Ползучесть может быть определена как деформация во времени под действием приложенной постоянной нагрузки [1].

Цель данной работы состояла в исследовании вязкоупругих свойств высокоориентированных полимерных композиционных волокон на основе полиамида и углеродных нанотрубок при прикладывании нагрузки 30 и 50% от разрывных значений. Образцы высокоориентированных полимерных композиционных волокон были получены расплавленным методом с использованием лабораторного микросмесителя. Установлено влияние углеродных нанотрубок на протекание процессов ползучести в полимерных композиционных волокнистых материалах в рабочем диапазоне нагрузок. Установлены концентрации наполнителя, обеспечивающие замедление процессов ползучести в полимерных композиционных волокнах в перспективе их применения для геотекстильных материалов.

Список литературы

1. Логинова И.И., Артамонова Д.А., Столяров О.Н., Мельников Б.Е. Влияние структуры на вязкоупругие свойства геосинтетических материалов И.И. Логинова, Инженерно-строительный журнал. 2015. - №4. С. 11-18.
2. Шибанова А.В., Цобкалло Е.С., Аксакал Б., Москалюк О.А. Деформационно-прочностные и релаксационные свойства наполненных углеродными частицами полипропиленовых ориентированных пленок // Вестник ТвГУ. Серия «Химия». 2016. № 2. С.28-38.
3. Москалюк О.А. Цобкалло Е.С., Юдин В.Е., Шибанова А.В., Малафеев К.В. Влияния функциональных дисперсных наполнителей на механические свойства волокнистых полимерных материалов Pierfrancesco Morganti// Химические волокна. 2018. № 3. С. 67–71.

Е.П. Ширшова, А.Д. Мальцева, А.А. Лысенко, О.В. Асташкина

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

О ХЕМОСТОЙКОСТИ УГЛЕВОЛОКНИСТЫХ ПЛАСТИКОВ

Углепластики – это полимерных композиты, в состав которых входит в качестве наполнителя (УП) углеродное волокно. УП имеют набор уникальных свойств, таких как высокая прочность и жёсткость, низкая плотность и коэффициент термического расширения, инертность, хемостойкость, тепло и электропроводность. Свойства УП разнятся в зависимости от характеристик выбранных углеродных волокон, а также вида и текстурной формы армирующего наполнителя: волокно, жгут, лента, ткань. В зависимости от эксплуатационных условий матрица может быть, как терморезактивной, так и термопластичной. Все вышеперечисленное приводит к интенсивному развитию данной области в последнее время для нужд автомобильной промышленности, судостроения, станкостроения, в железнодорожном транспорте, для изготовления спортивного инвентаря и др. [1].

Были получены экспериментальные УП на основе дивинильных связующих двух типов Dion FR-93 (D-93) и Девинил 950 ТГ (D-95), наполненных углеродной тканью в несколько сложений. Для целесообразности дальнейших исследований требовалось определить хемостойкость полученных УП. Определение хемостойкости образцов проводилось по ГОСТ 12020-2018 [2] при выдерживании в воде, 40 % гидроксиде натрия, концентрированных соляной, серной, фосфорной и азотной кислотах при комнатной температуре (25 ± 2 °С) в течение 30 дней и после горячей обработке в течение 1 ч. Хемостойкость характеризовали по потере массы после выдержки. Потеря массы при низкотемпературной обработке образцов с матрицей D-93 не превышала 0,2 %, кипячение приводило к потере массы не более, чем на 1,55 %. УП на основе матрицы D-95 при холодной обработке теряли не более 0,3 % массы, при кипячении не более 0,8 %. Однако при низкотемпературной обработке концентрированной серной кислотой наблюдалось набухание образцов. В связи с этим были проведены испытания степени набухания путем выдержки в H_2SO_4 (96 – 98 %) в течение 4, 8, 12, 16 суток.

Показано, что образцы D-93 более активно поглощали кислоту до 200% масс. на 8-е сутки, против образцов D-95 увеличивших при тех же условиях массу до 160 % масс. с постепенной деструкцией матриц, о чем свидетельствует уменьшение массы на 12 и 16 сутки. Увеличение в объеме не превышает 30 – 31 % на 16 сутки для обоих образцов.

Вследствие того, что азотная и фосфорная кислота оказали наибольшее разрушающее действие на УП при горячей обработке, были проведены дополнительные исследования по обработке концентрированными кислотами при температуре 166 °С для фосфорной кислоты и 112 °С для азотной кислоты в течение 1, 3 и 6 часов. Показано, что фосфорная кислота разрушает оба образца одинаково, потеря массы составляет не более 0,65 % через 6 ч кипячения. Азотная кислота более агрессивно разрушает образцы, через 6 часов потеря массы образцов D-93 составила около 42 %, а для D-95 – 38 %.

Анализируя полученные данные видно, что хемостойкость образцов различается незначительно, образцы ведут себя в агрессивных средах практически идентично, но при использовании УП в агрессивных средах (кроме серной кислоты) предпочтение целесообразно отдать образцам с девинильной матрицей (D-95).

Список литературы

1. Михайлин Ю.А. Конструкционные полимерные материалы. Учебное пособие. // СПб: НОТ, С. 735-744.
2. ГОСТ 12020-2018 Пластмассы. Методы определения стойкости к действию химических сред. // М.: Стандартформ. 2018. 28 С.

А.Е. Карноухов, Ю.А. Тимошина, Э.Ф. Вознесенский

Казанский национальный исследовательский технологический университет

МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫЕ ПЛЕНКИ И ТКАНИ С ЭКРАНИРУЮЩИМИ СВОЙСТВАМИ

Металлизированные пленочные и текстильные материалы, обладающие электропроводящими свойствами, востребованы в качестве материалов для изделий с экранирующими свойствами. Одним из методов получения экранирующих материалов является напыление тонких металлических покрытий, при этом важным при нанесении покрытия является создание сплошного проводящего слоя [1].

В качестве материалов для напыления использовали пленки на основе ПЭ и ПУ, а также полиэфирную (ПЭФ) ткань полотняного переплетения и нетканый материал на основе полипропилена (ПП). Металлизации материалов осуществлялась в модульной плазменной установке для нанесения тонких металлических покрытий, расположенной на базе ресурсного центра ООО «Ферри Ват» [2]. Напыление меди производили при следующих параметрах: давление 0,2 Па, постоянное напряжение, мощность МРС 0,5 кВт, продолжительность напыления 10 мин. Перед напылением исследуемые материалы выдерживались в вакууме с давлением не выше 10 Па в течении 20 часов для обезгаживания. При напылении в данном режиме расчетная толщина медного покрытия составляет 150 нм.

При напылении покрытия на поверхность ПУ пленки было замечено увеличение давление в течении двух минут с начала напыления из-за нагрева полимера, что может свидетельствовать об активном газовыделении с поверхности пленки.

Для оценки экранирующей способности металлизированных пленок использовали источник излучения частотой 800 МГц. Измерения уровня сигнала проводили без и с использованием экрана из металлизированных пленочных и текстильных материалов.

Значения коэффициента экранирования для исследуемых материалов составили: для ПЭ пленки – 60 дБ, ПУ пленки – 49 дБ, ПП нетканого материала – 35 дБ, ПЭФ ткани

– 36 дБ.

Полученные результаты свидетельствуют, что напыление тонких металлических покрытий на поверхность полимерных пленок позволяет обеспечить достаточную проводимость для экранирования электромагнитного излучения. Металлизированные текстильные материалы демонстрируют значительно худшую экранирующую способность относительно пленок. Данный эффект связан с отсутствием сплошного покрытия на текстильных материалах из-за переплетения нитей и филаментов, образующих материал. Меньший коэффициент экранирования металлизированной ПУ пленки может быть связан с активным газовыделением с поверхности, в результате чего могли ионы меди образовывать химические соединения отрицательно влияющие на проводимость покрытия.

Список литературы

1. Koprowska J., Ziaja J., Janukiewicz J. Plasma Metallization Textiles as Shields for Electromagnetic Fields // FIBRES and TEXTILES in Eastern Europe. 2008 V. 16, № 5 (70) P. 64–66.
2. ООО Ферри Ват // URL: <https://ferryvatt.ru/> (дата обращения: 23.10.2021).

К.Н. Каримов, Э.Ф. Вознесенский, Ю.А. Тимошина

Казанский национальный исследовательский технологический университет

СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДЫ МЕТАЛЛИЗАЦИИ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Одним из перспективных направлений получения дисперсных материалов с функциональными свойствами является металлизация их поверхности. Металлизированные дисперсные материалы применяются в производстве различных изделий, в том числе композиционных материалов.

Для металлизации дисперсных материалов распространение получили химические и физические методы. Металлизация порошков и дисперсных материалов возможна в условиях их термоциклирования в карбонилах металлов. Распад карбониллов обеспечивает образование металлического покрытия на поверхности порошков. Также через порошки могут пропускаться пары соединений плакирующего металла при температурах выше температур разложения. Данные способы характеризуются слоистой «луковичной» структурой получаемых покрытий [1]. Отдельную группу составляют способы металлизации дисперсных материалов, которые включают в себя использование растворов, в том числе солей металлов, при этом чаще всего для осуществления процессов требуется поддержание высоких температур системы, а для получения достаточной толщины покрытий высокая продолжительность обработки [2].

К перспективным методам металлизации дисперсных материалов относится нанесение металлических покрытий с использованием вакуумно-дугового, ионно-плазменного и магнетронного распыления [3]. Данные методы характеризуются практически полным отсутствием агломерированных частиц, высокой степенью металлизации порошков (до 99,8%), регулируемой толщиной и высоким качеством получаемых покрытий. Для промышленных технологий важным является разработка оснастки для равномерного перемешивания дисперсных материалов и контроль толщины наносимых покрытий.

Список литературы

1. Ермилов А.Г. Полушин Н.И. Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. 2002. № 3. С. 48–53.
2. Пат SU 1616779 A1. Способ металлизации порошка / Н.В. Манукян, А.Н. Казарян, Б.С. Баласян, С.Ш. Христафорян, Р.А. Егизарян. Заявл. 02.03.1988; опубл. 30.12.1990.
3. Савич Д. Нанесение металлических покрытий на порошки методом магнетронного напыления // Вестник Российского научного центра «Курчатовский институт». 2012. № 34. С. 86–93.

Д.А. Каширский¹, Е.С. Сашина²

¹АО «Группа компаний «Химик»

²Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

СИНТЕЗ СОЛЬВАТОХРОМНОГО КРАСИТЕЛЯ

Понятие хромотропии красителей охватывает все области изменения их окраски под влиянием внешней среды и обусловлено изменением структуры хромофора красителя. Явление изменения энергии и интенсивности полосы поглощения растворенного хромофора в результате влияния растворителя в 1922 г. Хантц назвал сольватохромным эффектом. Увеличение дипольного момента растворителя приводит к непрерывному сдвигу электронной плотности в молекуле красителя через систему π -электронов. Это проявляется в виде изменения цвета красителя, сдвигах полос поглощения в оптических спектрах. Влияние растворителей на электронные переходы красителя определяются формой хромофора и природой электронного перехода. Органические соединения, проявляющие сольватохромные свойства, содержат π -электронные системы и могут иметь ароматическую, полиеновую или полиметиновую природу. Особое место в явлении сольватохромии занимает перенос заряда, который обеспечивается включением в органическую структуру ионов металлов. Сольватохромные растворители широко используются в качестве индикаторов полярности среды в научных исследованиях, а также в широком спектре диагностических приборов и устройств.

Нами был синтезирован перхлорат (N,N,N', тетрамethylэтилендиамин) (ацетилацетонат меди(II) и изучены его сольватохромные свойства. Метод синтеза подобен синтезу хелатных комплексов, описанных в работах [1–3], и основан на взаимодействии диамина, дикетона и соли меди. К 10 мл раствора перхлората меди (II) гексагидрата (3 ммоль) в этаноле добавляли равный объем этанольного раствора ацетилацетона (3 ммоль) и аммиака (3 ммоль). Через 30 мин добавляли 10 мл раствора N,N,N',N'-тетрамethylэтилендиамина (3 ммоль) в этаноле. Смесь перемешивали при комнатной температуре в течение 3 ч. После завершения реакции полученное соединение осаждали в виде кристаллов постепенным добавлением диэтилового эфира. Выпавшие кристаллы пурпурного цвета отфильтровывали на воронке Бюхнера и перекристаллизовывали из хлороформа и диэтилового эфира. Сушили в эксикаторе над пятиокисью фосфора.

Идентификацию красителя проводили при помощи ИК-Фурье спектроскопии. Полосы поглощения 2925 и 1467 см^{-1} отнесены к колебаниям групп метиленовых групп; 2877 и 1431 см^{-1} обусловлены колебаниями связей N-CH₃, интенсивная полоса 1525 см^{-1}

характеризует группу CN, полоса при 1587 см^{-1} относится к C=O и сопряженной с ней группе C=C, полоса 622 см^{-1} отнесена к связи Cu-O.

Сольватохромные свойства синтезированного красителя изучали в ряде ионных растворителей с разной полярностью. Механизм сольватохромного эффекта заключается в замещении перхлорат-анионов красителя двумя ионными парами растворителя. В результате спектрофотометрических исследований растворов перхлората (N,N,N',N'-тетраметилэтилендиамин)(ацетилацетоната) меди(II) в ионных растворителях получены данные о максимумах длин волн поглощения λ и соответствующих им волновые числа, рассчитаны значения сольватохромных параметров.

