УДК 687.03
DOI 10.47367/0021-3497_2026_3_347

СВЯЗУЮЩИЕ КОМПОНЕНТЫ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА, ПОЛУЧЕННОГО НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПРОРЕЗИНЕННЫХ ТКАНЕЙ

BINDING COMPONENTS OF COMPOSITE MATERIAL OBTAINED BASED ON RUBBERIZED FABRIC WASTE

Е.Ю. ГАВРИЛЮК, А.А. АЗАНОВА

E.YU. GAVRILYUK, A.A. AZANOVA

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)

(Kazan national research technological university)

E-mail: GavrilyukEYu@corp.knrtu.ru, AzanovaAA@corp.knrtu.ru

В статье рассматриваются варианты связующих, предлагаемых для получения композиционного материала на основе отходов прорезиненных тканей. Представлены результаты испытаний полимерных пленок, полученных из связующих разных марок, на прочность при разрыве, которая составила от 10,2 до 28,5 МПа. Одним из основных требований к связующему в композиционном материале является его адгезионная способность, которая оценивалась прочностью при расслаивании: получены значения от 0,108 до 0,325 Н/мм в зависимости от вида связующего и степени очистки субстрата. Полученные результаты позволяют получать клеевые соединения с высокой прочностью, что делает их пригодными для применения в композиционных материалах на основе отходов прорезиненных тканей.

This article examines the proposed binder options for producing a composite material based on rubberized fabric waste. The results of tensile strength tests of various grades of polymer films are presented, which ranged from 10.2 to 28.5 MPa. One of the main requirements for a binder in a composite material is its adhesive capacity, which was assessed by the strength during delamination: values from 0.108 to 0.325 N/mm were obtained depending on the type of binder and the degree of purification of the substrate. The obtained results make it possible to obtain adhesive joints with high strength, which makes them suitable for use in composite materials based on rubberized fabric waste.

Ключевые слова: прорезиненные ткани, отходы, композиционный материал, связующее, прочность.

Keywords: rubberized fabrics, waste, composite material, binder, strength.

Введение

Прорезиненные ткани находят широкое применение в различных сферах благодаря оптимальному сочетанию защитных и физико-механических свойств и стоимости. Данные материалы применяются в производстве специальной одежды и обуви, спортивного снаряжения, защитных покрытий и чехлов, а также в качестве изоляционных материалов [1, 2].

Утилизация отходов производства изделий из таких материалов, а также самих материалов по истечению срока годности затруднена, поскольку прорезиненные ткани имеют многокомпонентный состав и после эксплуатации могут быть загрязнены, в том числе продуктами нефтепереработки. На сегодняшний день утилизация таких отходов проводится захоронением на специальных полигонах, поэтому отсутствие эффективных технологий переработки текстильно-полимерных материалов является актуальной проблемой [3]. Авторами предлагается метод переработки отходов прорезиненных тканей в композиционные материалы путем измельчения и соединения с полимерным связующим с последующим формованием композита прессованием [4, 5]. Важной задачей при этом является выбор склеивающего компонента, который напрямую будет влиять на физико-механические свойства полученного материала.

Методы и материалы

В качестве клеящих средств рассмотрены водные дисперсии полимеров отечественного производства: полиуретановая дисперсия фирмы ООО "ПолиМикс", г. Казань (https://polymix.pro/), акриловые и стирол-акриловые дисперсии фирм ООО "ЭкоКемикал" (https://ecochemical.biz/) и ООО "АКРОХИМЭК" (https://akrohimek.ru/), г. Дзержинск. Технические характеристики дисперсий представлены в табл. 1. Препараты обладают схожими свойствами по содержанию основного вещества и рекомендациями к применению.

