



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2023-2-94-99>
УДК 621.039.6+ 677.074:62/69

Поступила 15.03.2023
Received 15.03.2023

ИЗМЕНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ СМЕСОВОЙ ТКАНИ 07С11-КВ, МОДИФИЦИРОВАННОЙ КЛАСТЕРАМИ УГЛЕРОДА И ЦИРКОНИЯ, ПРИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЯХ

А. Г. АНИСОВИЧ, Институт прикладной физики НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь, ул. Академическая, 16. E-mail: anna-anisovich@yandex.ru
М. И. МАРКЕВИЧ, И. П. АКУЛА, Н. М. ЧЕКАН, Физико-технический институт НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь, ул. Купревича, 10
Е. Н. ЩЕРБАКОВА, Е. В. КЕВРА, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 65

Разработана технология модификации текстильных смесовых материалов с использованием мишеней из углерода и циркония. Исследовано изменение структуры композиционного материала на основе смесовой ткани 07С11-КВ (производство ОАО «Моготекс»), модифицированной кластерами углерода и циркония после выдержки при низких температурах (до -40 °С) в климатической камере. Показано, что при температурах минус 20 – минус 30 °С происходит разволокнение материала. При минус 40 °С разволокнения не происходит, наблюдается выпрямление волокна. Сплошность покрытия сохраняется при всех вариантах испытаний.

Ключевые слова. Смесовая ткань, композиционный материал, климатические испытания.

Для цитирования. Анисович, А. Г. Изменение поверхности смесовой ткани 07С11-КВ, модифицированной кластерами углерода и циркония, при климатических испытаниях / А. Г. Анисович, М. И. Маркевич, И. П. Акула, Н. М. Чекан, Е. Н. Щербакова, Е. В. Кевра // *Литье и металлургия*. 2023. № 2. С. 94–99. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2023-2-94-99>.

CHANGING THE SURFACE OF THE 07C11-KV MIXED FABRIC MODIFIED BY CARBON AND ZIRCONIUM CLUSTERS, DURING CLIMATE TESTS

A. G. ANISOVICH, Institute of Applied Physics of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, 16, Akademicheskaya str. E-mail: anna-anisovich@yandex.ru
M. I. MARKEVICH, I. P. AKULA, N. M. CHEKAN, Physical-Technical Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, 10, Kuprevich str.
E. N. SHCHERBAKOVA, E. V. KEVRA, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, 65, Nezavisimosti ave.

The technology of modification of textile mixed materials using carbon and zirconium targets has been developed. A change in the structure of a composite material based on a 07C11-KV mixed fabric (produced by Mogotex OJSC) modified with carbon and zirconium clusters after exposure at low temperatures (up to -40 °C) in a climatic chamber was investigated. It is shown that at temperatures -20 – -30 °C, the material is de-fibrous. At -40 °C, there is no de-fibering, fiber straightening is observed. The continuity of the coating is maintained for all test variants.

Keywords. Mixed fabric, composite material, climate tests.

For citation. Anisovich A. G., Markevich M. I., Akula I. P., Chekan N. M., Shcherbakova E. N., Kevra E. V. Changing the surface of the 07C11-KV mixed fabric modified by carbon and zirconium clusters, during climate tests. *Foundry production and metallurgy*, 2023, no. 2, pp. 94–99. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2023-2-94-99>.

Введение

Бытовые радиопоглощающие, антистатические и бактерицидные текстильные изделия выпускает фирма RadiaShield (США). Это связано с существенным снижением экологической безопасности среды обитания. Ухудшение среды обитания населения относится к стратегическим рискам, наблюдается синергетический эффект, что ухудшает условия жизни. Текстильные материалы могут использоваться при изготовлении изделий двойного назначения (гражданских лиц и военных). Поэтому разработка

технологии здоровьесберегающих текстильных композиционных материалов на основе отечественных тканых материалов представляется важной и актуальной задачей. Настоящая работа посвящена разработке новых композиционных материалов и исследованию морфологии поверхности данных материалов при низких температурах. Следует отметить, что производство такого технического текстиля на территории СНГ практически отсутствует. В соответствии со стратегией развития легкой промышленности в Российской Федерации и Республике Беларусь производство технического текстиля является важным и приоритетным инновационным направлением [1,2]. Важнейшей задачей науки в данном направлении является создание новых материалов, способных выполнять здоровьесберегающие функции с расширенными возможностями, на базе отечественного сырья и предприятий. Кроме того, для развития промышленности страны необходимо осуществлять импортозамещение.

