

# ТЕХНОЛОГИЯ И ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СЫРЬЯ

Научная статья

УДК 677.494

EDN ZWJNDS

doi 10.34216/2587-6147-2022-2-56-29-33

Александр Евгеньевич Карноухов<sup>1</sup>

Юлия Александровна Тимошина<sup>2</sup>

Эмиль Фаатович Вознесенский<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

<sup>1</sup>a.carnouhov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4599-8148>

<sup>2</sup>ybuki@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4684-1510>

<sup>3</sup>howrip@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7493-1471>

## ПОЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ЛАМИНИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРНЫМИ ПЛЕНКАМИ

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследования комплекса свойств металлизированных текстильных материалов, ламинированных полимерными пленками методом термопрессования. Нанесение медного металлического покрытия на поверхность текстильного материала производилось методом магнетронного распыления. Для повышения адгезии синтетических текстильных материалов к металлическому покрытию использовалась предварительная обработка в плазме высокочастотного емкостного (ВЧЕ) разряда пониженного давления, осуществляемая непосредственно перед напылением металла в пределах одного технологического цикла. Установлено, что полученные металлизированные текстильные материалы обладают коэффициентом экранирования до 50 дБ, а использование для ламинирования перфорированных пленок позволяет получать материалы, обладающие воздухо- и паропрооницаемостью. Применение ВЧЕ плазменной модификации позволяет повысить адгезию полимерных материалов к металлическим покрытиям, что способствует увеличению износостойкости получаемых текстильных материалов с экранирующими свойствами.

**Ключевые слова:** магнетрон, металлизация, полимерная пленка, полиэтилен, полиуретан, полиэфирная ткань, высокочастотный емкостной разряд, коэффициент экранирования, адгезия

**Для цитирования:** Карноухов А. Е., Тимошина Ю. А., Вознесенский Э. Ф. Получение электропроводящих текстильных материалов, ламинированных полимерными пленками // Технологии и качество. 2022. № 2(56). С. 29–33. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-2-56-29-33>.

Original article

Alexander E. Karnoukhov<sup>1</sup>

Yulia A. Timoshina<sup>2</sup>

Emil F. Voznesensky<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

## PRODUCTION OF ELECTRICALLY CONDUCTIVE TEXTILE MATERIALS LAMINATED WITH POLYMER FILMS

**Abstract.** The article presents the results of a study of the complex properties of metallised textile materials laminated with polymer films by thermal pressing. The application of a copper metal coating to the surface of a textile material was carried out by magnetron sputtering. To increase the adhesion of synthetic textile materials to the metal coating, pretreatment in plasma of a radio-frequency capacitive (RFC) discharge of reduced pressure was used, carried out immediately before spraying the metal within one technological cycle. It has been established that the metallised textile materials obtained have a shielding coefficient of up

© Карноухов А. Е., Тимошина Ю. А., Вознесенский Э. Ф., 2022

to 50 dB, and the use of perforated films for lamination makes it possible to obtain materials with air and vapour permeability. The use of plasma modification in the process makes it possible to increase the adhesion of polymer materials to metal coatings, which contributes to an increase in the wear resistance of the resulting textile materials with shielding properties.

**Keywords:** magnetron, metallisation, polymer film, polyethylene, polyurethane, polyester fabric, radio-frequency capacitive discharge, shielding coefficient, adhesion

**For citation:** Karnoukhov A. E., Timoshina Yu. A., Voznesensky E. F. Production of electrically conductive textile materials laminated with polymer films. *Technologies & Quality*. 2022. Nr 2(56). P. 29–33. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-2-56-29-33>.

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальной задачей современной текстильной промышленности является получение функциональных материалов, обладающих защитными свойствами, повышенными эксплуатационными характеристиками. Одной из востребованных ассортиментных групп являются материалы, экранирующие электромагнитные излучения, обладающие повышенной износостойкостью, воздухо- и паропроницаемостью, что позволяет использовать их для производства защитной одежды [1]. Для получения экранирующих текстильных материалов важным является наличие электропроводящего слоя, способного обеспечить низкое поверхностное сопротивление [2]. Одним из способов получения электропроводящих материалов является нанесение металлических покрытий, при этом для получения электропроводящего слоя металлические покрытия могут наноситься на полимерные пленки, закрепленные на текстильном материале методом термометодом переноса или с использованием адгезива [3].

