

Секция 3

**ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕКСТИЛЬНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

УДК 687.03

**К вопросу переработки отходов текстильно-полимерных
материалов**

**Азанова А.А., д.т.н., доц.,
Гаврилюк Е.Ю., ст. преп.,
Мустафина Р. Р., маг.,
Сухова А.А., к.т.н., доц.**

Казанский национальный
исследовательский
технологический университет,
г. Казань,
Российская Федерация

Реферат. В статье исследована проблема применения отходов полимерно-текстильных материалов. Полимерные материалы, используемые для изготовления средств индивидуальной защиты кожи изолирующего типа, обладают сравнительно высокой поверхностной плотностью по отношению к текстильным материалам, а величина межлекальных отходов при их производстве выше относительно других видов одежды в виду специфики конструкций изолирующих костюмов. Поэтому утилизация отходов прорезиненных тканей и изделий из них путем вторичной переработки в новые композиционные материалы является актуальной задачей. Авторами предлагается способ переработки отходов прорезиненных тканей путем измельчения на ножевой дробилке с использованием решёток с размерами отверстий 2 и 5 мм. Технология изготовления новых композиционных материалов заключается в смешивании измельченных отходов разного фракционного состава со связующим – полиуретановой водной дисперсией. Композиты формовали методом холодного прессования. Разработанные композиционные материалы прошли испытания в соответствии с общепринятыми методиками. Результаты испытаний подтверждают, что материалы обладают достаточной стойкостью к воздействию физико-механических факторов. Наибольшую устойчивость к истиранию показал образец в составе которого использовались измельченные отходы разных фракций, это объясняется тем, что мелкие частицы заполняют пространство материала между крупными, это позволяет получить более заполненную равномерную по толщине структуру. Исследование структуры композитов проводили с помощью 3D-сканирующего лазерного

микроскопа. Рассмотренные в статье композиты на основе отходов полимерно-текстильных материалов могут найти применение в производстве противоскользящих и амортизирующих покрытий с возможностью эксплуатации в уличных условиях.

Ключевые слова: отходы, прорезиненные ткани, композиционный материал, переработка текстильных отходов.

На сегодняшний день экологическая повестка является одной из самых актуальных в мире. Переход к экономике замкнутого цикла становится стратегическим вектором развития экономик ведущих развитых стран. Одной из отраслей промышленности, переработка отходов которой на сегодняшний день остается на низком уровне, является швейная промышленность. Статистика показывает, что в среднем лишь 10 % текстильных отходов направляется на переработку, а остальные оказываются на мусорных полигонах [1]. Вторичной переработке в основном подвергаются отходы производства текстиля на основе натуральных волокон: хлопковых, шерстяных. Большую проблему представляет переработка многокомпонентных текстильных материалов, особенно, с полимерными покрытиями.

Работа направлена на поиск путей переработки отходов текстиля с полимерным покрытием, а именно, прорезиненных тканей, применяемых для изготовления средств индивидуальной защиты кожи изолирующего типа. При этом стоит вопрос переработки как отходов производства, так и самих костюмов с истекшим сроком хранения, который составляет 10–12 лет. Данные материалы обладают относительно большой массой (400–800 г/м²), поэтому их утилизация связана с большими расходами для предприятий-изготовителей и потребителей готовых изделий [2]. Авторами предлагается утилизация отходов прорезиненных тканей и изделий с истекшим сроком годности путем вторичной переработки в композиционные материалы путем дробления с последующим соединением с полимерным связующим [3].

В работе использовались межлекальные отходы производства средств индивидуальной защиты кожи изолирующего типа АО «КазХимНИИ», г. Казань [4]. Материалы представляют собой полиамидную ткань-основу с одной или двух сторон покрытую композициями на основе бутилкаучука, СКЭПТ (синтетический каучук этилен-пропиленовый тройной), хлорсульфированного полиэтилена и полихлоропрена. [5]. В качестве связующего применяли водную полиуретановую дисперсию производства ООО «ПолиМикс Казань». Полиуретановые клеи относятся к малоопасным, для здоровья человека, веществам 4 класса опасности.

Измельчение производили на лабораторной роторной ножевой дробилке РМ 120М с использованием двух решёток с размером отверстий 2 и 5 мм. Особенностью изучаемых объектов является то, что при их измельчении выделяются, как частицы прорезиненных тканей разного размера (но в пределах размера решетки), так и фрагменты нитей и волокна.

На их соотношение влияет не только размер решетки, но и структура самого материала: толщина, поверхностная плотность, покрытие текстильной основы полимерной композицией с одной или двух сторон, вид текстильной основы. В качестве примера в таблице 1 приведен фракционный состав сырья для трех разных прорезиненных тканей.