Таблица 1

№ п/п	Наименование связующего (вид)	Показатели					
		Содержание основного вещества, %	Значение pH, ед	Содержание остаточного мономера, %, не более	Средний размер частиц, мкм	Минимальная температура пленкообразования, °С	Вязкость при 23…25°С, МПа·с
1	Эколат – 1005 (акриловая)	34±1	3,0-5,0	0,05	0,2	около 5	-
2	Акрэмос 116 (сополимер стирола и сложных эфиров (мет)акриловой кислоты)	50 ± 1	7,0-9,0	0,1	0,1-0,15	около 4	50-150
3	Акрэмос 115АМ (сополимер стирола и сложных эфиров (мет)акриловой кислоты)	50 ± 1	7,5-9,0	0,1	0,1	около 18	800-1500
4	Дистекс 57А (стирол-акриловая)	50 ± 1	7,0-9,0	0,05	0,15	около 18	100-300
5	Дистекс 57 (стирол-акриловая)	50 ± 1	7,0-9,0	0,05	0,15	около 12	100-300
6	Дистекс 13 (акриловая)	48 ± 1	5,0-7,0	0,05	0,15	около 10	-
7	DisLine2 (полиуретановая алифатическая)	40 ± 2	6,5-8,5	-	60	-	не более 500

На характеристики механических свойств получаемых композитов основное влияние будут оказывать механические показатели связующих и их адгезия с прорезиненным материалом. В связи с этим для выбора связующего проведены испытания пленок, отлитых из вышеописанных полимеров. Испытания проводили при одноосном растяжении по ГОСТ 14236-81. Адгезионную прочность определяли как прочность при расслаивании клеевых соединений по ГОСТ Р 57751-2017 [6]. В качестве

модельного использовали материал изолирующего типа ЛТЛ-1-2 с верхним лицевым слоем, состоящим из хлорсульфированного полиэтилена, полихлорбутадиена и бутилкаучука. Стойкость к истиранию композитов определяли по изменению толщины образца при поступательном истирании абразивом на приборе UGT-7012-S.

Результаты и их обсуждение

Физико-механические характеристики пленок, отлитых из рассматриваемых связующих, представлены в табл. 2.

Таблица 2

№ п/п	Связующее	Разрывное напряжение σ, МПа	Относительное удлинение ε, %
1	Эколат 1005	23,8	10,8
2	Акрэмос 116	18,9	6,5
3	Акрэмос 115АМ	28,5	1,7
4	Дистекс 57А	27,8	11,5
5	Дистекс 57	28,3	5,2
6	Дистекс 13	11,6	4,25
7	DisLine2	10,2	3,5

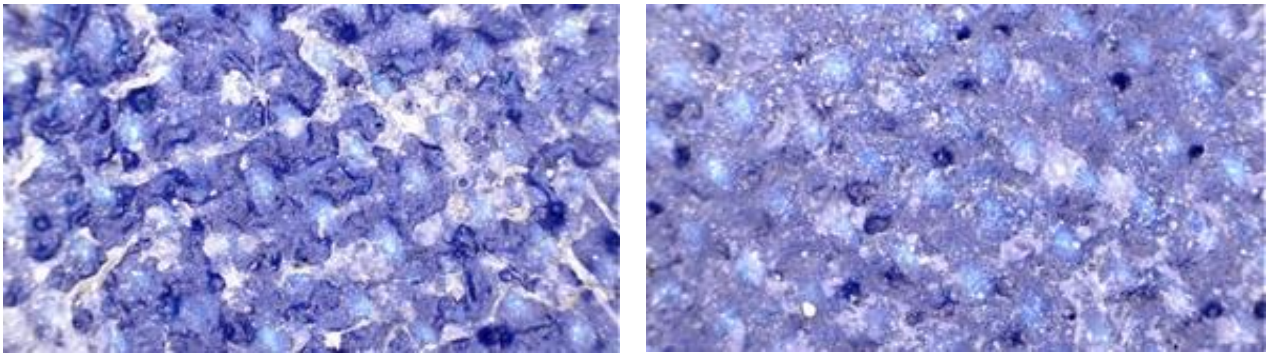
Из полученных данных видно, что разрывное напряжение пленок варьируется от 10,2 до 28,5 МПа, при этом наиболее высокие показатели демонстрируют образцы Акрэмос 115АМ, Дистекс 57А и Дистекс 57, самый низкий показатель у полиуретановой дисперсии DisLine2, что связано с различием в составе и структуре полимеров. Однако главным требованием к связующему в разрабатываемом композиционном материале являются не столько прочностные свойства полимера, а сколько его адгезионная способность, поэтому на следующем этапе оценивали прочность при расслаивании склеенных образцов прорезиненной ткани [7]. Поскольку материал в процессе производства покрывается антиадгезионными средствами, чаще всего тальком (АО "КазХимНИИ". – https://казхимнии.рф) [6], прочность при расслаивании определяли для двух вариантов – в исходном состоянии и после очистки растворителем (ацетоном). Результаты испытаний приведены в табл. 3.