В настоящее время большое внимание уделяется созданию комбинированных текстильных материалов. Весьма актуальна разработка таких материалов на основе смесовых тканей, которые состоят из натуральных и синтетических волокон и сочетают в себе высокую воздухопроницаемость, гигроскопичность, низкую усадку, несминаемость, прочность и износостойкость [3–8].

Цель данной работы – синтез и исследование морфологии поверхности композиционного материала на основе смесовой ткани 07С11-КВ (производство ОАО «Моготекс»), модифицированной кластерами углерода и циркония после выдержки при низких температурах.

Материалы и методики эксперимента

Для проведения эксперимента была выбрана ткань 07С11-КВ и выполнена модификация ее кластерами углерода и циркония. Предварительно перед формированием покрытий поверхность ткани обрабатывали высокоэнергетическими ионами аргона для удаления органических загрязнений в течение 15 мин при следующих параметрах: давление аргона в вакуумной камере – порядка $3,7 \cdot 10^{-2}$ Па, ускоряющее напряжение – 2 кВ, ионный ток – 20 мА, время очистки – 15 мин.

В данной работе цирконий осаждали на одну сторону ткани, а на другую – углерод. При нанесении покрытия из циркония использовали дуговой источник (ток дуги 55А) в режиме сепарации плазмы. Поскольку температура покрытия при его формировании на поверхности ткани может достигать нескольких сотен градусов, то процесс проводили путем чередования периодов работы источника плазмы (1 мин) и паузы для охлаждения ткани (1 мин). Толщина покрытия составила примерно 0,4 мкм.

Затем был выполнен переворот ткани на обратную сторону. При достижении в камере остаточного вакуума порядка $3,10^{-3}$ Па снова выполняли очистку поверхности ткани ускоренными ионами аргона. Затем включали два источника импульсной катодно-дуговой плазмы углерода и при подаче в вакуумную камеру реакционного газа (ацетилен) до давления порядка (0,7–1,0) Па выполняли осаждение углеродного покрытия. Параметры работы импульсных источников плазмы следующие: напряжение основного разряда – 300 В, длительность разрядного импульса – порядка 300 мкс, ток разрядного импульса – (2500–3000) А, частота следования разрядных импульсов – 5 Гц. Общее число разрядных импульсов составляло 12 000. Толщина углеродного покрытия составила приблизительно (0,8–1,2) мкм. Исследование химического состава проводили с использованием растрового электронного микроскопа MIRA-3 (Чехия) с системой микроанализаторов фирмы Oxford Instruments (Великобритания) [3, 4, 6].

Исследование морфологии поверхности выполняли с помощью инвертированного оптического микроскопа МИ-1. При светлопольном освещении не удается получить изображение требуемой контрастности и цветности, поскольку поверхность композиционного материала не является полностью плоской. Поэтому для исследования поверхности применяли режим освещения по методу темного поля [5]. Данный способ освещения позволяет получить изображение от неплоскостных участков объекта при сохранении натурального цвета объекта исследования.

Испытания при низких температурах проводили в климатической камере СМ-70/150-80 ТВХ. Образцы подвергали температурному воздействию при минус 20 °С, минус 30 °С, минус 40 °С в течение 6 ч; влажность составляла 50%. Испытания при температурах более минус 40 °С не проводили, так как работа в холодное время на открытом воздухе или закрытых неотапливаемых помещениях прекращается при температуре минус 35 °С (статья 109 Трудового кодекса РФ. Нормы.).

Результаты и их обсуждение

Элементный состав ткани с покрытием циркония приведен на рис. 1. На поверхности покрытия из циркония находится углерод в силу проникновения его на сторону циркония в процессе нанесения.