Список литературы

1. Ene C.D., Tuna F., Fabelo O., Ruiz-Pérez C., Madalan A.M., Roesky H.W., Andruh M. // Polyhedron. 2008. Т. 27. № 2. С. 574-582.
2. Madalan A.M., Kravtsov V.C., Pajic D., Zadro K., Simonov Y.A., Stanica N., Ouahab L., Lipkowski J., Andruh M. // Inorganica chimica acta. 2004. Т. 357. № 14. С. 4151-4164.
3. Su C.C., Wu S.P., Wu C.Y., Chang T.Y. // Polyhedron. 1995. Т. 14. № 2. С. 267-275.

Работа выполнена в рамках реализации программы «Приоритет 2030»

И.Е. Котова, Е.С. Сашина

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ТЕРМОХРОМНЫЕ КРАСИТЕЛИ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ТЕКСТИЛЯ

Несмотря на то, что явление термохромизма исследуется уже 150 лет, именно в последнее возрастает актуальность синтеза новых термохромных красителей, меняющих свой цвет в зависимости от температуры окружающей среды. Это связано с развитием производства современного и многофункционального текстиля. Чувствительные к температуре вещества используют не только в дизайне одежды, тканей, но и в медицине, при создании различного оборудования, термохромной бумаги для лазерных принтеров. В данной работе проведен анализ известных классов термохромных красителей и возможностей их использования для отделки текстильных и полимерных материалов.

Причина изменения цвета термохромного вещества в каждом индивидуальном случае может быть различной: это изменение формы кристаллической решетки, переход электронов, увеличение силы поля окружающих лигандов, изменение конформации молекулы, разрыв ковалентной связи в ее структуре и др. Так, среди неорганических соединений термохромизм наблюдается во многих координационных комплексах переходных металлов (особенно это характерно для кобальта и никеля) и связан с изменением координационных чисел под воздействием температуры. Термохромные переходы металлорганических соединений (например, бис-трифторпропанацетилацетоната меди II) основаны на эффекте спин-кроссовера или изменения геометрии лиганда. Чувствительность к температуре органических термохромов из групп спирогетероциклических соединений и биантронов обусловлена тепловым равновесием между двумя взаимопревращающимися изомерными структурами.

Сравнивая свойства органических и неорганических термохромных веществ, можно прийти к выводу, что последние обладают, как правило, более высокотемпературным переходом цвета, а также более термо- и светостабильны. Термопереход же органических веществ лежит в более низком температурном диапазоне и может регулироваться в зависимости от состава соединения. Можно «настроить» не только температуру перехода, но и цвет соединения, создавая различные цветовые эффекты путем совместного использования нескольких термохромных добавок за счет наложения узких полос поглощения каждой из добавок.

На поверхность интеллектуального изменяющего цвет текстиля наносится слой термохромного красителя, который под воздействием температуры меняет свою молекулярную структуру, что и приводит к изменению цвета. Оно может быть обратимым и необратимым, и происходить в определенном температурном диапазоне, называемой точкой перехода. Для верхней и повседневной одежды годятся термохромные красители с точкой перехода в диапазоне от -20 до $+30$ °С, для специальных целей (например, в одежде пожарных или полярников) могут быть использованы более высокие или более низкие температурные переходы. Для применения в текстильной печати термохромные вещества капсулируют, получая частицы с размером $3 - 10$ мкм, чтобы предотвратить влияние такие капсулы, как правило, не способны прочно закрепляться на текстильных волокнах, в составе термохромной краски используют полимерные добавки, создающие пленки при высыхании. В составе такой краски термохромного пигмента может содержаться, в зависимости от желаемой интенсивности цвета, от 5% до 30% масс. Возможен и другой путь придания изделию термохромных свойств – окрашивание волокнообразующего полимера в массе, добавляя $0,5 - 5\%$ масс. термохромного красителя в расплав или раствор до формования волокна.

Интеллектуальные ткани, меняющие цвет, подходят не только для бытового применения, но и для использования в военных и отраслях с повышенным риском, а также в медицинской и детской одежде.

Работа выполнена в рамках реализации программы «Приоритет 2030»

О.И. Яковлева, Е.С. Сашина

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ МЕТАЛЛСОДЕРЖАЩИЙ КОМПОЗИТНЫЙ МАТЕРИАЛ ИЗ ОТХОДОВ НАТУРАЛЬНОГО ШЕЛКА

Интенсивное развитие текстильной промышленности ставит задачу эффективного создания нового ассортимента функциональных текстильных материалов (первое поколение «умного текстиля»). Получение волокнистых композитов с металлами открывает возможности придания материалу широкого спектра необходимых свойств – электропроводных, каталитических, фунгицидных и бактерицидных.

Данная работа представляет результаты исследования свойств металлсодержащего композиционного материала из волокнистых отходов шелкопрядения. Выбор нетканой холстопробивной технологии переработки отходов

шелка основывается на результатах изучения параметров исследуемых отходов шелкопрядения (длины, диаметра и линейной плотности). Получен и охарактеризован нетканый иглопробивной материал из отходов шелка поверхностной плотностью 130 ± 5 г/м² с разрывной нагрузкой вдоль/поперек расположения волокон 2,2/0,4 МПа; удлинением при разрыве 45/65 %, начальным модулем жесткости 7,7/0,9 Мпа, удельной поверхностью 0,233 м²/г; общим объемом пор 3,34 см³/г. Обнаружено, что использование в составе волокнистой смеси волокон разной длины, диаметра и линейной плотности приводит к бимодальному распределению пор по размерам, в сравнении с аналогичным материалом из полиэфирных моноразмерных волокон. Экспериментально установлены основные функциональные зависимости между объемной плотностью материала и показателями воздухопроницаемости, определены фильтрующие свойства материала относительно доломитовой пыли ПИГ. Варьируя плотность иглопрокалывания и поверхностную плотность материала, в широких пределах изменяется его объемная плотность и, соответственно, сопротивление нетканого полотна аэродинамическому потоку.

Изучен процесс модификации нетканого иглопробивного материала наночастицами металлов – серебра, меди, никеля, кобальта и железа методом восстановления из растворов их солей; при этом сравнивалось действие восстановителей разной природы (сульфат гидразина, метол, борогидрид и гипофосфит натрия). Анализ микрoэлектронных фотографий образцов показал, что при содержании серебра в образце до 0,9 % масс. частицы серебра сорбированы в пористой структуре полимера, а при содержании серебра в образцах свыше 0,9 % масс. располагаются на поверхности волокон, при этом природа восстановителя оказывает решающее действие на их размеры.

Изучены бактериостатические свойства материалов, модифицированного наночастицами серебра и/или меди, относительно штамма *Staphylococcus aureus* и фунгицидные свойства материала относительно грибов *Saccharomyces cerevisiae*, а также каталитические свойства материалов, модифицированных наночастицами кобальта, никеля, железа. Даны предложения по адаптации разработанного способа получения иглопробивных нетканых материалов из отходов шелкопрядения с наночастицами металлов к условиям производства на промышленных линиях.

Материал может быть использован при решении проблем в части предохранения от бактериального и грибкового заражения, загрязнения атмосферного воздуха, в каталитических окислительно-восстановительных процессах, а также для регулирования электропроводности текстильных материалов.

Работа выполнена в рамках реализации программы «Приоритет 2030»

А.О. Кузнецова, Н.В. Скобова, Н.Н. Ясинская

Витебский государственный технологический университет

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ТЕХНОЛОГИИ КРАШЕНИЯ НАТУРАЛЬНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ

На кафедре экологии и химических технологий проводится работа по изучению процесса крашения текстильных материалов натуральными красителями с

использованием современных технологий. Главный аргумент в пользу возврата к природным красителям — это их безопасность и экологичность.

В качестве объекта исследований выбрана отбеленная хлопчатобумажная ткань поверхностной плотностью 145 г/м² с различными способами подготовки. Для крашения выбран хвощ полевой (*Equisetum arvense*), цветки пижмы (*Tanacetum*) и наземные части растения чистотела (*Chelidonium*) произрастающих на территории республики в большом количестве. Натуральным красителям для создания сродства между волокном и молекулами пигмента требуется протравливающий химикат, в данной работе использованы медный и железный купорос. Соли металлов, прикрепляющиеся к волокнам, притягивают молекулы органического пигмента, создают мостиковую связь между молекулами красителя и волокном, образуя координирующие комплексы.

Оценивалась эффективность применения технологии озвучивания растительного сырья на стадии подготовки к крашению [1] для улучшения степени окрашивания материала, а также технологии биотравки хлопчатобумажного тканого полотна с использованием ферментных препаратов целлюлолитического действия для улучшения степени фиксации красителя на волокне.

После крашения хвощом образцы без протрав приобрели молочный цвет. Образец, полученный с использованием озвученного сырья и медной протравы, приобрел светло—голубой цвет, железного купороса — светло—серый цвет. Образцы после крашения пижмы имели светло—желтый оттенок, озвучивание сырья и применение медного купороса изменили цвет на горчичный цвет, железного купороса — на серый цвет. Образцы ткани после крашения чистотелом имели желтый цвет, после крашения озвученным сырьем и обработкой медным купоросом приобрели светло—голубой цвет, железным купоросом — светло—серый. Ультразвуковая подготовка сырья позволила сохранить яркость и насыщенность образцов после протрав, как у вариантов материала после щелочной отварки, так и у биоподготовленных. Ферментная отварка материала позволила увеличить яркость и насыщенность оттенков всех образцов без протрав, но при использовании протрав эти показатели снижаются на материале. Оценка устойчивости окраски к сухому и мокрому трению выявила преимущества биотехнологии подготовки материала к крашению.

Список литературы

1. Кузнецова А.О., Скобова Н.В. Технология подготовки растительного сырья к крашению натуральных волокон / Міжнародна науково-практична конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених «Молодь — науці і виробництву - 2021: Інноваційні технології легкої промисловості»: матеріали конференції, м. Херсон, 19-20 травня 2021 р. // Херсонський національний технічний університет. Херсон. 2021. С. 43–44.

Н.Х. Хачатрян

Национальный Политехнический Университет Армении Гюмрийский филиал

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИМЕНИМОСТИ И ЗНАЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ГРАФЕН

Бурное развитие научно-технической мысли на современном этапе основывается на применение новых материалов, которые являются приоритетными и востребованными не только в настоящее время, но и в будущем.

Одним из таких уникальных материалов является графен - плоский лист из атомов углерода, первый из открытых двумерных кристаллов, возможность существования которых долгое время вызывало сомнение. Его впервые получили два британских ученых российского происхождения в 2004 году, позже им была присуждена Нобелевская премия. Об эффективности свойств данного материала пока свидетельствуют лишь лабораторные данные но уже количество патентов на изобретение этого открытия бесчисленное множество. Внедрение графена в массовое производство пока сдерживает его высокая стоимость и сложность организации. Но учёные в поисках оптимальных и продуктивных решений для его производства.

Практическое применение графена безгранично, так как он обладает многими полезными свойствами. Например, этот материал 200 раз прочнее стали, имеет невероятную электропроводность, а также в 10 раз большую теплопроводность по сравнению с медью-проводником, который массово используется при производстве самой разной электроники. Добавив здесь высокую прозрачность, графен открывает возможности для гаджетов будущего, например, контактные линзы, на которые можно передавать изображения. Благодаря этому материалу, мы сможем производить машины (морские корабли, подводные лодки, самолёты и т.д.) в 200 раз прочнее стали.

Графен, кроме небывалой прочности, обладает самой высокой подвижностью носителей заряда среди всех известных элементов, это делает его перспективным для использования в самых различных приложениях, в частности, как будущую основу нанoeлектроники. Возможную замену кремнию в микросхемах, построенной на базе графена, различные химические и электрические датчики будут в 30 раз точнее тех, что создаются на базе более традиционных материалов. Так же можно будет создавать батарейки, удерживающие способность которых в десять раз превзойдёт современные модели. С помощью графена, можно создать очень гибкие экраны. На рынок уже выходят смартфоны с гнущимися экранами, но гибкость все же следует назвать условной, потому что они не позволяют сворачивать весь экран в трубочку, а потом размять дисплей. Масштабы сферы применения таких экранов трудно представить, ведь их можно использовать даже в качестве элементов одежды, пока разумеется в теории, более того в будущем не исключена возможность создания "цветного платья" экрана, которая сможет помимо всего прочего менять цвет, когда в этом будет необходимость: допустим, сегодня вы ходите в красном платье, завтра меняйте цвет. Таким же образом возможно будет менять цвет автомобиля. Сюда же можно добавить графеновые обои, которые смогут менять цвет комнаты по желанию. Благодаря графену у нас появятся почти невесомые пуленепробиваемые жилеты.

У этого композитного материала есть и минусы, но его плюсы: высокая прочность, возможность точно рассчитать нужное количество слоёв и другие факторы, которые присуждают ему славу самого перспективного материала на планете.

Список литературы

1. http://www.ihte.uran.ru/?page_id=7544
2. http://perst.issp.ras.ru/Control/Inform/perst/2006/6_15_16/n.php?file=perst.htm&label=C_15_16_3

И.А. Прохорова¹, М. Бккар²

¹Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,

²Национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СВЯЗУЮЩИХ ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ АРМИРУЮЩЕГО ТЕКСИЛЯ

Важной задачей при проектировании полимерных композитных материалов (ПКМ) является выбор связующего полимера, который должен обеспечить как минимум два основных соотношений свойств композита:

$$\varepsilon_{связ} \geq \varepsilon_{арм} \text{ и } \sigma_{связ} < \sigma_{арм} \quad (1)$$

Выбор связующего полимера для получения композита на основе армирующей полипропиленовой ткани (ППТ) и явилось целью данного исследования.

В качестве объектов для исследования приняты два полимера – эпоксидная смола торговой марки КЕР 828 и уретановый форполимер торговой марки СКУ-ПФЛ-100. Результаты экспериментальных исследований свойств полимеров представлены в нижеприведенной таблице.