Таблица 1 – Характеристика частиц измельченного сырья

Характеристика	Образец		
	1 (размер решетки 2 мм)	2 (размер решетки 5 мм)	3 (размер решетки 2 и 5 мм)
Внешний вид измельченного сырья			
Доля в измельченном сырье, %			
Волокно 1–2 мм	6	1	4
Нити 3–5 мм	14	4	1
Фракция 1–2 мм	15	10	55
Фракция 3–5 мм	25	45	35
Фракция 6–8 мм	40	40	5

Композиционные материалы формовались методом холодного прессования, при этом учитывали степень измельчения крошки, ее пропорции в смеси и соотношение отходов и связующего. Пример внешнего вида полученных композиционных материалов приведен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид композитов, полученных из отходов полимерно-текстильных материалов: а – образец № 1; б – образец № 2; в – образец № 3

Структуру композитов изучали с помощью 3D-сканирующего лазерного микроскопа LEXT OLS 4100 (OLYMPUS). Микрофотографии поперечных срезов приведены на рисунке 2, они показывают распределение частиц измельченного материала (цветные фрагменты) и нитей и волокон в толще материала в зависимости от размеров перфорации решетки. При использовании крошки, полученной с помощью разных решеток, удастся добиться более заполненной равномерной структуры.

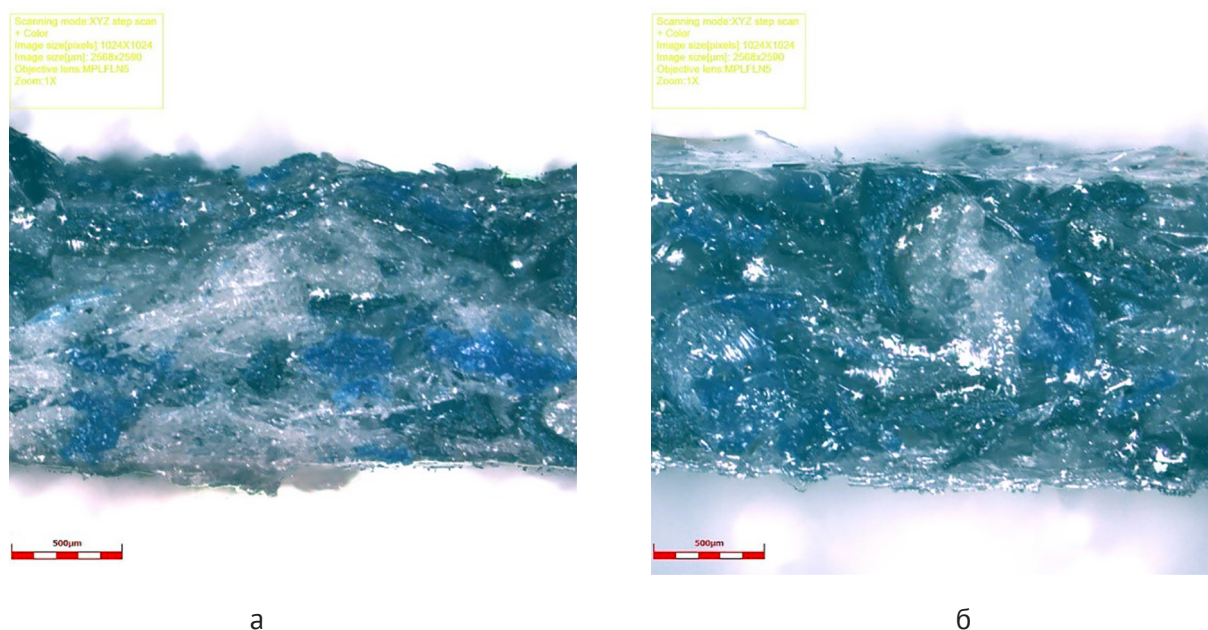


Рисунок 2 – Микрофотографии скопия поперечных срезов композитов, полученных из отходов полимерно-текстильного материала:

- а – полученных с использование решетки 2 мм;**
- б – полученных с использование решетки 2 и 5 мм**

Материалы прошли испытания в соответствии с общепринятыми методиками [6–8]. Прочностные показатели определяли на разрывной машине Tenso-Lab 3 (Mesdan, Италия), толщину образцов при помощи толщиномера XHF – 80 (Jinan Xinghua Instruments Co, Китай), фрикционные свойства полученных материалов оценивали по коэффициенту тангенциального сопротивления методом наклонной плоскости при использовании металлической колодки массой 230 г. Стойкость к истиранию определяли на универсальном приборе абразивного изнашивания UGT-7012-S (Gotech Testing Machines, Тайвань) при поступательном движении наждачного абразива J-86 ALO, за итоговый результат принимали количество циклов, которое требуется для истирания 1 мм по толщине образца. Устойчивость к замачиванию в воде оценивали по изменению толщины и прочностных свойств.