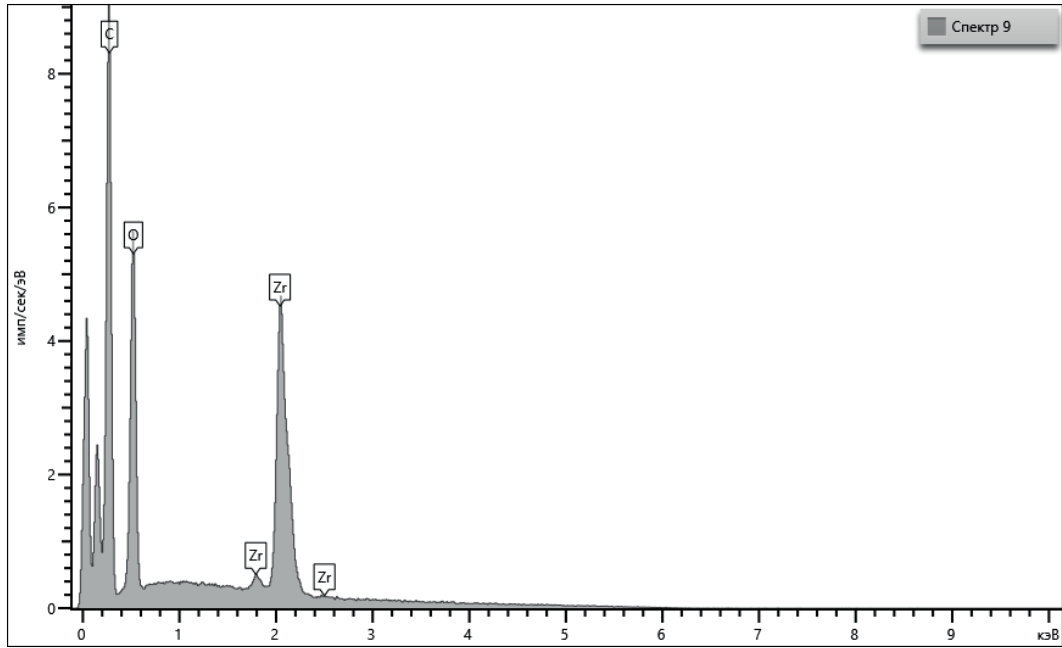


Рис. 1. Элементный состав композиционного материала со стороны циркония

Морфология поверхности композиционного материала в исходном состоянии (с покрытием углерода и циркония) представлена на рис. 2, 3. Поверхность образцов неоднородна. На всех снимках видна диффузия (через отверстия в переплетениях) наносимых элементов на другую сторону. Так, на стороне, где наносили углерод, имеются филаменты, покрытые цирконием, и наоборот. Отдельные филаменты