Для нанесения тонких металлических покрытий на полимерные материалы широкое распространение получил метод магнетронного распыления. На адгезию металлических покрытий к полимерным материалам влияет чистота поверхности полимера, а также его химический состав, при этом наибольшей адгезией к металлам обладают полимеры, имеющие в своем составе полярные кислород- и азотсодержащие функциональные группы.

Для повышения адгезии полимерных материалов к металлическим покрытиям используются методы предварительной обработки, обеспечивающие очистку поверхности и способствующие ее активации за счет образования полярных функциональных групп. Одним из перспективных методов регулирования поверхностных свойств полимерных материалов является применение плазмы высокочастотного емкостного (ВЧЕ) разряда пониженного давления [4–6], преимуществом которой является возможность модификации полимерных материа-

лов без деструкции и устойчивость получаемых эффектов.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Для создания экранирующего материала в качестве текстильной основы использовалась полиэфирная (ПЭФ) ткань полотняного переплетения, арт. 05С8-КВ (ОАО «Моготекс», г. Могилев, Республика Беларусь). Для получения непрерывного электропроводящего слоя для металлизации предложено использовать ПЭФ-ткань, ламинированную сплошными и перфорированными пленками на основе полиуретана (ПУ) (ООО «ЭЛАСТОИМПЭКС», г. Зеленоград) и полиэтилена (ПЭ) (ООО «Данафлекс-Нано», г. Казань). Перфорированные пленки получены методом горячей перфорации, процент перфорации составляет 53 %.

Для ВЧЕ плазменной модификации образцов и последующего напыления металлического покрытия использовалась модульная плазменная установка для нанесения тонких металлических покрытий [7], расположенная на базе ресурсного центра ООО «Ферри Ватт» (рис. 1). Используемое оборудование позволяет производить предварительную активацию материала в плазме ВЧЕ-разряда пониженного давления и нанесение металлических покрытий в пределах одного технологического цикла. Активация поверхности текстильных материалов проводилась при мощности разряда 100...150 Вт; расход плазмообразующего газа воздуха  $8 \cdot 10^{-5}$  г/с; давление в рабочей камере 20...30 Па, продолжительность обработки 3...5 мин. Металлизацию материалов осуществляли при давлении 0,4 Па, удельной мощности магнетрона 25...50 Вт/см<sup>2</sup>, в течение 5 мин в плазмообразующем газе аргон, в качестве мишени использовали бескислородную медь (99,9 %).

Для исследования поверхности текстильных материалов с металлическими покрытиями использовали конфокальный лазерный сканирующий микроскоп (КЛСМ) Olympus LEXT OLS 4100 (Япония). Газопроницаемость образцов определяли с помощью газожидкостного

порометра POROLUX™100, в качестве газа использовался воздух. Для определения паропроницаемости использовали стандартную методику в соответствии с ГОСТ 30568–98. Оценку износостойкости металлических покрытий проводили по ГОСТ 8978–2003, устойчивость к разрушению при изгибе оценивалась в количестве циклов изгиба до появления первых крупных трещин на поверхности пленки. Электропроводящие свойства полученных металлизированных материалов оценивали по показателю поверхностного электрического сопротивления по ГОСТ Р 50499–93. Экранирующую способность материалов оценивали по ГОСТ 12.4.172–2014 путем определения падения напряжения на сопротивлении 400 кОм от тока, протекающего через измерительный электрод испытательной установки, создающей однородное электрическое поле, в отсутствии и присутствии электропроводящей ткани, при частоте 5 кГц и напряжении 400 В.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для оценки экранирующих и эксплуатационных свойств получена серия образцов тек-

стильных материалов с металлическими покрытиями (табл. 1).

В процессе получения образцов текстильных материалов с металлическими покрытиями было установлено, что применение ВЧЕ плазменной модификации позволяет ускорить откачку вакуумной камеры до остаточного давления ( $5 \cdot 10^{-3}$  Па) на 20...50 %. Данный эффект связан с интенсификацией дегазации текстильных материалов.