Таблица

№ п/п	Параметры	Значения	
		КЕР 828	СКУ-ПФЛ-100
Механические свойства полимера			
1	Разрывная нагрузка, P , Н	2480,81	2030,00
2	Относительное удлинение при разрыве, ε , %	1,25	501,4
3	Разрывное напряжение, σ , МПа	33,54	17,75
4	Модуль упругости, E , ГПа	2,68	0,0035
Технологические свойства полимера			
5	Поверхностное натяжение, γ , мН/м	50,20	128,74
6	Угол контакта, θ	47,61	107,55
7	Работа адгезии, w_A , дж/м ²	$89,92 \cdot 10^{-3}$	$84,04 \cdot 10^{-3}$

Согласно результатам испытаний свойств ППТ, используемой в качестве армирующего компонента для ПКМ, в зависимости от её технологической плотности механические свойства ткани находятся в следующем диапазоне: относительное удлинение – $\varepsilon_{ППТ} = 8-21$ %; прочность $\sigma_{ППТ} = 54,5-100$ МПа [1].

На основании анализа полученных результатов можно сделать вывод, что форполимер СКУ-ПФЛ-100 является лучшим связующим для ППТ, чем полимер КЕР 828.

Список литературы

1. Прохорова И.А., Бккар М., Иванов О.М., Васильева В.В. Исследование механических свойств полипропиленовых тканых лент, используемых для армирования композитов. //

Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2019. №1.
Т. 43. С. 60-64.

А.П. Михайловская, М.С. Калугина, А.С. Грищук, И.В. Елохин

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и
дизайна

ПОВЫШЕНИЕ БИОСТОЙКОСТИ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Натуральные волокна растительного происхождения не только сохраняют свою актуальность в производстве изделий текстильной и легкой промышленности, но и находят все большее применение. Например, их популярность возрастает в изготовлении современных композиционных материалов ввиду экологических преимуществ. Следует отметить, что хлопок является не основным источником для получения волокон на основе целлюлозы. К важнейшим возобновляемым источникам сырья для производства целлюлозных волокнистых материалов относятся лен, джут, крапива, конопля, сизаль, бамбук и т. п. Произрастая в естественных условиях, эти растения помимо целлюлозы содержат сульфаты, фосфор, глюкозу, глициды, азотистые вещества, которые служат питательной средой для микроорганизмов (бактерий и грибов). У натуральных волокон есть способность легко удерживать воду и бактериальные ферменты, которые в свою очередь подвергают гидролизации полимерные связи. Существует ряд стадий взаимодействия бактерий с волокнами, в том числе начальный этап приверженности, дальнейший рост бактерий, разрушение волокна и распределение в нем микроорганизмов. Так, установлено, что бактерии – представители эпифитной микрофлоры, при повреждении оболочек растений образуют золотисто-желтые слизистые колонии, проникают в субмикроскопическое пространство растений, проявляют условно патогенные свойства и негативно влияют на волокно, вызывая его деструкцию (сухая и мокрая гниль, мучнистая роса, чернь, деформации и пятнистость). В свою очередь, продукты жизнедеятельности бактерий и грибов негативно влияют на здоровье человека. Таким образом, перспективным направлением является придание биостойкости текстильным материалам на основе целлюлозы. Существуют две задачи при придании натуральным волокнам антимикробных свойств: защита от воздействия бактерий и защита от воздействия патогенных объектов, соприкасающихся с натуральным волокном.

Цель настоящей работы – оценка применения четвертичных аммониевых солей для придания биостойкости волокнам на основе целлюлозы.

В качестве четвертичных аммониевых солей использовали вещества, которые применяются как антисептические, дезинфицирующие и моющие средства: хлорид триэтилбензиламмония, бромид додецилтриметиламмония, хлорид бензилдиметилгексадециламмония и бромид гексадецилтриметиламмония. Тепловой обработке водными растворами солей аммония подвергали натуральные (хлопок, лен, крапива) и искусственное (вискоза) целлюлозные волокна. Образцы обработанного волокна испытывали на биостойкость к разным штаммам плесневых грибов и бактерий с питательной средой (глюкозой) и без нее. Экспериментальные данные позволили определить четвертичные аммониевые соли, с помощью которых можно повысить устойчивость целлюлозных материалов к действию микроорганизмов. Полученные результаты имеют практическую значимость, а именно используются в разработке

совмещенной технологии крашения целлюлозосодержащих волокнистых материалов активными красителями и придания окрашенному материалу устойчивости по отношению к таким штаммам как *Aspergillus niger*, *Puccinomyces varioti*, *Chaetomium globosum*, *Trichoderma viride*, *Penicillium funiculosum*.

Работа выполнена в рамках реализации программы «Приоритет 2030»

Р.Ф. Витковская, А.Д. Геворгян, С.В. Петров

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

БАЗАЛЬТОВЫЕ ОКСИДНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ

Существующий перечень новейших доступных технологий защиты атмосферного воздуха включает разнообразные методы, однако они не являются идеальными. Наряду с известными, каталитический метод обезвреживания газо- и паровоздушных смесей обладает рядом перспективных преимуществ, особенно при использовании в качестве носителей волокнистых материалов. В частности, базальтовая ткань – это материал, получаемый из расплава горных магматических пород. Преимущества материалов из данного волокна: диапазон эксплуатационных температур материалов и изделий на основе базальтового волокна от -260°C до $+900^{\circ}\text{C}$, высокая устойчивость к щелочам и кислотам, высокая устойчивость к воздействию органических веществ (растворители, масла, бензины и пр.), паропроницаемость, значительная механическая прочность, экологическая чистота. Для проведения исследований выбран катализатор, состоящий из носителя - базальтовой ленты ЛББ 0,2x100 полотняного переплетения, активной части оксида циркония содержанием 0,19 и 0,21 масс. доли, в качестве загрязняющего агента в газовой фазе – масляной кислоты в интервале концентраций 0,12-0,25 моль/л, которая включена в перечень контролируемых токсикантов в кожевенной промышленности, производстве гидрированных жиров, жирных кислот и прочее. Опыты проводились в реакторе с температурой от 300 – 800 $^{\circ}\text{C}$.

Концентрацию исходного раствора кислоты определяли методом кислотно-основного титрования 0,1 Н раствором гидроксида натрия.

Измерение массовой доли химических элементов в катализаторе проводилось с применением энергодисперсионного рентгенфлуоресцентного спектрометра типа EDX фирмы Shimadzu.

Полученные результаты показывают, что исходная концентрация масляной кислоты в течение 180 мин. при температуре 500°C снижается: 0,12 моль/л на 85%, 0,2 моль/л на 80%, 0,25 моль/л на 65%. С повышением температуры до 800°C эффективность увеличивается на 15%. Это является значимым при удалении низких концентраций токсичных компонентов.

Для расчета энергии активации с использованием уравнения Аррениуса были проведены опыты при температурах: 800°C , 600°C , и 400°C с одинаковой начальной концентрацией масляной кислоты 0,18 моль/л и катализатором с оксидом циркония.

Порядок реакции равен 5,3. Величина энергии активации составила 5,66 кДж/моль, что соответствует диффузионной области процесса, а константа скорости реакции 3,28.

Список литературы

1. Базальтовое волокно URL: Режим доступа: <http://termoizol24.ru/> (Дата обращения: 25.12.2018).
2. Ладыгин К.В., Стомпель С.И. Каталитическое окисление: эффективная очистка промышленных выбросов // Экология производства. 2016. №9. С. 4–6.
3. Геворгян А.Д., Витковская Р.Ф., Балабанова У.К. Жаропрочные волокнистые катализаторы для деструкции органических соединений в газовых выбросах промышленных предприятий // Инновации молодежной науки. Тезисы докладов Всероссийской конференции молодых ученых. СПбГУПТД. 2019. С. 152-153.

С.О. Тальвинский, Н.С. Лукичева, А.Ю. Кузнецов

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

МНОГОСЛОЙНЫЕ ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ УГЛЕРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В настоящее время особый интерес вызывают многослойные, в том числе градиентные, материалы, обладающие особым комплексом свойств, способные совмещать в себе — механические, технологические, конструкционные и специальные тепло- и функциональные свойства. В предыдущих работах кафедры НВКМ [1, 2] градиент свойств создавался путем различных комбинаций армирующих и связующих материалов между собой. Целью данной работы являлось получение и исследование многослойных углеродных теплозащитных материалов, используя различные комбинации лишь углеродных наполнителей: нетканого углеродного материала (УНТ), углеродной бумаги (УБ), углеродной фольги (УФ), активированной углеродной ткани (АУТ) и засыпок из терморасширенного графита (ТРГ), скрепленных либо иглопробивным методом, либо прошивкой углеродным волокном.

Было изготовлено 7 видов многослойных образцов с различной структурой: 1) трехслойный материал из УНМ; 2) трехслойный материал, состоящий из УНМ с помещенной в средний слой засыпкой из ТРГ; 3) материал, повторяющий структуру образца 2, отличающийся от нее только наличием с одной стороны (обращенной к тепловому потоку) дополнительного слоя УФ; 4) семислойный материал, состоящий из четырех слоев УБ чередующихся с тремя слоями УНМ; 5) семислойный материал, повторяющий структуру образца 4, отличающийся от него наличием в среднем слое УНТ засыпки ТРГ; 6) материал, состоящий из 20 слоев УБ; 7) материал, состоящий из 15 слоев АУТ.

По разработанной на кафедре НВКМ методике, при которой оценивается разность температур между лицевыми слоями образца при равной тепловой нагрузке на его обогреваемую сторону, была проведена оценка теплопроводности всех образцов. В результате анализа экспериментальных данных сделан вывод об их высоких теплозащитных свойствах. При температуре нагревателя до 200 °С разность температур между противоположными слоями у всех семи видов образцов в среднем с 30-ой минуты нагрева была не ниже 157 °С и оставалась неизменной на протяжении всего эксперимента (более 2-х часов). Однако выявить заметную разницу в теплопроводности у материалов с выбранными сочетаниями наполнителей не удалось. Вместе с тем, была замечена разница в кинетике на начальном этапе нагрева: быстрее всего нагревался образец 7, а медленнее – образцы 2 и 3. Что обуславливается разницей в кажущейся

плотности образцов: у образца 7 она имеет самое большое значение ($0,43 \text{ г/см}^3$), тогда как у образца 2 — самое маленькое ($0,08 \text{ г/см}^3$). Структура же образца 3, имеющего средний показатель кажущейся плотности среди образцов ($0,12 \text{ г/см}^3$), полностью повторяет структуру образца 2, за той лишь разницей, что в нее добавлен слой плотной теплопроводной углеродной фольги, плотность которой и отразилась на значении кажущейся плотности всего образца.

Список литературы

1. Лысенко А.А., Марценюк В.В., Асташкина О.В., Кузнецов А.Ю., Марценюк В.В., Лукичева Н.С. Градиентные углерод-полимерные композиционные материалы, структура и области применения // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1. Естественные и технические науки. 2019. № 3. С. 82 – 85.
2. Лукичева Н.С. Марценюк В.В., Лысенко А.А., Беспалов А.С., Баринов Д.Я. Многослойные материалы для теплозащиты // Композиты и наноструктуры. 2020. Том 12. № 1 (45). С. 14-20.

Д.Д. Абрамова, Н.С. Лукичева

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ФИЛЬТРУЮЩИХ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цель применения средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) — обеспечить необходимую защиту органов дыхания человека, находящегося в опасной для его здоровья среде [1]. В настоящее время наиболее используемыми СИЗОД являются респираторы. Также, в свете последних событий, широкое применение нашли медицинские маски, и не только в лечебно-профилактических учреждениях, но и практически в любых закрытых помещениях во избежание распространения новой коронавирусной инфекции «COVID-19». Однако даже в «заводском» варианте исполнения маски не сертифицированы, как СИЗОД. Фильтрующим материалом в респираторе является нетканый материал типа «мельтблаун», в маске — материал «спандбонд», изготавливаемые аэродинамическим формованием из полипропилена. Основными свойствами фильтрующих материалов для СИЗОД, которые регламентируются ГОСТ 12.4.294-2015 (далее ГОСТ), являются проницаемость материала по тест-аэрозолю и сопротивление воздушному потоку, которые зависят от его поверхностной плотности. Нами проведено исследование свойств материалов, формирующих фильтровальный слой в медицинских масках (образец № 1), респираторах торговой марки «Алина» (образцы № 2, 3 и 4), а также образцов «мельтблауна» нового поколения (образцы № 5 и 6). Определены поверхностные и объемные плотности данных образцов, а также с помощью установок FMP 03 и FH 143/149 (Lorenz Meßgerätebau) получены данные об их коэффициентах проницаемости по парафиновому маслу при расходе $60 \text{ дм}^3/\text{мин}$ и сопротивлению воздушному потоку при расходе $60 \text{ дм}^3/\text{мин}$. Установлено, что наименьшей поверхностной плотностью ($25,4 \text{ г/м}^2$) обладает образец 1, среднее значение коэффициента проницаемости которого составляет $88,7 \%$ (при требовании, установленном в ГОСТ, — не более 6%), а сопротивление воздушному потоку $21,5 \text{ Па}$ (при требовании, установленном в ГОСТ, —

не более 120 Па). Тем самым подтверждается, что большинство примитивных медицинских масок не обеспечивают необходимую защиту органов дыхания человека, а могут лишь частично предотвратить инфицирование окружающих. Фильтрующие материалы, используемые в респираторах (образцы 2–4), ожидаемо подтвердили соответствие своих характеристик требованиям ГОСТ, при значениях поверхностной плотности 30,2–30,8 г/м² коэффициент их проницаемости составил 2,2–3,4 %, а сопротивление воздушному потоку 50,9–55,7 Па. Исследование экспериментальных образцов № 5 и 6 показали, что у образца 5 поверхностная плотность составляет 26,6 г/м², при этом среднее значение коэффициента проницаемости — 82,45 % (что существенно превышает регламентируемое в ГОСТ значение), а сопротивления воздушному потоку — 22,16 Па. У образца 6, сформованного при большей температуре и скорости, поверхностная плотность — 32 г/м², среднее значение коэффициента проницаемости — 10,55 %, а сопротивления воздушному потоку — 107,1 Па. Что намного ближе к предъявляемым ГОСТ требованиям. Таким образом показано, что использование экспериментальных материалов в качестве фильтрующих в СИЗОД может быть возможно при доработке и подборе оптимального технологического режима изготовления.