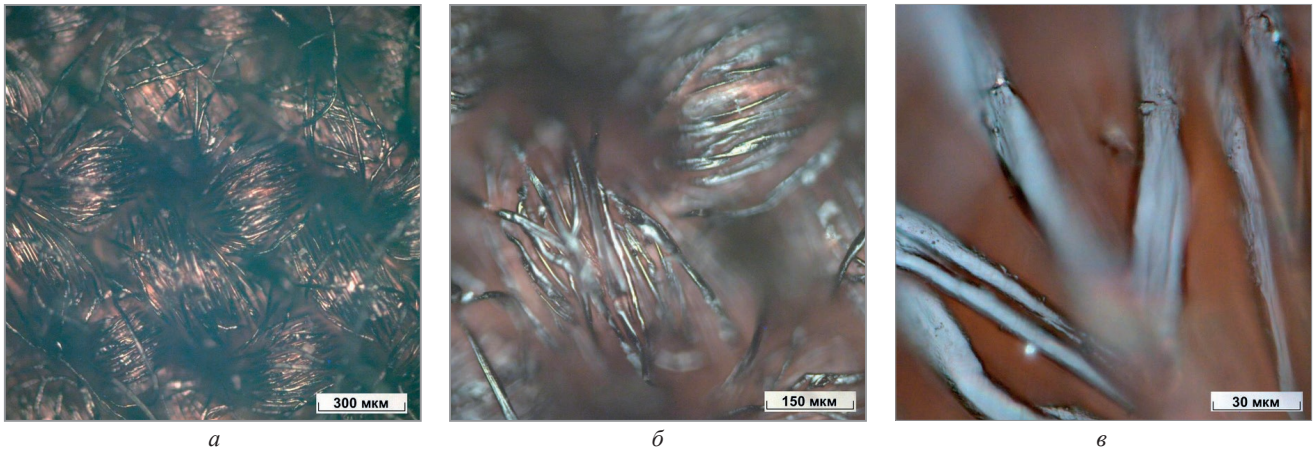


Рис. 2. Поверхность ткани после нанесения покрытия углерода

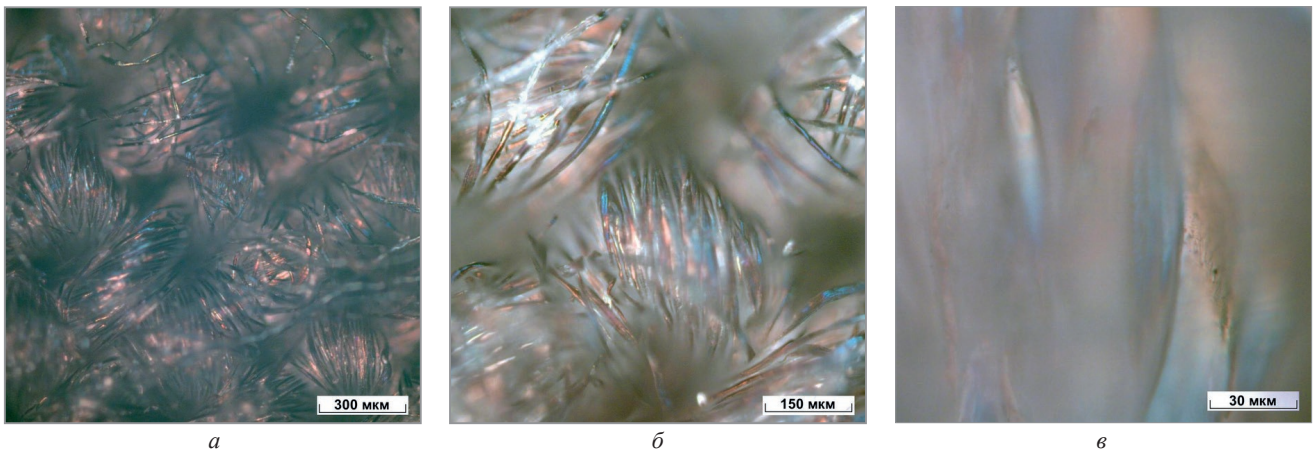


Рис. 3. Поверхность ткани после нанесения покрытия циркония

покрытия зафиксированы при увеличении 1000 крат (рис. 2, в, 3, в). Покрытия циркония и углерода сплошные, без видимых дефектов при данном увеличении.

На рис. 4, 5 представлена морфология поверхности композиционных материалов после пребывания в климатической камере при температуре минус 20 °С. Наблюдается разволокнение материала (рис. 4, а, 5, а). Нарушения сплошности покрытия не происходит (рис. 4, в, 5, в).

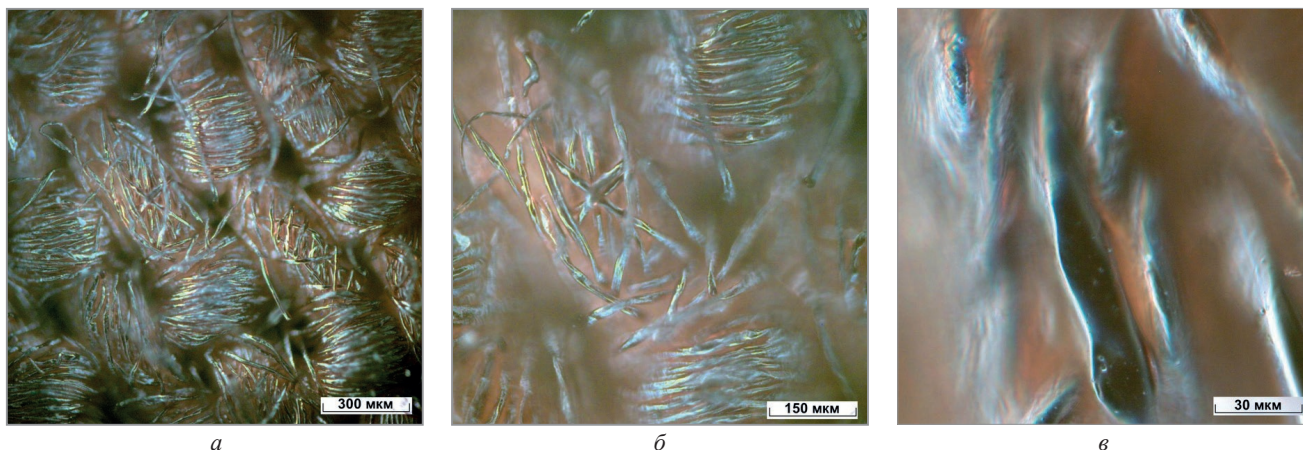


Рис. 4. Поверхность ткани после нанесения покрытия углерода и климатических испытаний при -20 °С