На рис. 2 представлен внешний вид образцов металлизированных текстильных материалов, полученный с помощью КЛСМ. Результаты испытаний металлизированных текстильных материалов представлены в табл. 2.

Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод, что нанесение металлических покрытий на ткани, ламинированные полимерными пленками, позволяет получить текстильные материалы, обладающие электропроводящими и экранирующими свойствами. Коэффициент экранирования для металлизированных текстильных материалов, ламинированных сплошными пленками, составляет до 51 дБ, ламинированных перфорированными пленками – до 45 дБ.

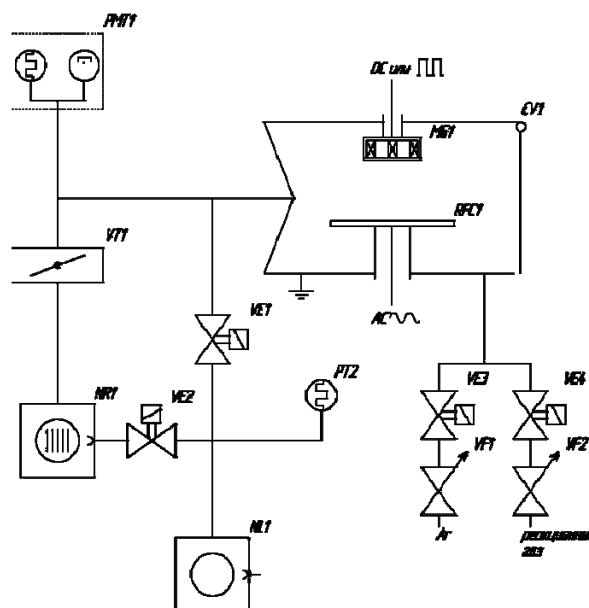


Рис. 1. Модульная плазменная установка для нанесения тонких металлических покрытий

Т а б л и ц а 1

Характеристика образцов текстильных материалов с металлическими покрытиями

№ образца	Текстильная основа	Полимерная пленка	ВЧЕ-активация	Металлическое покрытие
1	Ткань ПЭФ	Нет	Нет	Медь
2		Пленка ПЭ сплошная		
3		Пленка ПУ сплошная		
4		Пленка ПЭ перфорированная		
5		Пленка ПУ перфорированная	Да	
6		Пленка ПЭ перфорированная		
7		Пленка ПУ перфорированная		