Таблица 3

№ п/п	Связующее	Прочность при расслаивании σ, Н/мм	
		без предварительной очистки поверхности	с предварительной очисткой поверхности
1	Эколат 1005	0,158	0,182
2	Акрэмос 116	0,171	0,269
3	Акрэмос 115АМ	0,129	0,218
4	Дистекс 57А	0,108	0,250
5	Дистекс 57	0,191	0,275
6	Дистекс 13	0,135	0,163
7	DisLine 2	0,200	0,325

Из данных видно, что прочность при расслаивании полученных клеевых соединений варьируется от 0,108 до 0,325 Н/мм. Наибольшую прочность при расслаивании продемонстрировала полиуретановая алифатическая дисперсия DisLine2 – 0,325 Н/мм. Выявлено, что предварительная очистка позволяет повысить адгезию в 2 раза. На рис. 1 показана поверхность пробы после расслаивания клеевых соединений исходного (а) и предварительно очищенного (б) образцов (на примере связующего DisLine2).

Видно, что при предварительной подготовке поверхности разрушение имеет когезионный или смешанный характер, что будет определять прочностные характеристики и стойкость к истиранию получаемых композиционных материалов.



а) б)

Рис. 1

Для оценки эксплуатационных свойств композитов в зависимости от применяемого связующего проведены испытания на стойкость к истиранию. Образцы получены методом холодного прессования из измельченных отходов прорезиненного материала, кинетические кривые истирания приведены на рис. 2.