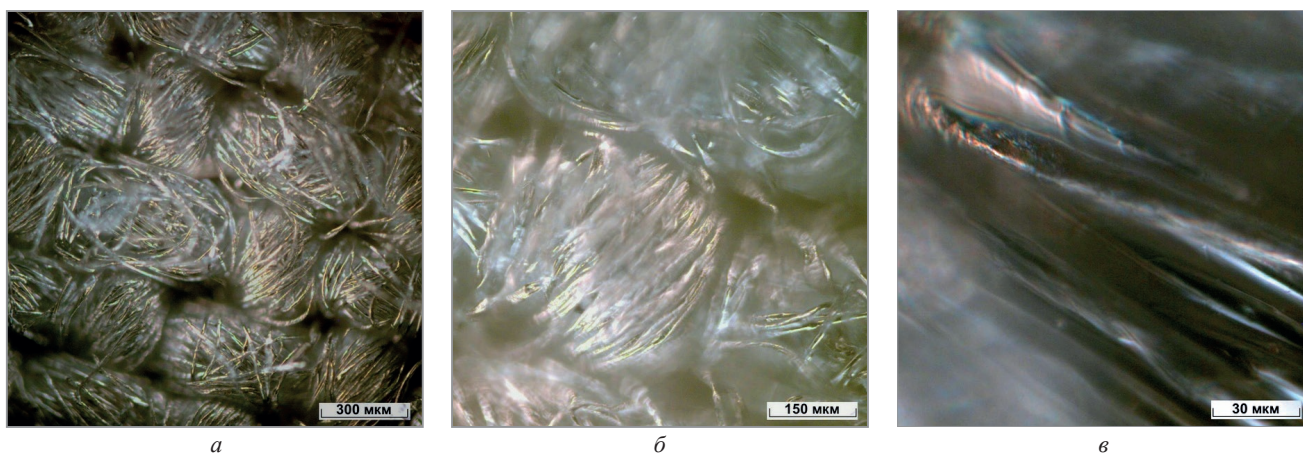


Рис. 5. Морфология поверхности ткани после нанесения покрытия циркония и климатических испытаний при -20 °С

На рис. 6, 7 представлена морфология поверхности композиционного материала после климатических испытаний при температуре минус 30 °С. Также наблюдается некоторое разволокнение материала, аналогичное испытаниям при минус 20 °С. Дефектов покрытия не фиксируется.

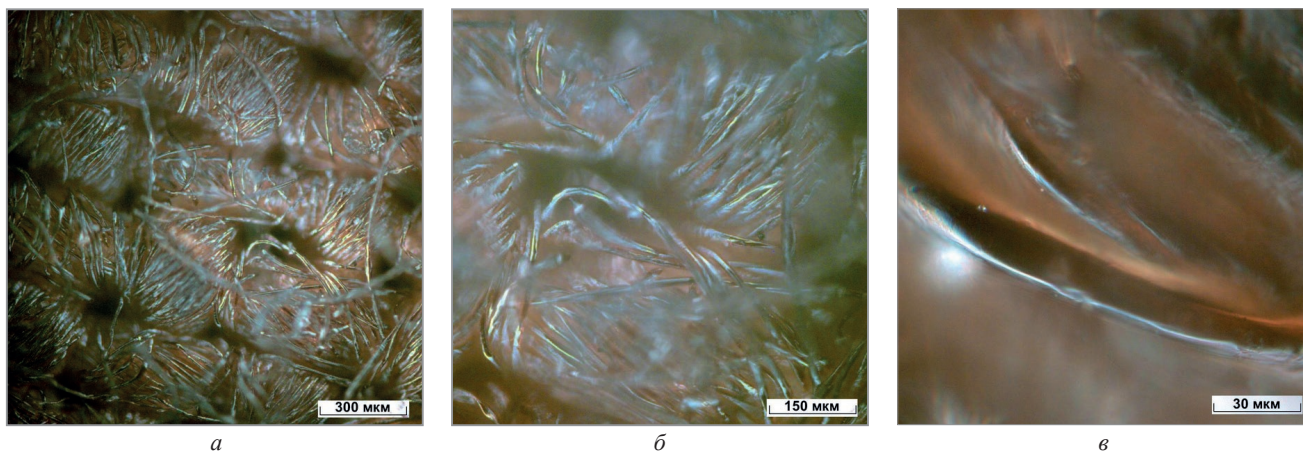


Рис. 6. Поверхность ткани после нанесения покрытия углерода и климатических испытаний при -30 °С