Список литературы

1. Выбор и специфика применения фильтрующих СИЗОД Охрана труда и пожарная безопасность. URL:<https://otpb.com.ru/articles/vybor-i-specifika-primeneniya-filtryushchih-sredstv-individualnoy-zashchity-organov?page=2> (дата обращения 09.11.2021)

Д.Д. Абрамова, Н.С. Лукичева, О.И. Гладунова

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ВТОРИЧНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Начавшееся в середине XX века гражданское применение изделий из полимерных композиционных материалов (ПКМ), срок эксплуатации которых составлял во многих случаях более 20-ти, а то и 50-ти лет, неминуемо привело к тому, что в настоящее время остро встал вопрос их утилизации и переработки. В России, согласно прогнозам специалистов, к середине 20-х годов XXI века общий объем производства ПКМ увеличится до 118 тысяч тонн. С учетом этого, объем ПКМ, подлежащих утилизации, по различным оценкам может достигать до 3% от годового производства, то есть в ближайшем будущем ожидаемы десятки тонн трудно перерабатываемых отходов [1]. Сегодня данную проблему принято решать с помощью трех методов: захоронения; полного сжигания; переработки новыми механическими, контролируемые термическими и/или химическими методами. Причем, первые два считаются традиционными и уже не вписываются в рамки современного экологического законодательства. Поэтому в настоящее время ученые продолжают работать над вопросами вторичной переработки ПКМ. Выбор метода зависит от состава перерабатываемого материала, а также от планируемых областей его последующего применения.

Механическая переработка включает, в большинстве случаев, измельчение или дробление отслуживших композитных изделий с последующим их использованием в качестве наполнителей (например, как армирующие добавки в бетон при обустройстве объектов дорожной инфраструктуры — изготовлении парковочных настилов).

Контролируемая термическая переработка предусматривает разложение матрицы композита, когда при оптимальной температуре (чаще всего 450–600 °С) вместо полного сгорания угле- или стеклопластика удастся извлечь армирующий наполнитель с незначительным повреждением поверхности, пригодный для повторного использования. Среди недостатков метода следует выделить образование сажи и продуктов разложения полимерной матрицы, требующих дополнительной утилизации.

Химическая переработка представляет собой процесс, при котором в результате химических реакций полимерная матрица частично или полностью деполимеризуется. В результате такой переработки удастся не только извлечь армирующий наполнитель с минимальными механическими повреждениями, но и повторно использовать жидкие продукты связующего. Несмотря на существенные недостатки, существующие исследования [2,3] показывают, что химическая переработка является наиболее подходящей, например, для вторичного извлечения углеродных волокон (УВ), поскольку при этом потребляется меньше энергии, и получают более качественные УВ, пригодные к повторному использованию для ответственных изделий.

Список литературы

1. Петров А.В., Дориомедов М.С., Скрипачев С.Ю. Технологии утилизации полимерных композиционных материалов. Обзор // Труды ВИАМ. 2015. №8. Ст.09. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения 29.10.2021).
2. Dauguet M., Mantaux O., Perry N., Zhao Y.F. Recycling of CFRP for High Value Applications // Procedia CIRP. 2015. 29. P. 734–739.
3. Krauklis A.E., Karl C.W., Gagani A.I., Jorgensen J.K. Composite Material Recycling Technology - State-of-the-Art and Sustainable Development for the 2020s. // J. Compos. Sci. 2021. 5 (1). P. 28

Е.В. Кудрявцева, А.А. Буринская

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ПОЛУЧЕНИЕ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОЧАСТИЦ НА ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛАХ

Как известно, ионы серебра оказывают разрушительное действие на 657 видов болезнетворных микроорганизмов, тогда как спектр действия любого антибиотика составляет в среднем 5-10 видов бактерий. Однако, серебро и его соли являются дорогостоящими веществами. Наночастицы меди также применяются для бактерицидной и фунгицидной обработки как аналог более дорогостоящим благородным металлам. В то же время, бикомпонентные наночастицы медь-серебро позволяют получить антибактериальный эффект и экономическую выгоду за счет уменьшения стоимости исходного сырья.

Нами разработан экологически безопасный и высокотехнологичный способ синтеза бикомпонентных наночастиц медь-серебро на полимерных материалах для

придания антибактериальных, противогрибковых свойств и устойчивости к микробиологическому разрушению с сохранением указанных свойств в процессе эксплуатации за счет более прочного закрепления биметаллических наночастиц в пористой структуре и на поверхности материала.

Был использован метод восстановления катионов меди и серебра из водных растворов их солей – нитрата серебра и пентаводного сульфата меди. Такая обработка позволила придать материалу не только антибактериальные свойства, но и колористический эффект: цвета от золотисто-желтого до темно коричневого, что было охарактеризовано с использованием спектрофотометра фирмы Gretag Macbeth.

Были обработаны следующие полимерные материалы: хлопчатобумажная и вискозная ткани, льняное и пеньковое волокно, ткани из шерсти, натурального шелка, полиамидного волокна (капрон), целлофановая и полиамидная пленки. Микроскопические исследования поверхности полученных полимерных материалов с помощью электронного сканирующего микроскопа японской фирмы JEOL показали образование бикомпонентных наночастиц медь (ядро) – серебро (оболочка) с размерами от 30 до 100 нм.

Полученные окраски текстильных материалов были исследованы в соответствии с ГОСТ Р ИСО 105-C06-2011 на устойчивость к стиркам. Получены высокие показатели устойчивости (5/5/5) для большинства полимерных материалов.

Полимерные субстраты с бикомпонентными наночастицами проверялись на устойчивость к микробиологическому разрушению, к воздействию плесневых грибов, а также к действию грамм-положительных и грамм-отрицательных бактерий согласно государственным стандартам. Полученные показатели подтвердили антибактериальные и противогрибковые свойства модифицированных наночастицами материалов.

Работа выполнена в рамках реализации программы «Приоритет 2030»

Список литературы

1. Буринская А.А., Газизуллина А.Р., Кудрявцева Е.В. Получение наночастиц серебра на полимерных материалах без использования восстановителей // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2020. № 1. Том. 47. С. 83-87
2. Буринская А.А., Газизуллина А.Р., Аитова А.Н., Ерохина О.А., Аким Э.Л. Получение наночастиц серебра на пеньковом волокне // Вестник СПГУТД. Серия 1. 2019. № 2 С.54-58.

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

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ ПРИ МОДИФИКАЦИИ ПОЛИМЕРНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Существуют различные способы модификации полимерных волокнистых материалов: химические, физические, электрофизические, механические и др. К наиболее технологичным следует отнести способ нанесения полимерного покрытия, позволяющий придавать материалам различный спектр дополнительных свойств путем введения в покрытие разнообразных лекарственных препаратов. Одним из таких свойств может быть биологическая активность. Введение в покрытие лекарственного препарата

не всегда позволяет достичь желаемого срока действия активного вещества. Для регулирования сроков биологической активности в полимерном покрытии возможно использовать активные вещества – в виде микро- и нанокапсул с нанопорами (полимерные наночастицы), полученными путем микрокапсулирования. В качестве материала оболочек могут использоваться любые вещества, обладающие пленкообразующими свойствами [1]. Чаще всего применяют микрокапсулы размером от 100 до 500 мкм. Частицы менее 1 мкм называют нанокапсулами.

В наноразмерном диапазоне практически любой материал начинает проявлять уникальные свойства. Полимерные наночастицы обладают рядом преимуществ, определяющих эффективность их применения: биосовместимость, способность к биодеградации, функциональная совместимость. Типичными соединениями, которые представляют основу для создания полимерных нанокапсул, являются полимолочная и полигликолевая кислоты, полиэтиленгликоль, поликапролактон и др., а также их различные сополимеры [2]. Большим преимуществом микрокапсулирования является возможность пролонгированного действия лекарственного вещества. Микрокапсулирование имеет особую актуальность при решении проблемы «депонирования» лекарственных веществ, поскольку этот процесс позволяет с большой надежностью придавать заранее заданные свойства микрокапсулам, в том числе и постепенное введение препарата в организм.

Таким образом, введение в полимерные покрытия микрокапсулированных веществ позволит не только достичь пролонгированного антимикробного эффекта, но и увеличить сам антимикробный эффект путем комбинации различных лекарственных препаратов и их концентраций.

Список литературы

1. Солодовник В.Д. Микрокапсулирование. // М.: Химия. 1980. 186 С.
2. Абаева Л.Ф., Шумский В.И., Петрицкая Е.Н., Рогаткин Д.А., Любченко П.Н. Наночастицы и нанотехнологии в медицине сегодня и завтра // Альманах клинической медицины. 2010. № 22. С.10-16.

А.В. Шибанова, Е.С. Цобкалло

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

СОЗДАНИЕ НОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЗАДАНЫМ КОМПЛЕКСОМ СВОЙСТВ

В современном мире к различным материалам и получаемым из них изделиям постоянно повышаются требования по эксплуатационным свойствам. Волокна и нити, обладающие специальными свойствами, чрезвычайно востребованы для создания изделий технического назначения. За счёт создания гетерогенных структур, к которым можно отнести, в том числе, и волокнистые полимерные композиционные материалы (ПКМ), могут быть значительно изменены эксплуатационные характеристики.

Свойства ПКМ зависят от выбора исходных компонентов и их соотношения, взаимодействия между ними, метода и технологических режимов формования. Для создания волокнистых композиционных материалов предпочтительнее использовать термопластичные полимеры, что связано с их более высокой технологичностью и

возможностью вторичной переработки. Варьирование свойств ПКМ достигается путем введения в полимерную матрицу наполнителей, имеющих различную природу, размеры и форму. Создание волокнистых композиционных структур предъявляет особые требования к компонентам – матрице и наполнителю. Матрица представляет собой волокнообразующий полимер, а в качестве наполнителей должны быть использованы частицы существенно меньших размеров поперечного сечения нитей. В настоящее время особое внимание уделяют модификации полимерных связующих наноструктурными наполнителями, в частности - сферическими неорганическими наночастицами. Для создания волокнистых композиционных материалов необходим тщательный подбор специального лабораторного оборудования, которое позволяет изучить взаимосвязь механических свойств полимерных систем с их химическим строением, надмолекулярной организацией и композиционным составом, исследовать процессы деформирования и разрушения; разработать научные основы получения плёнок, волокон, композиционных и нанокомпозиционных материалов с заданным комплексом свойств.

Лабораторные образцы волокнистых композиционных материалов изготавливались по расплавной технологии, затем подвергались высокотемпературной ориентационной вытяжке. Основной задачей при введении наноразмерного наполнителя является его равномерное диспергирование в матрице полимера и предотвращение агломерации наночастиц в макрокомплексы. Отсутствие агломерации и сохранение размеров наполнителя на наноуровне, позволяет использовать наноэффекты при формировании свойств материала и существенно расширить ассортимент волокнистых материалов с требуемым комплексом свойств.

Список литературы

1. Шибанова А.В., Цобкалло Е.С., Москалюк О.А., Юдин В.Е. Разработка композиционных волокнистых материалов с улучшенными механическими свойствами // Химические волокна, 2020. № 3. С. 89–92.
2. Москалюк О.А., Цобкалло Е.С., Юдин В.Е., Шибанова А.В., Малафеев К.В., Pierfrancesco Morganti. Влияние функциональных дисперсных наполнителей на механические свойства волокнистых полимерных композиционных материалов // Химические волокна. 2018. №3. С. 67-71.

А.С. Николаева, Е.С. Цобкалло, А.В. Труевцев

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ВЛИЯНИЕ ЗАЖИМНОЙ ДЛИНЫ НА РАЗРЫВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРЯЖИ, СОДЕРЖАЩЕЙ ВОЛОКНО НИТРОН

Наличие сведений о характере влияния зажимной длины, устанавливаемой на разрывной машине, на прочность и разрывное удлинения нити представляет не только научный интерес: разрывные характеристики нити используются в расчетах параметров трикотажа на стадии технологической подготовки производства. Кроме того, механизм армирования композиционных материалов трикотажем близок к армированию короткими отрезками однонаправленных нитей, причем в структуре трикотажа длина таких «отрезков» не превышает 10 мм [1]. Смешанная пряжа, содержащая шерстяные и

полиакрилонитрильные (ПАН) волокна, по-прежнему остается основным сырьем для производства верхнего трикотажа. Кроме того, значительная часть ассортимента этих изделий вырабатывается из ПАН пряжи, как высокообъемной, так и классической штапельной. И это не случайно: ПАН волокна по праву относятся к «шерстоподобным», и трикотаж из полушерстяной пряжи с вложением ПАН волокон проявляет гораздо лучшие эксплуатационные свойства, чем изделия из пряжи с вложением других распространенных волокон (полиамидных, полиэфирных). Прядильные фабрики России и Белоруссии традиционно используют ПАН волокно «нитрон».