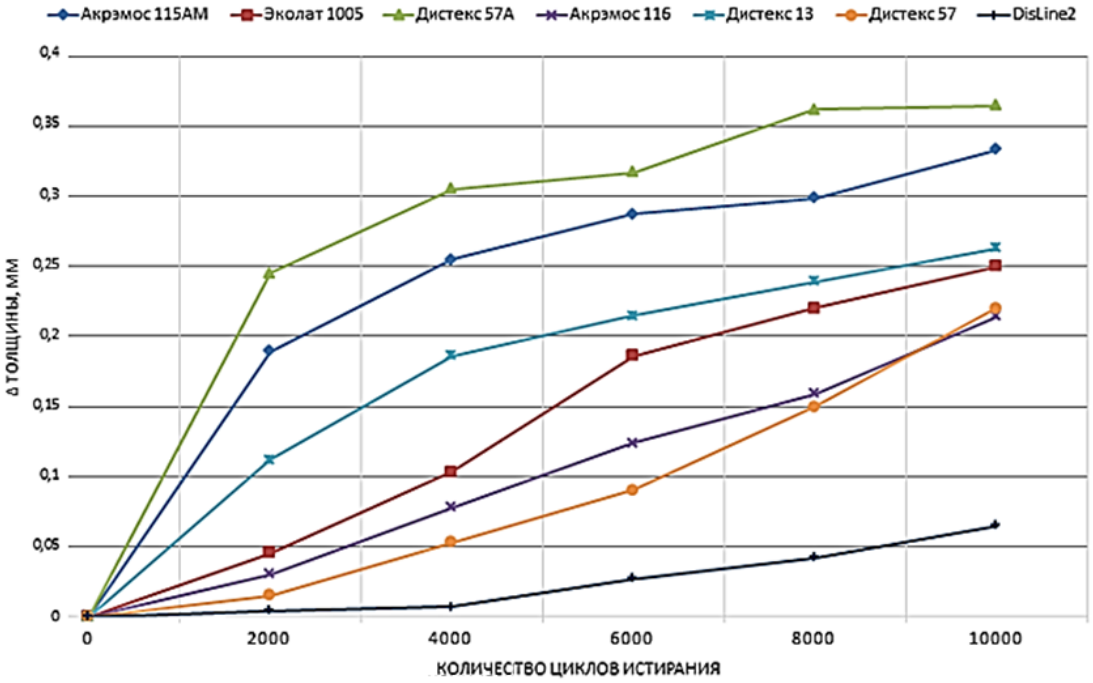


Рис. 2

Исходя из рис. 2 видно, что наименьшая потеря толщины наблюдается у образца, в котором в качестве связующего компонента была использована полиуретановая алифатическая дисперсия DisLine2. Полученные данные подтверждают результаты испытаний на прочность при расслаивании. Таким образом, из рассмотренных связующих наилучшие механические свойства композиционного материала позволяет получить полиуретановая дисперсия.

В Ы В О Д Ы

Выбранные связующие позволяют получать клеевые соединения с достаточной адгезионной прочностью – до 0,325 Н/мм, что делает их пригодными для применения в композиционных материалах на основе отходов прорезиненных тканей. Наилучшие результаты среди связующих демонстрирует полиуретановая алифатическая дисперсия DisLine2.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Долинская Р.М., Прокопчук Н.Р.* Рециклинг отходов резинотехнических изделий // Полимерные материалы и технологии. 2020. Т. 6, № 1. С. 6…24.

2. *Румянцева А.В. и др.* Эколого-экономические аспекты переработки резинотехнических изделий на основе современных технологий // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. №. 7-3 (97). С. 165…169.

3. *Гаврилюк Е.Ю., Азанова А.А., Мустафина Р.Р. и др.* Полимерно-волокнистые композиты на основе отходов прорезиненных тканей // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2024. 6(414). С. 295…299.

4. *Мустафина Р.Р., Гаврилюк Е.Ю., Азанова А.А.* Влияние состава на физико-механические свойства композитов на основе текстильно-полимерных отходов // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). 2024. № 1. С. 245…247. – EDN OWJLXB.

5. *Захарченко А.С., Алешина А.А., Козлова О.В.* Свойства пленкообразующих полимеров, используемых при отделке текстильных материалов // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. 2012. Т. 55, № 3. С. 87…91.

6. *Басин В.Е.* Адгезионная прочность. М., 1981. 320 с.

7. *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.

REFERENCES

1. *Dolinskaya R.M., Prokopchuk N.R.* Recycling of waste rubber products // Polymer materials and technologies. 2020. Vol. 6, No. 1. P. 6…24.

2. *Rumyantseva A.V. et al.* Ecological and economic aspects of processing rubber products based on modern technologies // International research journal. 2020. No. 7-3 (97). P. 165…169.

3. *Gavrilyuk E.Yu., Azanova A.A., Mustafina R.R. et al.* Polymer-fiber composites based on rubberized fabrics waste. // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti, 2024. 6(414). P. 295…299.

4. *Mustafina R.R., Gavrilyuk E.Yu., Azanova A.A.* Influence of composition on the physical and mechanical properties of composites based on textile-polymer waste // Physics of fibrous materials: structure, properties, science-intensive technologies and materials (SMARTEX). 2024. No. 1. P. 245…247. – EDN OWJLXB.

5. *Zakharchenko A.S., Aleshina A.A., Kozlova O.V.* Properties of film-forming polymers used in finishing textile materials // News of higher educational institutions. Series Chemistry and chemical technology. 2012. Vol. 55. No. 3. Pp. 87…91.

6. *Basin V.E.* Adhesive strength. Moscow, 1981. 320 p.

7. *Sukhova A.A.* Analysis of modern insulating materials and personal protective equipment based on them // Bulletin of the Kazan Technological University. 2016. Vol. 19, No. 15, pp. 128…130.

Рекомендована кафедрой материалов и технологий легкой промышленности Казанского национального исследовательского технологического университета. Поступила 14.10.25.