Толщина полученных образцов составила от 1,8 до 4,0 мм в зависимости от количества, размеров и соотношения фракций измельчённого сырья. Предлагаемый метод позволяет получить материалы с равномерной толщиной с коэффициентом вариации не более

20 %, который зависит от размера измельчённого сырья и пропорций связующего и крошки. Результаты испытаний трех образцов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты испытаний композиционных материалов на основе отходов текстильно-полимерных материалов

Образец	Характеристики				
	Поверхностная плотность, г/м ²	Толщина, мм	Коэффициент вариации по толщине, %	Разрывное напряжение, МПа	Коэффициент тангенциального сопротивления
Образец № 1	3361	4,4	8	0,485	0,73
Образец № 2	2602	2,7	20	0,941	0,51
Образец № 3	3135	3,2	7	1,128	0,60

По результатам видно, что снижение массовой доли волокнистого сырья (образец № 3) позволяет повысить прочность композиционного материала. Равномерность по толщине также может зависеть от соотношения фракций, поскольку более крупные частицы могут создавать неравномерности в структуре. Этот факт влияет на трибологические свойства: коэффициент тангенциального сопротивления по металлическому брусу составляет 0,5–0,75.

Испытания на устойчивость к эксплуатационным воздействиям показали, что композиционные материалы достаточно устойчивы к истиранию – для истирания 0,1 мм толщины требуется от 2,5 до 14 тыс. истирающих воздействий в зависимости от образца. Наибольшую устойчивость к истиранию показал образец № 3, поскольку в его составе предусмотрена крошка, полученная с использованием мелкой и крупной решетки. Как сказано выше, это позволяет получить более заполненную равномерную по толщине структуру. Таким образом, варьирование размеров крошки позволяет регулировать физико-механические свойства полученных композитов. Вместе с тем на данные показатели будет влиять и количество связующего.

Для изучения поведения композитов при эксплуатации в уличных условиях образцы подвергались воздействию влаги и солёной воды и дальнейшему испытанию на истирание. После замачивания в течение 2-х часов материалы не набухают, сохраняют целостность размеров, прочность и внешний вид.

Созданные на основе отходов полимерно-текстильных материалов композиты могут найти применение противоскользящих и амортизирующих покрытий с возможностью эксплуатации в уличных условиях.

Список использованных источников

1. РЭО: на каждого россиянина приходится 16 кг отходов одежды ежегодно // ППК РЭО: Российский экологический оператор: официальный сайт. – Режим доступа: <https://reo.ru/news/tpost/ydifkras1-reo-na-kazhdogo-rossiyanina-prihoditsya>. – Дата доступа: 25.07.2024.
2. Батырев, В. В., Живулин, Г. А. Основы индивидуальной защиты человека от опасных химических и радиоактивных веществ: науч.-метод. изд. / МЧС России. М.: ФГБУ ВНИИ ГО ЧС (ФЦ), 2016. – 204 с.
3. Гильдеев, И. А., Мустафина, Р. Р., Азанова, А. А., Сухова, А. А. Отходы производства СИЗК как сырье для получения композиционных материалов // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). 2022. – № 1. – С. 112–114.
4. АО «КазХимНИИ». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://казхимнии.рф>. – Дата доступа: 20.09.2024.
5. Сухова, А. А. Анализ современных изолирующих материалов и средств индивидуальной защиты кожи на их основе // Вестник Казанского технологического университета, 2016, Т. 19, № 15. – С. 128–130.
6. Бузов, Б. А. Материаловедение в производстве изделий лёгкой промышленности (швейное производство) : учебник для студентов вузов / Б. А. Бузов, Н. Д. Алыменкова; под ред. Б. А. Бузова. – 4-е изд., испр. – Москва : Академия, 2010. – 448 с.
7. Ткани текстильные. Метод определения стойкости к истиранию: ГОСТ 18976-73. – Взамен ГОСТ 8512-57 в части льняных и шелковых тканей и ГОСТ 16734-71; введ. 01.07.1974. – Москва: Издательство стандартов, 1985. – 5 с. – (Государственный стандарт Союза ССР)
8. Ткани технические. Методы определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве: ГОСТ 29104.4-91. – Взамен ГОСТ 3813–72 в части технических тканей; введ. 01.01.1993. – Москва: Издательство стандартов, 1992. – 6 с. – (Межгосударственный стандарт) .