Согласно действующим стандартам, текстильные нити испытывают на зажимной длине $L=500$ мм. Есть все основания полагать, что её уменьшение должно сказываться на разрывных характеристиках пряжи. «Масштабный эффект» присутствует во всех материалах, а в пряже, состоящей из множества скрученных отдельных волокон ограниченной длины, он должен проявиться непременно. Для проверки данной гипотезы был проведен эксперимент на ПАН пряже 31 х 2 текс (нитрон – 100%) и смешанной пряже 31 х 2 текс (шерсть – 50%, нитрон – 50%).

Измерительный комплекс «Инстрон» позволяет варьировать диапазон измерения зажимной длины L от 1 до 500 мм с интервалом 1 мм. В нашей работе были выбраны уровни 2, 5, 10, 50, 100 и 500 мм. Для каждого значения L было выполнено по 10 опытов.

Анализ полученных данных показывает, что уменьшение зажимной длины с 500 до 2 мм приводит к росту прочности смешанной пряжи в 1,3 раза, а разрывного удлинения в 4,7 раза. Для нитроновой пряжи эти показатели составили, соответственно, 1,3 и 10,8 раза.

Увеличение зажимной длины с 2 до 50 мм приводит к значительному снижению обеих разрывных характеристик, но в интервале $L=50...100$ мм происходит явное сглаживание этой тенденции, и затем кривые асимптотически приближаются к оси аргумента. Данный факт можно объяснить тем, что, и шерстяное, и нитроновое волокно имеют среднюю штапельную длину около 70 мм, и в диапазоне зажимной длины $L=50...100$ мм наблюдается изменение механизма разрыва пряжи: при малых значениях L превалирует растяжение волокон, а при больших – растаскивание пряжи на отдельные волокна, при этом их прочность используется лишь отчасти.

Таким образом, для адекватного прогнозирования разрывных характеристик трикотажа необходимо учитывать механические свойства пряжи, определяемые при минимальных значениях зажимной длины образца.

Список литературы

1. Труевцев А.В., Цобкалло Е.С., Москалюк О.А., Молоснов К.А. Полимерные композиты с кулирным трикотажным наполнителем: монография // СПб.: СПбГУПТД, 2020 160 С.

Д.А. Петрова

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ТОПЛИВНЫЕ БРИКЕТЫ НА ОСНОВЕ БУМАЖНЫХ ОТХОДОВ

Бумажные отходы в мире производятся в огромном количестве и составляют 30-40% от всех бытовых отходов. По данным портала expert.ru в России объем образования макулатуры, пригодной к переработке, составляет 7,94 млн тонн в год [1]. Существуют

различные методы утилизации и вторичной переработки таких отходов, однако актуальным является получение топливных брикетов, как источника энергии, которое имеет ряд преимуществ с экологической и экономической точек зрения. Кроме того бумага легко отделяется от твердых отходов и, как правило, не загрязнена металлами и другими негорючими материалами, а также имеет низкое содержание серы и соединений азота [2].

Целью данной работы является получение топливных брикетов из бумажных отходов с показателями, близкими к мировым стандартам. В ходе работы использовали макулатуру класса В (резаная газетная бумага), для измельчения применяли шредер Powershred® M-7Cm. Размер резаных кусочков составлял 5×100 мм. В качестве связующего для резаной бумаги использовали воду, растворы поливинилового спирта (ПВС), полиэтилен в виде резаной пленки, а также полипропиленовые плоские нити. Объектом сравнения выступали RUF-брикеты.

Резаную бумагу смачивали водой или растворами ПВС, затем отжимали на вертикальном прессе и высушивали при температуре 50 °С. При использовании полиэтилена и полипропилена температура прессования составляла 170 °С.

Прочность образцов, полученных в ходе работы, оценивали органолептическим методом, было определено, что наиболее высокой прочностью обладают образцы, полученные пропиткой бумаги 4% раствором ПВС. Использование полимерного связующего требует больше технологических операций и для получения плотного, прочного, монолитного топливного брикета необходимо вводить большое количество связующего, что недопустимо при сгорании брикетов.

Далее проводили сравнительный анализ топливных брикетов, полученных из резаной бумаги и 4% раствором ПВС, с промышленно выпускаемыми RUF-брикетами. Плотность образцов составила 990 кг/м³, что достаточно близко к аналогу, у которого этот показатель составляет 1012 кг/м³. Однако основным показателем для топливных брикетов является теплота сгорания. Измерения производили на калориметре С 2000 basic. Теплота сгорания полученного образца – 18984 кДж/г, объекта сравнения – 18417 кДж/г.

Таким образом, в ходе работы получены образцы топливных брикетов на основе бумажных отходов с применением 4% раствора ПВС, отвечающие показателям промышленно выпускаемых топливных брикетов.

Список литературы

1. Бумага не все терпит Эксперт. 2018. URL: <https://expert.ru/expert/2018/17/bumaga-ne-vse-terpit> (дата обращения 10.11.2021).
2. Gado H. Characterization of briquettes coming from compaction of paper and cardboard waste at low and medium pressures / S. K. Ouiminga, T. Daho, A. H. Yonli, M. SougotI, J. Kouliadiati // Springer Netherlands. 2014. P. 725-731.

Д. А. Петрова

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ОБ УПРОЧНЯЮЩЕМ ДЕЙСТВИИ ДИСПЕРСНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ

Повышенные физико-механические свойства у композитов связаны с влиянием на их структуру наполнителей. В настоящее время в свете развития нанотехнологий приобретают

особую значимость исследования в области увеличения физико-механических свойств за счет дисперсных наполнителей, таких как фуллерены, технический углерод (ТУ), графены, углеродные нанотрубки (УНТ). Известно [1] диссипативное действие частиц ТУ в резинах, когда при трещинообразовании трещина сталкивается с наполнителем и происходит рассеивание энергии, что позволяет повысить прочность изделий. Такой эффект усиления является результатом адсорбции молекул каучука, их ориентации на поверхности частиц наполнителя и образованием упрочняющих цепочек и сеток.

Еще больший структурирующий и упрочняющий эффект наблюдается при использовании в качестве наполнителя УНТ [2]. Целью нашей работы являлось получение упроченных пленочных полимерных композитов, наполненных углеродными нанотрубками.

В качестве полимерной матрицы использовали сополимер полиакрилонитрила с итаконовой кислотой (ПАН), а в качестве наполнителя использовали два вида УНТ: с неокисленной поверхностью (УНТ-1) и окисленной поверхностью (УНТ-2). Окисление поверхности проводили путем двухчасового кипячения УНТ-1 в 30 %-ой перекиси водорода и концентрированной серной кислоте. Композитные пленки получали методом отливки на подложку 5 %-ных растворов ПАН с различным содержанием наполнителя (от 0,1 до 1,0 % масс.). Физико-механические показатели полученных образцов изучали на универсальной разрывной машине Instron 1122.

Показано, что введение окисленного наполнителя приводит к более существенному увеличению прочностных характеристик по сравнению с неокисленным. Так, максимальное разрывное напряжение пленок ПАН/УНТ-2 составило $76 \pm 3,0$ МПа, при содержании наполнителя 0,8 % масс., в то время как для образцов с неокисленными УНТ этот показатель не превысил $64 \pm 3,1$ МПа. Кроме того, отмечено, что состав поверхности углеродных нанотрубок, а именно наличие или отсутствие на их поверхности функциональных кислородсодержащих групп, напрямую оказывает влияние на модуль упругости образцов. Модуль упругости пленок ПАН/УНТ-1 составил $1 \pm 0,1$ ГПа, что в 2 раза меньше, чем для ненаполненного образца, а этот же показатель для пленок ПАН/УНТ-2 составил $3 \pm 0,1$ ГПа.

Такие изменения физико-механического поведения композитных пленок связаны с взаимодействием поверхности УНТ и функциональными группами ПАН и со структурирующим воздействием наполнителя на макромолекулы полимера.

Список литературы

1. Раздьяконова Г.И. Физико-химические основы усиления каучука техническим углеродом // Сборник Полимеры в науке и технике: материалы Всероссийской научной Интернет-конференции с международным участием, Казань. 2014. С.49-54.
2. Gojny F.H. et al. Influence of different carbon nanotubes on mechanical properties of epoxy matrix composites – A comparative study // Composites Science and Technology. 2005. 65. P. 2300-2313

В.В. Васильева, В.О. Забелихин

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИЕ НИТИ СИСТЕМЫ «ОБОЛОЧКА-ЯДРО»

В последнее время при создании текстильных материалов особым спросом пользуются электропроводящие композиционные нанонаполненные нити, которые обладают несомненными достоинствами, позволяющими создавать легкую,

функциональную, удобную в эксплуатации одежду специального назначения нового поколения. Однако для того, чтобы перейти к устойчивому массовому производству таких материалов, необходимо решить ряд проблем, связанных со спецификой получения композиционных наноуплотненных нитей.

Серьезный недостаток, с которым сталкиваются производители и потребители изделий из наноуплотненных нитей – это неравномерное покрытие электропроводящими материалами, что существенно влияет на равномерность нагрева нити. Неравномерность покрытия приводит к тому, что один из участков нити типа «оболочка-ядро», имеющий более плотный слой будет нагреваться сильнее, а участок нити меньшего поперечного сечения может нагреваться очень слабо. Поэтому технология изготовления этих материалов в условиях массового производства требует очень тщательной обработки, а оборудование – точной настройки.

Еще одной существенной проблемой нитей типа «оболочка-ядро», которая связана с предыдущей, является плохая адгезия токопроводящего слоя. В результате этого при обработке и эксплуатации изделий с уплотненными нитями возможно уменьшение толщины покрытия, и, как следствие этого, еще большее увеличение электросопротивления нити, нить опять нагревается неравномерно. Из этого вытекает так же вопрос устойчивости такой продукции к любым механическим воздействиям – изгиб, растяжение, истирание электропроводящего слоя нити о другие компоненты изделия, а также и при стирке.

Изменение площади поперечного сечения наблюдается у комбинированных электропроводящих нитей, которые изготавливаются из химических волокон различного происхождения и металлической микропроволоки. Используемые при этом металлы должны быть пластичными, чтобы деформационные свойства полимерных и металлических волокон были одинаковы. Однако, уже при небольших уровнях растяжения такой металл вытягивается, теряет свою изначальную форму и создается ситуация, при которой некоторые участки будут тоньше. Такое же негативное воздействие на комбинированные нити может происходить и вследствие изгибающих нагрузок. В таком случае наблюдается эффект, когда наружные слои металла растягиваются, а внутренние (ближние к центру радиуса) сжимаются. При многократном повторении цикла изгиба такой нити металл быстро деформируется, и нить теряет свои свойства.

Изменение электропроводящих свойств может вызвать и процессы окисления в нитях, производство которых заключается в наполнении высокодисперсными порошками благородных металлов в различные химические волокна.

В результате данного обзора можно сделать вывод, что производство композиционных нитей с углеродными, а не металлическими наноуплотнителями, разработка изделий из них и дальнейшая эксплуатация данной продукции имеет большой потенциал и несомненный экономический эффект.

Н.В. Дащенко

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛА С ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

Одним из наиболее перспективных фотокаталитических материалов на сегодняшний день является диоксид титана. Этот материал широко используется в качестве фотокатализатора в процессах окисления органических загрязнений в воде и воздухе, при изготовлении самоочищающихся стекол и покрытий, поскольку обладает такими преимуществами, как химическая стабильность, не токсичность, высокая фотокаталитическая активность, низкая стоимость. Суть фотокаталитических свойств диоксида титана заключается в том, что под действием УФ-лучей на поверхности полупроводника образуются электронодонорные и электроноакцепторные участки, обеспечивающие протекание окислительно-восстановительных реакций, приводящих к разложению органических загрязнений.

Группой ученых кафедры химических технологий им. проф. А.А. Хархарова под руководством заслуженного деятеля науки РФ, д.т.н., проф. А. М. Киселева получен текстильный материал, обладающий свойствами самоочищения поверхности за счет наличия на ней наноразмерного диоксида титана в форме анатаза, обладающего высокой фотокаталитической активностью. Для создания такого материала специально синтезированы гибридные пигменты на основе диоксида кремния с наноразмерным диоксидом титана, допированным оксидами переходных металлов с целью повышения каталитической активности за счет смещения спектра поглощения в видимую область.

Самоочищающееся покрытие позволяет защитить текстильный материал от воды, бактерий, органических загрязнений, более того, такие материалы обладают супергидрофильными свойствами, что способствует стеканию молекул воды по поверхности, увлекая за собой молекулы загрязнений.

Применение фотокатализаторов на основе наноразмерного диоксида титана в текстильной промышленности открывает новые возможности для многофункциональной модификации текстиля. Однако для получения и реализации текстильных материалов с фотокаталитическими свойствами необходимо решить ряд ключевых технологических проблем, от разработки фотокатализатора до оптимизации нанесения. Для закрепления пигментов на основе гибридных оксидов на поверхности текстильного материала с образованием самоочищающегося покрытия необходимо использовать композицию связующих веществ на основе акриловых латексов.

Проведенные исследования позволили установить, что полученные материалы обладают антибактериальными свойствами. Таким образом, например медицинские халаты, сшитые из такой ткани, можно обрабатывать ультрафиолетом для дезинфекции после использования.

Придание текстильным материалам фотокаталитической активности способствует их самоочищению, другими словами, обеспечивает деструкцию под действием солнечного света попадающих на текстильные материалы загрязнений. Наличие таких свойств значительно уменьшает расход воды и потребление энергии, необходимых для стирки текстильных изделий.