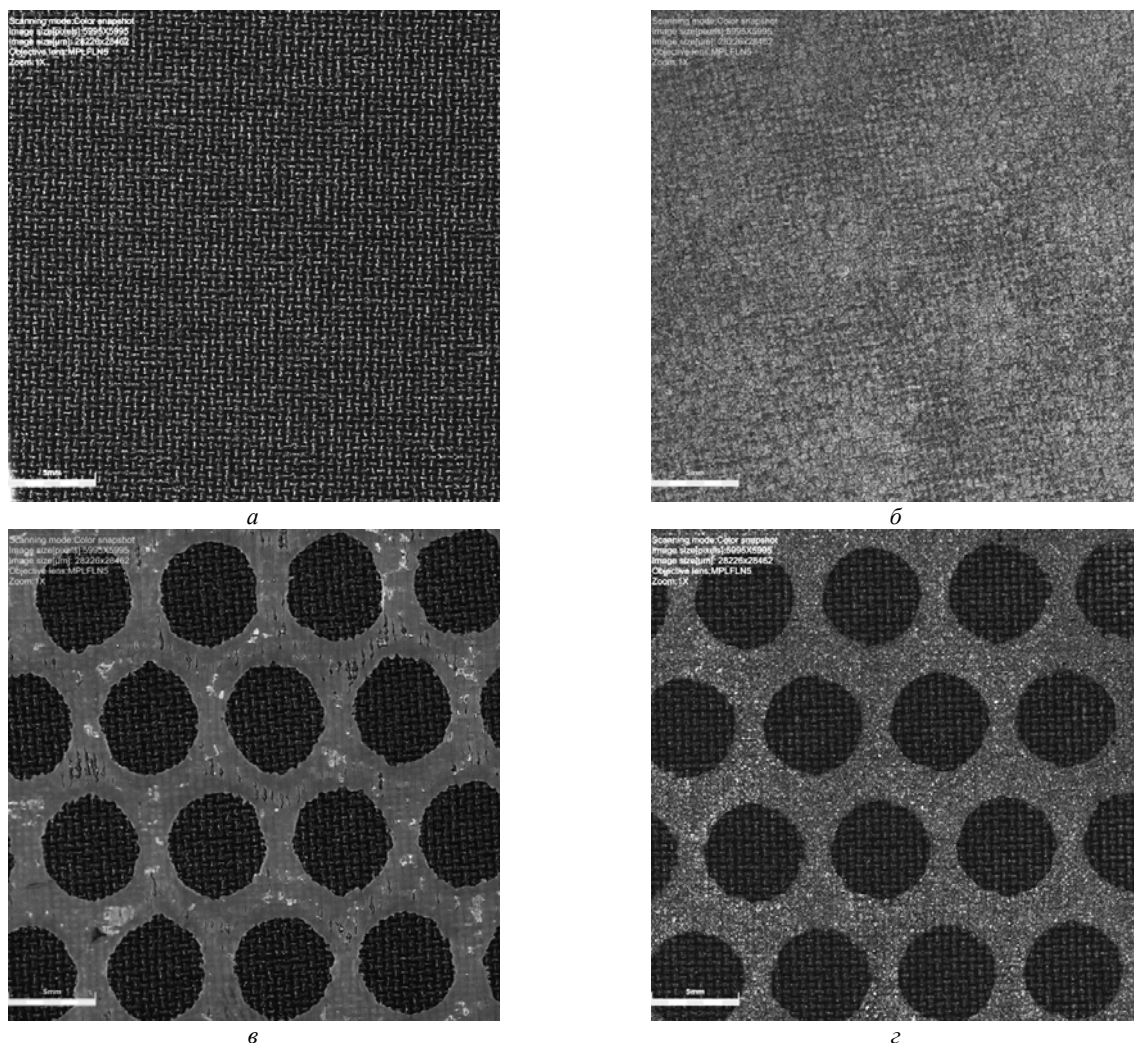


Рис. 2. Изображения поверхности металлизированных текстильных материалов:  
а – образец 1; б – образец 3; в – образец 6; г – образец 7

Т а б л и ц а 2

Результаты испытаний по оценке экранирующих и эксплуатационных свойств металлизированных текстильных материалов

Показатель	Образец						
	1	2	3	4	5	6	7
Поверхностное электрическое сопротивление, Ом/квадрат	> 500	0,60	0,62	0,82	0,84	0,85	0,83
Коэффициент экранирования, дБ	10	51	53	45	43	44	45
Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	150	190	185	170	173	170	173
Воздухопроницаемость, дм <sup>3</sup> /мин/см <sup>2</sup>	42	0	0	31,6	34,4	32,5	33,4
Паропроницаемость, мг/(см <sup>2</sup> ·ч)	35,2	0	0	25,7	25,2	24,8	24,9
Устойчивость к многократному изгибу, циклы	–	350	560	340	520	650	720

Использование в составе металлизированных текстильных материалов перфорированных полимерных пленок позволяет получать экранирующие текстильные материалы с сохранением воздухо- и паропроницаемости.

Применение ВЧЕ плазменной модификации позволяет повысить адгезию полимерных материалов к металлическим покрытиям, что способствует увеличению износостойкости получаемых текстильных материалов с экранирующими свойствами на 22...46 %.