Работа выполнена в рамках реализации программы «Приоритет 2030»

Е.Г. Григорьева

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и
дизайна

ВЫРАБОТКА ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН ИЗ ЛЬНОСОДЕРЖАЩЕЙ ПРЯЖИ

Льняная промышленность России на протяжении многих лет производит большой ассортимент продукции из льна, соответствующий различным потребительским требованиям. Это льняные ткани для изготовления одежды, верхний трикотаж, чулочно-носочные изделия, изделия медицинского и технического назначения, мебельные и декоративные ткани. Лен обладает большой гигроскопичностью и воздухопроницаемостью, не вызывает аллергии, отлично отстирывается, быстро сохнет, имеет высокую износостойкость.

При изготовлении трикотажных полотен из льняной пряжи, предприятия сталкиваются с трудностями переработки чистольняной пряжи на вязальном оборудовании. Льняное волокно довольно жесткое, хрупкое и ломкое. При вязании происходят сбросы петель, поломка игл и срывы полотна. Поэтому для изготовления льняного трикотажа лучше использовать смешанную льняную пряжу с добавлением хлопкового, вискозного или нитронового волокна. Это позволяет увеличить вязальную способность льняной пряжи.

Российские и белорусские предприятия производят льняную пряжу различной линейной плотности с содержанием льна более 30 %. В данной работе была исследована льновискозная пряжа линейной плотности 62 текс. На плосковязальном оборудовании 10 класса выработаны образцы трикотажных полотен переплетением кулирная гладь, ластик 1+1, и простым комбинированным переплетением, сочетающим ряды кулирной глади и ластика. Затем были рассчитаны технологические параметры трикотажа – петельный шаг, высота петельного ряда, плотность по горизонтали и вертикали, длина нити в петле, поверхностная плотность трикотажа.

Далее в работе были исследованы физико-механические свойства трикотажных полотен – воздухопроницаемость, растяжимость и пиллингуемость. Было установлено, что образцы переплетений кулирная гладь и ластик имеют повышенную растяжимость и воздухопроницаемость, и могут быть использованы для изготовления бельевого трикотажа и чулочно-носочных изделий. А образцы трикотажа комбинированного переплетения обладают малой растяжимостью и повышенной формоустойчивостью. Из них можно производить верхний трикотаж летнего ассортимента. Льняная пряжа большой линейной плотности также может быть востребована в трикотажной промышленности для изготовления жакетов и кардиганов.

Производство трикотажных изделий из льнодержательной пряжи должно ориентироваться не только на создание модного силуэта и современного дизайна, но и на потребительские свойства используемого сырья.

Трикотажные предприятия России в условиях экономического кризиса могут и должны создавать конкурентоспособные изделия из натурального сырья для отечественных потребителей.

Список литературы

1. Опеньшев С.П. Проблемы развития льняного комплекса России // Аналитич. записка Счетная палата России. 2012.

2. Труевцев Н.Н., Легезина Г.И., Аснис Л.М., Гребенкин А.Н. Теория и практика получения текстильных материалов на основе котонизированного льна. Монография // СПб.: СПГУТД, 2006. 176 с.

Б.М. Примаченко, Н. В. Калик

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИПРОПИЛЕНОВОЙ ТКАНИ ДЛЯ АРМИРОВАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Исследования тканей из химических нитей для армирования композиционных материалов имеют важное научное и технологическое значение для улучшения существующих и создания новых полимерных композиционных материалов (ПКМ). К таким тканям относятся, например, ткани из полиэтилентерефталатных, углеродных и полипропиленовых нитей. Полипропиленовые ткани (ППТ) имеют значительную прочность, малую плотность, высокую хемостойкость, большую устойчивость к перепадам температур и влажности.

Целью работы является определение параметров строения, структуры и характеристик физико-механических свойств ППТ для армирования ПКМ.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Подготовлены образцы ППТ в соответствии с требованиями ГОСТ 29104.1-91, ГОСТ 29104.2-91, ГОСТ 29104.4-91.

2. Экспериментально определены основные параметры строения, структуры и характеристики физико-механических свойств образцов ППТ: линейная плотность основных и уточных нитей (T), поверхностная (P_s) и объёмная (P_v) плотности, разрывная нагрузка (P_p), разрывное напряжение (σ_p), удлинение при разрыве (ϵ_p) и начальный модуль жесткости (E_H).

3. Выполнено пять серий экспериментальных исследований по параметрам строения, структуры и характеристикам физико-механических свойств при количестве измерений, равном: 4, 8, 16, 32 и 64.

4. Результаты измерений обработаны в соответствии с методиками ГОСТ Р 8.736-2011 «ГСИ. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений» и МИ 2083-90 «ГСИ. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей» при доверительной вероятности 0,95.

Полученные результаты, например, для объёмной плотности, разрывной нагрузки и удлинения при разрыве образцов ППТ показали, что эти параметры и характеристики имеют следующие оценки с доверительными границами погрешности:

1 серия (4 измерения):
% . $A_{P_v} = (0,503 \pm 0,011) \text{ г/см}^3$; $A_{P_p} = (1162 \pm 24) \text{ Н}$; $A_{\epsilon_p} = (19,25 \pm 0,79)$

2 серия (8 измерений):
% . $A_{P_v} = (0,503 \pm 0,010) \text{ г/см}^3$; $A_{P_p} = (1179 \pm 20) \text{ Н}$; $A_{\epsilon_p} = (18,75 \pm 0,44)$

3 серия (16 измерений):

%.	$A_{Pv} = (0,505 \pm 0,010) \text{ г/см}^3$;	$A_{Pp} = (1171 \pm 23) \text{ Н}$;	$A_{\epsilon p} = (19,31 \pm 0,52)$
	4 серия (32 измерения):		
%.	$A_{Pv} = (0,521 \pm 0,011) \text{ г/см}^3$;	$A_{Pp} = (1186 \pm 21) \text{ Н}$;	$A_{\epsilon p} = (20,03 \pm 0,26)$
	5 серия (64 измерения):		
%.	$A_{Pv} = (0,508 \pm 0,010) \text{ г/см}^3$;	$A_{Pp} = (1157 \pm 18) \text{ Н}$;	$A_{\epsilon p} = (19,66 \pm 0,27)$

Из данных эксперимента следует, что количество измерений оказывает заметное влияние на оценку и доверительные границы погрешности ППТ: например, для объёмной плотности, разрывной нагрузки и удлинения при разрыве оценки варьируются от 2,5 до 6,6 %, а доверительные границы – от 1,5 до 4,1 %.

Б.М. Примаченко

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ТКАНЕЙ ИЗ ПЭТФ НИТЕЙ ДЛЯ АРМИРОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Моделирование структуры и прочностных свойств тканей из химических нитей для армирования композиционных материалов имеет важное значение для улучшения существующих и создания новых полимерных композиционных материалов (ПКМ). К таким тканям относятся, например, ткани из полиэтилентерефталатных, углеродных и полипропиленовых нитей. Полиэтилентерефталатные ткани (ПЭТФТ) имеют высокую прочность, значительную термостойкость и хемостойкость, низкую гигроскопичность, большую устойчивость к перепадам температур и влажности.

Целью работы является моделирование структуры и деформации структуры для определения параметров структуры и характеристик прочностных свойств ПЭТФТ для армирования ПКМ.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Разработана механико-аналитическая модель структуры ПЭТФТ.
2. Разработана механико-аналитическая модель деформации структуры ПЭТФТ.
3. Выполнено моделирование параметров структуры ПЭТФТ.
4. Выполнено моделирование характеристик прочностных свойств ПЭТФТ.
5. Выработаны 16 ПЭТФТ различного строения.
6. Экспериментально определены параметры структуры и характеристики прочностных свойств ПЭТФТ с доверительными границами погрешности.
7. Результаты измерений обработаны в соответствии с методиками ГОСТ Р 8.736-2011 «ГСИ. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений» и МИ 2083-90 «ГСИ. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей» при доверительной вероятности 0,95.
8. Проведено сравнение результатов моделирования и экспериментов.

Для структуры исследуемых ПЭТФТ наиболее важными являются следующие параметры: размеры поперечного сечения нитей; расположение нитей в структуре; длины и прогибы нитей; толщина структуры; поверхностная и объёмная плотность. В работе были исследованы следующие характеристики прочностных свойств ПЭТФТ в

направлении основы и утка: разрывные нагрузки и удлинения при разрыве; разрывные напряжения; начальные модули жёсткости; работы сил разрыва.

Сравнение результатов моделирования и оценок результатов экспериментов показало, что относительная разность между значениями параметров структуры в основном находится в интервале от 2 до 20 %, а между значениями характеристик прочностных свойств - в интервале от 1 до 27 %. Например, относительная разность между значениями толщины структуры тканей находится в интервале от 4,7 до 22,9 %, а между значениями объёмной плотности – в интервале от 5,1 до 20,6 %. Относительная разность между значениями разрывной нагрузки по основе находится в интервале от 5,3 до 26,6 %, а по утку - в интервале от 0,1 до 28,0 %. Относительная разность удлинения при разрыве (растяжение вдоль основы) находится в интервале от 0,8 до 16,9 %, а удлинения при разрыве (растяжение вдоль утка) - в интервале от 1,7 до 24,6 %.

П.Э. Уваров, Е.Ю. Демьянцева

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. Высшая школа технологии и энергетики

АНАЛИЗ АДсорбЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ КАТИОННЫХ ПАВ НА ВОЛОКНАХ СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

При создании экологически чистых упаковочных материалов перспективно использование катионных поверхностно-активных веществ. Среди специфических свойств данных веществ следует отметить их антимикробное действие. Практически все из них бактерициды, а многие также обладают фунгицидными, спороцидными и вирулицидными свойствами. Эти свойства особенно важны при создании материалов для упаковки пищевых продуктов. Использование в упаковочной продукции целлюлозного материала с антибактериальным покрытием поможет препятствовать накоплению и распространению болезнетворных бактерий.

В работе были исследованы поверхностные свойства цетилтриметиламмония хлорида, обладающего антимикробным действием, а также проведён сравнительный анализ адсорбционной способности полиоксина, катамина и их бинарных смесей на волокнах сульфатной целлюлозы. Тензиометрическим методом отрыва кольца были получены величины критической концентрации мицеллообразования и поверхностной активности цетилтриметиламмония хлорида. С помощью спектрофотометрического метода по изменению концентраций растворов до и после адсорбции получены значения адсорбции данного катионного ПАВ на целлюлозных волокнах.

Сравнительный анализ изучаемых изотерм с результатами полученными ранее показал, что наилучшей способностью к адсорбции на целлюлозных волокнах обладает цетилтриметиламмоний хлорид. Около 70-80% адсорбированного ПАВ удерживается целлюлозой, по-видимому, за счет водородных связей. Адсорбция не ограничивается заполнением мономолекулярного слоя ПАВ на поверхности целлюлозных материалов. При увеличении концентрации ПАВ она увеличивается, что связано с заполнением второго адсорбционного слоя. Начало образования второго слоя происходит при ККМ, причем величина адсорбции после этого вдвое превышает величину адсорбции при заполнении первого слоя. Это позволит снизить расход антимикробного вещества для получения барьерного покрытия.

Вместе с тем целлюлозный материал, обработанный такими барьерными препаратами, перспективен для получения упаковки для продуктов с повышенным содержанием жира. Данная бумага обладает стойкостью не только к жирам, но также к спиртовым растворам и большинству органических растворителей. Это делает ее свойства уникальными и привлекательными не только для пищевой упаковки, но и для технической переработки. На такую бумагу можно наносить функциональные покрытия не только из водных смесей, но также из спиртовых и органических растворов.

М.Ю. Литвинов, К.А. Ковалев, А.В. Подшивалов

Университет ИТМО

РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОПРЯДЕНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОВОЛОКОН СТРУКТУРЫ ЯДРО-ОБОЛОЧКА СОСТАВА ХИТОЗАН-ЖЕЛАТИН

В настоящее время перспективным направлением в области создания новейших материалов медицинского назначения является разработка бионанокompозитов на основе хитозана и желатина методом соосного электропрядения. Благодаря поликатионной природе хитозана и наличию в желатине отрицательно заряженных групп, хитозан и желатин могут образовывать (био) полиэлектролитные комплексы, обладающие ценным набором свойств: биосовместимость, антимикробная активность, клеточная адгезия, ранозаживляющая способность. Все это делает возможным применение бионанокompозитных комплексов хитозана и желатина в создании волокнистых материалов с помощью метода соосного электропрядения для использования тканевой инженерии, доставке лекарственных средств, регенеративной медицине. Однако несмотря на большое число областей применения соосное электропрядение хитозана и желатина до сих пор остается сложной задачей ввиду плохой прядимости растворов хитозана, а также ввиду сложной реологии растворов желатина, обусловленной гелеобразованием желатина в водных растворах. Поэтому подбор оптимальных параметров формовочных растворов, а также параметров процесса прядения остается довольно актуальной задачей.

Таким образом, целью работы являлось получение бездефектных нетканых нановолокнистых материалов структуры ядро-оболочка состава хитозан-желатин.

Для электропрядения использовались растворы хитозана со средневязкостной молекулярной массой более 200 кДа по данным предоставленным производителем и степенью деацетилирования равной 81,9 % в 70 % растворе уксусной кислоты с концентрацией 2,5 мас. % и желатина пищевого производства в 25; 50; 75 об.% растворе уксусной кислоты с концентрацией 16 мас.%. Электропрядение проводилось соосным методом с использованием системы «игла в игле» на установке NANON-01A, Месс (Япония) при постоянном напряжении 26 кВ и скорости подачи растворов 0,2 мл/ч. Оценка морфологии нановолокон проводилась с использованием сканирующего электронного микроскопа MIRA-3, Tescan. В ходе работы было изучено влияние реологии формовочных растворов желатина и типа растворяющей системы на морфологию и прядимость нановолокон состава хитозан-желатин. На основании этих данных выбраны оптимальные параметры для соосного электропрядения хитозана и желатина, а также изучено влияние проводимости растворов на стабильность процесса соосного электропрядения. В результате работы получены однородные нановолокна из

растворов желатина. Установлено, что бездефектные волокна получаются при использовании растворяющей системы на основе вода/уксусная кислота. Показано, что при увеличении времени выдержки растворов происходит увеличение диаметра нановолокон, а также образование дефектных волокон. В ходе работы получены однородные нановолокна на основе хитозана и желатина методом соосного электропрядения со средним диаметром от 79 до 90 нм. Установлено, что средний диаметр нановолокон уменьшается в среднем на 12 % при увеличении выступа внутренней иглы с 0 до 0,4 мм.

А.Ф. Фасхутдинова, И.И. Морозова, Н.В. Тихонова

Казанский национальный исследовательский технологический университет

ПРИМЕНЕНИЕ ВЧЕ ПЛАЗМЕННОЙ МОДИФИКАЦИИ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ АДГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ В СОРБЦИОННО-ФИЛЬТРУЮЩЕМ МАТЕРИАЛЕ

Сорбционно-фильтрующий материал представляет собой сложную систему, состоящую из материала основы, связующего компонента и углеродного сорбента. Сложность при изготовлении материалов на основе активированного углерода (АУ) связана с обеспечением прочности между разными по химической природе слоями, где ключевую роль играет адгезионная прочность соединения системы слоев. Эффективным способом увеличения адгезионной прочности является предварительная окислительная обработка сорбентов для увеличения числа полярных групп на его поверхности, способных к взаимодействию с адгезивом [1]. Экспериментально было исследовано влияние ВЧЕ плазменной модификации углеродного сорбента на формирование адгезивной прочности между углеродным сорбентом и клеевой композицией.

Экспериментальная часть. Образцы сорбционно-фильтрующего текстильного материала разрабатывали по методике, описанной в [2]. Исследовались две группы образцов: 1 группа материал основа - нетканый ПЭФ материал арт. С1.100.080.08 (ООО «Комитекс»), адгезив - водная дисперсия сополимера эфиров акриловой и метакриловой кислот «Акрилан 421» (ООО «Акрилан»), сферический АУ марки ФАС-Э (НПО «Неорганика»); 2 группа: материал основа - тканый ПЭФ материал, адгезив - порошковый термоклей (ООО «Полимер Корп»), сферический уголь марки ФАС-Э (НПО «Неорганика»). Для модификации АУ применялась экспериментальная плазменная установка ВЧЕ разряда пониженного давления [3]. При ВЧЕ модификации варьировали мощность разряда 0,6–1,8 кВт; время обработки 15–30 мин; давление в рабочей камере 10–30 Па; расход плазмообразующего газа 0,01–0,04 г/с; в качестве плазмообразующего газа использовали воздух.

Методом инфракрасной (ИК) спектроскопии было исследовано изменение химической структуры АУ в результате ВЧЕ плазменной модификации. Полученные данные позволяют утверждать, что происходит окисление с образованием полярных -ОН, -NH₂, -COOH групп. Для исследования адгезионных свойств применяли метод определения стойкости к истиранию сорбционно-угольного слоя. Истирание определяли по ГОСТ Р ИСО 5470-2-2017 на приборе для определения абразивного изнашивания UGT7012S (Тайвань). Испытания проводились сухим методом. Для исследуемых контрольного и опытного образцов оценивалась потеря массы до проведения испытания и после. Результаты исследования свидетельствуют о повышении устойчивости

образцов на основе модифицированного сорбента к абразивному истиранию. Для образцов на основе не модифицированного сорбента наблюдается удаление значительного количества гранул с поверхности материала, тогда как при использовании сорбента, модифицированного в ВЧЕ плазме воздуха, значительного осыпания гранул не происходит. Потеря массы для образцов с не модифицированным сорбентом составила 3%, для модифицированных в ВЧЕ плазме воздуха 1,5%.

Выводы

Повышение эксплуатационной устойчивости сорбционно-углеродного слоя обусловлено улучшением адгезионного взаимодействия между гранулами углеродного сорбента и полимерными связующими, что связано с процессами окисления поверхности гранул и возможным развитием микрорельефа в результате окислительного травления поверхности в ходе ВЧЕ плазменной модификации в плазмообразующем газе воздухе.

Список литературы

1. Абдуллин И.Ш., Ибрагимов Р.Г., Зайцева О.В., Парошин В.В. Микроскопическое исследование структуры сорбентов, модифицированных высокочастотной емкостной плазмой пониженного давления // Вестник Казанского Технологического Университета. 2012. №24. Т.15. С.34-37.
2. Морозова И.И., Тихонова Н.В., Тимошина Ю.А., Вознесенский Э.Ф. Разработка методики получения фильтрующе-сорбирующего текстильного материала // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности, 2020. №.4. Т. 50 С.68-71.
3. Абдуллин И.Ш., Желтухин В.С., Кашапов Н.Ф. Высокочастотная плазменно-струйная обработка материалов при пониженных давлениях. Теория и практика применения. // Казань: Изд. Каз. у-та, 2000. 348 С.

Т.Л. Платонова, В.Я. Энтин

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЛИНЕЙНОЙ СТРУКТУРНОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ НИТИ НА НАТЯЖЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Изготовление швейных ниток является важной составляющей производств текстильной и легкой промышленности. В настоящее время в швейной промышленности применяются в основном комплексные нитки, изготавливаемые из химических волокон и текстильных нитей. Структура ниток из синтетических материалов по всей длине более равномерна, что позволяет добиться гладкой и красивой строчки. Первостепенным при пошиве изделий является минимальная обрывность ниток.

На частоту обрыва нитки в большинстве случаев оказывает степень её предварительной вытяжки. При не достаточно вытянутой нити в зону шитья поступает «лишнее» количество нити и длина разрывного удлинения оказывается существенно больше той, которая нужна для формирования правильного стежка. Следовательно, падает натяжение нити, на игле образуются не расчетные дополнительные ускорения и движение иглы становится неравномерным: появляются обрывы, пропуски стежков и

снижение качества шва. У вытянутой нити существенно снижается линейная структурная неоднородность, поверхность нити практически освобождается от узелков и других шероховатостей. Всё это приводит к уменьшению тепловых нагрузок, стабилизации разрывного удлинения и к снижению обрывности.

Для поддержания натяжения в зоне вытягивания, соответствующего максимальной вытяжке нити, необходимо в системе перематывания нити предусмотреть механизм, который обеспечит возможность компенсации действующих возмущений и восстановления расчетных натяжений.

В процессе исследования разработана математическая модель процесса вытягивания швейной нити. В её состав включены уравнения, которые описывают процесс наматывания нити на бобину и стабилизации натяжения, соответствующего расчетной силе вытягивания. Во время перематки нити изменяются радиус приемной бобины и её масса, поэтому система является нестационарной и для сохранения постоянства скорости приема нити на бобину необходимо изменять угловую скорость в соответствии с изменениями радиуса бобины. Изменения данных характеристик должны учитываться при численном сопровождении процессов функционирования системы и при исследовании качества процессов регулирования.

В процессе проведения экспериментальных исследований и разработке математической модели системы используется полуфизическое моделирование для обеспечения численного сопровождения процессов перематывания и вытягивания швейных нитей. Исследование влияния структурной неоднородности на процессы вытягивания показали, что устойчивые системы без учета неоднородности нити, при реальной работе могут стать неустойчивыми. Установлено, что отрицательное влияние на динамические свойства системы можно устранить увеличением запаса устойчивости при проектировании системы. Выполненные исследования показали высокую скорость численного моделирования и возможность сопровождения на ЭВМ процессов вытягивания нити с учётом нестационарности решаемой задачи, с целью формирования управляющего воздействия для двигателя, вращающего приемную бобину.

Н.В. Переборова, Е.И. Чалова, К.Н. Бусыгин

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Всестороннее исследование деформационных свойств полимерных текстильных материалов и их прогнозирование возможно только на основе системного анализа его вязкоупругих свойств, включающего в себя: экспериментальные исследования; построение математической модели вязкоупругости, наиболее адекватно отражающей деформационные свойства текстильного материала; определение вязкоупругих параметров текстильного материала; моделирование деформационных процессов. Внедрению разработанных методик системного анализа вязкоупругости текстильных материалов способствует компьютеризация расчетов [1].

Современная деятельность человека не обходится без полимерных текстильных материалов. Полимерные текстильные материалы встречаются повсюду: от нашей одежды до оболочки космических аппаратов и подводных лодок [2]. Интерес к

полимерам не случаен. Современная наука создала, а промышленность выпускает синтетические материалы, обладающие необходимыми свойствами. Так, например, полимеры, превосходящие по прочности металлы, применяются в качестве деталей машин, подвергающихся усиленным нагрузкам и механическим воздействиям [3]. Термостойкие полимеры применяются в областях высоких или низких температур. Примером тому может служить обшивка космического корабля, испытывающая как низкотемпературные воздействия окружающей среды в космическом пространстве, так и воздействие высокой температуры во время прохода спускаемого аппарата через атмосферу [4]. Современному обществу требуется большое разнообразие материалов, обладающих множеством различных свойств. Для одних целей нужны водонепроницаемые материалы, для других гигроскопические и т.д. [5].

Важными механическими характеристиками полимерных текстильных материалов являются его упругие и деформационные свойства, определяющие способность материала изменять форму под воздействием нагрузки и восстанавливаться после ее снятия [6]. Для определения механических характеристик необходимо построение математической модели, отражающей физический смысл и концептуальные закономерности механического поведения полимера [7]. Желательно построение такой математической модели, которая позволяла бы не только с достаточной степенью точности определять механические характеристики полимера, но и была бы наиболее простой из возможных вариантов, а также включала минимум физически обоснованных параметров [8]. Естественное желание упрощения модели, при прочих равных условиях, диктуется стремлением облегчить процедуры определения механических характеристик полимеров и прогнозирования деформационных процессов. Включение же в модель избыточных параметров, существенно не влияющих на точность прогнозирования, усложняет процедуру получения решения [9].

Математическая модель механических свойств полимерных текстильных материалов представляет собой, как правило, систему уравнений относительно определяемых характеристик, связанных дополнительными условиями [10]. Для получения единственного решения системы требуется задание параметров, которыми могут служить данные эксперимента, полученные лабораторным путем. Например, при рассмотрении деформирования текстильных материалов, к ним относят данные процесса релаксации, характеризующегося переменным значением напряжения в материале при его растяжении на заданную величину деформации, и данные процесса ползучести, характеризующегося изменением деформации при постоянном напряжении [11].

После составления математической модели, при наличии необходимых экспериментальных данных, переходят к процедуре определения механических характеристик с помощью численных методов [12]. На этом этапе особую актуальность приобретает компьютеризация вычислений, позволяющая уменьшить трудоемкость и повысить точность расчетов. Расчетные значения механических характеристик подлежат проверке путем сравнения с экспериментальными данными. По величине отклонения расчетных значений от экспериментальных данных делается вывод о пригодности математической модели для конкретного полимерного материала [13].

Следующим шагом является прогнозирование деформационных процессов полимеров на основе определенных ранее механических характеристик. Расчетное прогнозирование позволяет дать рекомендации по применимости полимерных материалов и оказывает влияние на отбор образцов, обладающих необходимыми качествами [14].

Математическое моделирование механических свойств полимеров полезно сочетать с разработкой критериев достоверности определения механических характеристик и надежности прогнозирования деформационных процессов. Указанные

критерии с целью контроля прогнозирования применяются как на этапе моделирования - для наилучшего составления математической модели, так и на этапе расчета - для определения погрешности прогнозирования [15].