## ВЫВОДЫ

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что полученные металлизированные текстильные материалы, ламинированные перфорированными полимерными пленками, обладают электропроводящими и экранирующими свойствами при сохранении воздухо- и паропроницаемости, что позволяет использовать их для производства защитной одежды. Применение метода термопрессования для получения ламинированных текстильных мате-

риалов исключает использование адгезивов и не требует сложного технологического оборудования. Предварительная ВЧЕ плазменная обработка перед нанесением металлического покрытия позволяет повысить адгезию полимерных материалов к металлическим покрытиям, что обеспечивает повышение износостойкости получаемых текстильных материалов с экранирующими

свойствами. При этом ВЧЕ плазменная модификация текстильных материалов непосредственно перед напылением металлических покрытий в пределах одного цикла откачки позволяет значительно сократить продолжительность технологического процесса за счет снижения времени дегазации материала и откачки вакуумной камеры до остаточного давления.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Николаев С. Д., Сильченко Е. В. Защита человека от электромагнитного излучения при помощи тканей // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18, № 15. С. 161–166.
2. Koprowska J., Ziaja J., Janukiewicz J. Plasma Metallization Textiles as Shields for Electromagnetic Fields // FIBRES and TEXTILES in Eastern Europe. 2008. Vol. 16, nr 5(70). P. 64–66.
3. Исследование экранирующих свойств металлизированных пленок / А. Е. Карноухов, Ю. В. Харापудько, Ю. А. Тимошина, Э. Ф. Вознесенский // Легкая промышленность: проблемы и перспективы : материалы Междунар. науч.-техн. конф. Омск : ОмГТУ, 2021. С. 54–58.
4. Модификация нанослоев в высокочастотной плазме пониженного давления : монография / И. Ш. Абдуллин, В. С. Желтухин, И. Р. Сагбиев, М. Ф. Шаехов. Казань : КГТУ, 2007. 356 с.
5. Модификация синтетических волокнистых материалов и изделий неравновесной низкотемпературной плазмой. Свойства, структура, технологии / Е. А. Сергеева, Н. В. Корнеева, Л. А. Зенитова, И. Ш. Абдуллин. Казань : КГТУ, 2011. 255 с.
6. Тимошина Ю. А., Вознесенский Э. Ф., Желтухин В. С. Математическая модель взаимодействия низкоэнергетических ионов инертного газа с полипропиленом в высокочастотной плазме емкостного разряда пониженного давления // Технологии и качество. 2021. № 3(53). С. 18–23.
7. Полимерные пленочные и текстильные материалы на основе полипропилена и полиэфира с титановым покрытием / Ю. В. Харапудько, А. Е. Карноухов, Ю. А. Тимошина, Э. Ф. Вознесенский, Н. В. Тихонова // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 4. С. 161–167.

#### REFERENCES

1. Nikolaev S. D., Sil'chenko E. V. Protection of a person from electromagnetic radiation with the help of fabrics\*. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan technological university]. 2015;18;15:161–166. (In Russ.)
2. Koprowska J., Ziaja J., Janukiewicz J. Plasma Metallization Textiles as Shields for Electromagnetic Fields. *Fibers and Textiles in Eastern Europe*. 2008;16;5(70):64–66.
3. Karnouhov A. E., Harapud'ko Yu. V., Timoshina Yu. A., Voznesenskij E. F. Study of screening properties of metallized films. *Legkaya promyshlennost': problemy i perspektivy* [Light industry: problems and prospects]. 2021:54–58. (In Russ.)
4. Abdullin I. Sh., Zheltuhin V. S., Sagbiev I. R., Shaekhov M. F. Modification of nanolayers in low-pressure radio-frequency plasma\*. Kazan, KGTU Publ., 2007. 356 p. (In Russ.)
5. Sergeeva E. A., Korneeva N. V., Zenitova L. A., Abdullin. I. Sh. Modification of synthetic fibrous materials and products by nonequilibrium low-temperature plasma. Properties, structure, technologies\*. Kazan, KGTU Publ., 2011. 255 p. (In Russ.)
6. Timoshina Y. A., Voznesensky E. F., Zheltukhin V. S. Mathematical model of the interaction of low-energy inert gas ions with polypropylene in radio-frequency plasma of low pressure. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2021;3(53):18–23. (In Russ.)
7. Harapud'ko Yu. V., Karnouhov A. E., Timoshina Yu. A., Voznesenskij E. F. Polymer film and textile materials based on polypropylene and polyester with titanium coating. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2021;4:161–167. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 17.02.2022  
Принята к публикации 19.05.2022

\*Перевод названия источника выполнен авторами статьи / Translated by author's of the article.