Работа финансировалась в рамках выполнения гранта Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 20-38-90015 и гранта Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 20-31-90007

Список литературы

1. A.V. Demidov, N.V. Pereborova, A.A. Makarova, E.S. Chistyakova. Development of a Method for Taking into Account the Influence of Temperature in Predicting Complex Deformation Processes of Polymeric Textile Materials/ Fibre Chemistry, v. 52, № 4, pp. 279-282. DOI: 10.1007/s10692-021-10196-z
2. M.A. Egorova, I.M. Egorov, N.V. Pereborova, A.A. Makarova. Methods for the Qualitative Assessment of Functional and Operational Properties of Polymer Textile Materials/ Fibre Chemistry, v. 52, № 4, pp. 302-305. DOI: 10.1007/s10692-021-10201-5
3. Makarov, A.G., Demidov, A.V., Pereborova, N.V., Egorova, M.A. Modeling and prediction of estimated relaxation and deformation properties of the polymer parachute line. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti, 2015, Vol. 360, No 6, pp. 194-205. eid=2-s2.0-84976560627
4. A.V. Demidov, A.G. Makarov, V.I. Vagner, M.A. Egorova. Methods of Systems Analysis of the Operating Functional Properties of Polymer Textile Materials Used for Engineering Purposes// Fibre Chemistry, v. 52, № 4, pp. 259-262. DOI: 10.1007/s10692-021-10192-3
5. E.I. Chalova, N.V. Pereborova, A.A. Makarova, S.V. Kiselev. Influence of Variable Temperature on Mathematical Modeling of Relaxation-Recovery Processes of Polymer Textiles// Fibre Chemistry, v. 52, № 4, pp. 287-290. DOI: 10.1007/s10692-021-10198-x
6. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Egorov, I.M. Quality analysis of deformation-relaxation properties of aramid cords mountain rescue appointments. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti, 2017, Vol. 368, No 2, pp. 309-313. eid=2-s2.0-85035207042
7. Demidov, A.V., Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A. Forecasting of deformation-relaxation properties of poly amide fabric used to make the canopy. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti, 2017, Vol. 367, No 1, pp. 250-258. eid=2-s2.0-85033239149
8. Demidov, A.V., Makarov, A.G., Stalevich, A.M. A version of modeling of nonlinear-hereditary viscoelasticity of polymer materials. Mechanics of Solids, 2009, Vol. 44, No 1, pp. 122-130. DOI: 10.3103/S0025654409010130
9. S.V. Kiselev, N.V. Pereborova, A.G. Makarov, A.V. Demidov. Optimization of Mathematical Modeling of Functional-Consumer Processes in Special and Dual-Purpose Polymer Materials// Fibre Chemistry, v. 52, № 4, pp. 306-308. DOI: 10.1007/s10692-021-10202-4
10. A.G. Makarov, N.V. Pereborova, I.M. Egorov, A.A. Makarova. Spectral Modeling of Deformation-Relaxation Processes in the Functional Study of Polymer Textile Materials// Fibre Chemistry, v. 52, № 4, pp. 309-312. DOI: 10.1007/s10692-021-10203-3
11. K.N. Busygin, A.G. Makarov, N.V. Pereborova, S.V. Kiselev. Optimal Mathematical Model of Deformation: Operational Processes in Polymer Textile Materials for Technical Purposes// Fibre Chemistry, v. 52, № 4, pp. 313-316. DOI: 10.1007/s10692-021-10204-2
12. Demidov, A.V., Makarov, A.G., Stalevich, A.M., Petrova, L.N., Chelishev, A.M. Research of changes of deformation properties of polyester threads depending on twist amount. Izvestiya

Vysshih Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti, 2006, Vol. 292, No 4, pp. 9-13. eid=2-s2.0-33845499474

13. Makarov, A.G. Determining the analytical correlation between the standardized nuclei of relaxation and creep in textile materials. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti, 2002, Vol. 266, No 2, pp. 13-17. eid=2-s2.0-0036931214

14. Makarov A.G., Pereborova N.V., Wagner V.I., Rymkevich P.P., Gorshkov A.S. The Basis of Spectral-Temporal Analysis of Relaxation and Deformation Properties of Polymeric Materials in Textile and Ligt Industry. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Legkoi Promyshlennosti. 2014. Vol. 23, No 1. С. 24-29.

15. Egorov I.M., Makarov A.G., Egorova M.A., Pereborova N.V. Mathematical Modelling and System Analysis of Viscoelastic-Plastic Properties of Nautical Polymer Rope//Fibre Chemistry, 2020, 52(3), pp. 179-182. DOI 10.1007/s10692-020-10176-9

О.А. Москалюк^{1,2}, Е.С. Цобкалло¹, Е.Г. Григорьева¹

¹Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

²Проектная компания СЗЦТТ ООО «АрктикТекс»

188300, обл. Ленинградская, г. Гатчина, проспект 25 Октября, дом 28А, пом. VIII

РАЗРАБОТКА НИТЕЙ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ, ДЛЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ФУНКЦИЕЙ ПОДОГРЕВА

Сегодня активное развитие промышленности и технологий производства предъявляют к текстильным материалам такие требования, которые существующие природные и синтетические нити удовлетворить уже не могут. Для придания материалам и текстильным изделиям специальных свойств, необходимых для работы человека в сфере производства (кислото-, огне-, масло-, водостойкость и др.) и экстремальных условиях окружающей среды (терморегуляция и контроль микроклимата) перспективным является использование различных видов отделки химических волокон.

Высокофункциональные нити с тщательно разработанными и специально подобранными химическими, а также физико-механическими свойствами служат сырьем для так называемого инновационного текстиля. Такие материалы открывают самые широкие перспективы перед техническими текстильными изделиями будущего. Они могут применяться в производстве спецодежды, способной надежно защищать человека от вредного ЭМИ-излучения, одежды с подогревом, для снятия статического электричества и т.д.

В рамках сотрудничества Северо-Западного центра трансфера технологий и Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна на данный момент проводятся исследования в области разработки и создания текстильных материалов с функцией подогрева.

Целью данной работы была разработка технологии модификации нитей углеродными нанотрубками, исследование их свойств и оценка возможности применения для создания текстильных изделий с функцией подогрева.

В качестве объектов исследований была выбрана пряжа следующего состава: хлопок 50% - лен 50%; шерсть 30% - нитрон 70%; шерсть 50% - нитрон 50%. Была проведена поверхностная обработка пряжи суспензией на основе одностенных углеродных нанотрубок TUBALL (OCSiAl). Были исследованы механические свойства пряжи до и после обработки, проведено измерение электрического сопротивления. Показано, что пряжа с составом хлопок 50% - лен 50%; шерсть 50% - нитрон 50% обладает лучшими физико-механическими свойствами после модификации углеродными нанотрубками.

Далее на плосковязальной машине 8 класса были отвязаны образцы трикотажа из выбранной пряжи различными переплетениями: кулирная гладь, ластик 1+1, репс. Были определены их технологические параметры и проанализирована вязальная способность электропроводящей пряжи. В результате работы было выбрано трикотажное полотно, обладающее лучшими эксплуатационными свойствами – репс.

Следующим этапом работы будет изготовление текстильного изделия, из модифицированной углеродными нанотрубками пряжи, позволяющего осуществить обогрев и сохранение тепла тела человека, без ограничений возможности его движения, выполнения им физических упражнений и своих профессиональных обязанностей, с обеспечением всех эстетических функций.

М.А. Егорова, И.М. Егоров, А.А. Козлов

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В производствах текстильной и легкой промышленности используется большое число текстильных материалов различного микро и макро-строения. По типу строения текстильных материалов их можно условно разделить на две группы.

Первую группу составляют образцы, имеющие простую макроструктуру, то есть различного рода синтетические нити. Ко второй группе относятся материалы, имеющие более сложную макроструктуру, а именно, состоящие из комбинации простых материалов. К этой группе относятся всевозможные ткани, ленты, пряжа, жгуты, искусственные кожи и т.д.

Активные методы исследования физико-механических свойств полимеров начались в середине прошлого столетия [1]. Основу этих исследований составляют феноменологические теории, базирующиеся на эксперименте.

В основу одного из развиваемых направлений заложены представления об активирующем характере механических воздействий в зоне действия неразрушающих нагрузок и деформаций. Математические модели, описывающие релаксацию, базируются на учете времен релаксации [2] и, соответственно, времен запаздывания - для описания ползучести.

В настоящее время наиболее изученной остается первая группа материалов, для которой созданы математические модели, удовлетворительно описывающие их физико-механические свойства.

Здесь, например, можно выделить модель [3], в основе которой лежит предположение о нормальной форме распределения релаксирующих частиц по собственным временам релаксации и запаздывания.

Данная модель, как и некоторые другие, позволяют по экспериментальным "семействам" релаксации и ползучести рассчитать основные физико-механические характеристики синтетических материалов, принадлежащих преимущественно к первой группе [4].

Однако, как показала экспериментальная проверка, при применении указанных методик к материалам второй группы точность определения физико-механических характеристик снижается. Данное обстоятельство, как и тот факт, что вторая группа материалов, представленная значительно шире, чем первая группа, в настоящее время менее изучена, породило причины поиска новых математических моделей вязкоупругих свойств, учитывающих сложную макроструктуру изучаемых объектов [5].

Основная задача, которую необходимо решить при проектировании средств индивидуальной защиты человека от механических воздействий, заключается в определении показателей оценки физико-механических свойств ударозащитных прокладок и их количественных значений, адекватных критериям травмоопасности.

Эксперименты показали, что математическая модель вязкоупругих свойств материала сложного макро-строения должна быть построена с учетом суммирования многообразия распределений частиц по собственным временам релаксации и запаздывания, образующих материал мононитей [6].

Такое распределение, с одной стороны, должно быть близким к нормальному, а с другой стороны, обладать замедленной сходимостью функции распределения к своим асимптотическим значениям, что соответствует расширенному спектру релаксации. В качестве распределения указанного типа предпочтительно выбрать распределение на основе функции нормированный арктангенс логарифма приведенного времени (НАЛ) [7]

$$\varphi(t) = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \cdot \operatorname{arctg} \left(\frac{1}{b_n} \cdot \ln \frac{t}{t_1} \right), \quad (1)$$

где t - текущее время, t_1 - базовое время, $1/b_n$ - структурный параметр. Отличительной особенностью данного распределения является принадлежность функции НАЛ к классу элементарных функций, что значительно упрощает интегро-дифференциальные преобразования.

Методики определения вязкоупругих характеристик и дальнейшего прогнозирования вязкоупругих процессов, основанные на применении функции НАЛ, применительно к таким текстильным материалам сложного макро-строения, как пряжа [8], ткани [9], ленты, жгуты и др., как показала проверка, дают результаты близкие к экспериментальным.

Для математического моделирования процессов релаксации и ползучести полимерных текстильных материалов можно использовать математические модели с функцией НАЛ [10-12]

$$E_{\varepsilon t} = E_0 - (E_0 - E_{\infty}) \cdot \varphi_{\varepsilon t},$$

$$\varphi_{\varepsilon t} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \operatorname{arctg} \left(\frac{1}{b_{n\varepsilon}} \ln \frac{t}{\tau_{\varepsilon}} \right), \quad (2)$$

$$D_{\sigma t} = D_0 + (D_\infty - D_0) \cdot \varphi_{\sigma t},$$

$$\varphi_{\sigma t} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \operatorname{arctg} \left(\frac{1}{b_{n\sigma}} \ln \frac{t}{\tau_\sigma} \right), \quad (3)$$

где t - время, $1/b_{n\varepsilon}$ - параметр интенсивности процесса релаксации, $1/b_{n\sigma}$ - параметр интенсивности процесса ползучести, τ_ε - время релаксации, τ_σ - время запаздывания, $E_{\varepsilon t} = \sigma/\varepsilon$ - релаксирующий модуль, E_0 - модуль упругости, E_∞ - модуль вязкоупругости, $D_{\sigma t} = \varepsilon/\sigma$ - податливость, D_0 - начальная податливость, D_∞ - предельно-равновесная податливость, ε - деформация, σ - напряжение, для определения вязкоупругих характеристик материалов технического назначения.

Работа финансировалась в рамках выполнения гранта Президента РФ № МК-1210.2020.8 и стипендии Президента РФ молодым ученым и аспирантам № СП-3895.2021.5

Список литературы

1. Pereborova, N.V., Makarov, A.G., Egorova, M.A., Kozlov, A.A., Konovalov, A.S. Methods of simulation and comparative analysis of shadow and deformation-reducing properties of aramide textile materials. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2018, Vol. 375, No 3, pp. 253-257. eid=2-s2.0-85059766891
2. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Egorov, I.M. Quality analysis of deformation-relaxation properties of aramid cords mountain rescue appointments. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2017, Vol. 368, No 2, pp. 309-313. eid=2-s2.0-85035207042
3. Pereborova, N.V., Makarov, A.G., Egorova, M.A., Klimova, N.S. Methods of increasing the competitiveness of domestic aramid textile materials based on complex analysis of their functional properties. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2018, Vol. 378, No 6, pp. 267-272. eid=2-s2.0-85072335464
4. Pereborova, N.V., Demidov, A.V., Makarov, A.G., Klimova, N.S., Vasileva, E.K. Methods of mathematical modeling and qualitative analysis of relaxation-deformation processes of aramide textile materials. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2018, Vol. 374, No 2, pp. 251-255. eid=2-s2.0-85056451197
5. Demidov, A.V., Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A. Forecasting of deformation-relaxation properties of poly amide fabric used to make the canopy. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2017, Vol. 367, No 1, pp. 250-258. eid=2-s2.0-85033239149
6. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Egorov, I.M. Mathematical modeling of deformation-relaxation processes polymeric materials in conditions of variable temperatures. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2017, Vol. 370, No 4, pp. 287-292. eid=2-s2.0-85057142312
7. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Wagner, V.I. Modeling and forecasting viscoelastic properties of textile materials with a complex structure. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2014, Vol. 354, No 6, pp. 120-124. eid=2-s2.0-84937439497

8. Makarov, A.G., Pereborova, N.V., Egorova, M.A., Wagner, M.A. Ways of modeling deformation and relaxation properties of textile materials with a complex structure. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2014, Vol. 351, No 3, pp. 110-115. eid=2-s2.0-84937410003
9. Makarov, A.G., Demidov, A.V., Pereborova, N.V., Egorova, M.A. Modeling and prediction of estimated relaxation and deformation properties of the polymer parachute line. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2015, Vol. 360, No 6, pp. 194-205. eid=2-s2.0-84976560627
10. Makarov, A.G. Determining the analytical correlation between the standardized nuclei of relaxation and creep in textile materials. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2002, Vol. 266, No 2, pp. 13-17. eid=2-s2.0-0036931214
11. Stalevich, A.M., Makarov, A.G. Forecasting the deformation recovery process and the reverse relaxation in polymer materials. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2002, Vol. 267, No 3, pp. 10-13. eid=2-s2.0-0038128574
12. Stalevich, A.M., Makarov, A.G., Saidov, E.D. Elastic components in the stress/strain curve for a synthetic fibre yarn. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2002, Vol. 268, No 4-5, pp. 15-18. eid=2-s2.0-0037742684

Научное издание

ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ НАУКИ О ПОЛИМЕРНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ
Международной научной конференции

Оригинал-макет подготовлен Л. В. Маховой

Подписано в печать 31.10.2021 г. Формат 60×84 1/16.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. 6,4 Тираж 500 экз. Заказ 19/21
Электронный адрес: sci_conf@mail.ru

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