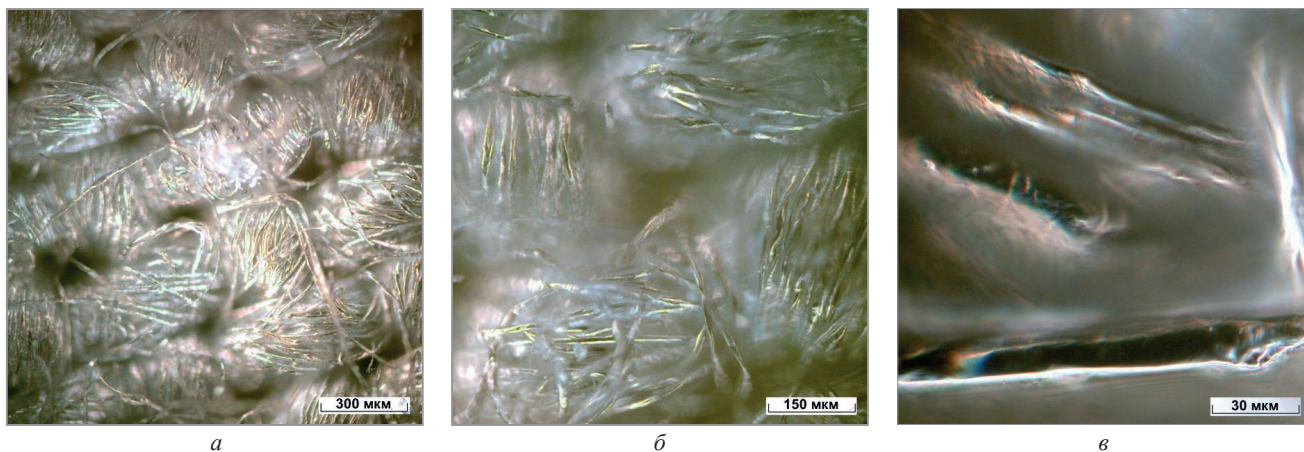


Рис. 7. Поверхность ткани после нанесения покрытия циркония и климатических испытаний при $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$

На рис. 8, 9 представлена морфология материала после испытаний при минус $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. При понижении температуры не наблюдается разволокнения как при минус 20 и минус $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, волокно ткани выпрямляется. Сплошность покрытия не изменяется. Следует отметить, что после испытаний цвет покрытий незначительно изменяется. Покрытие циркония приобретает более темный оттенок, а покрытие углерода – большой блеск.

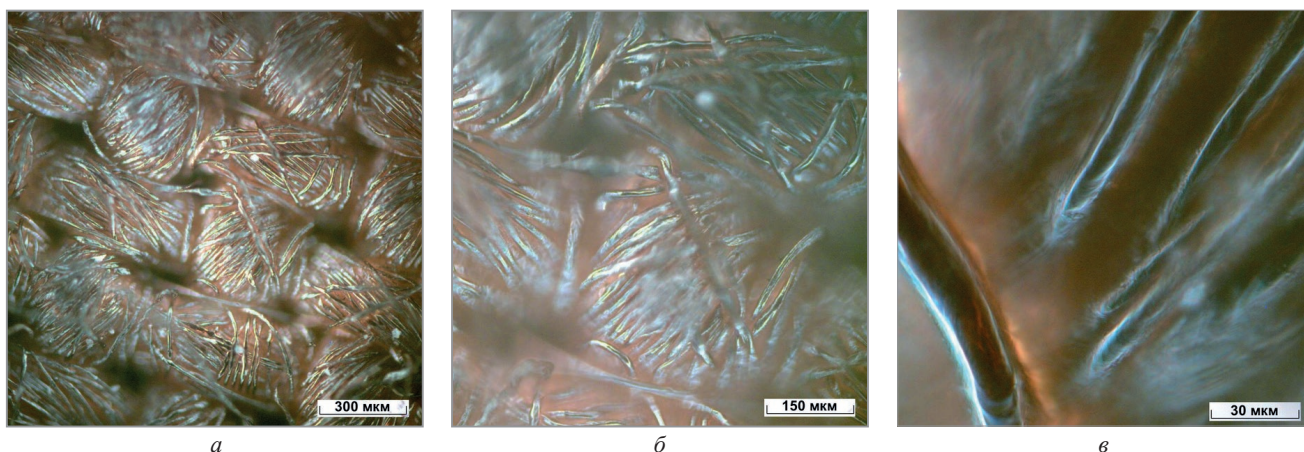


Рис. 8. Поверхность ткани после нанесения покрытия углерода и климатических испытаний при $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$

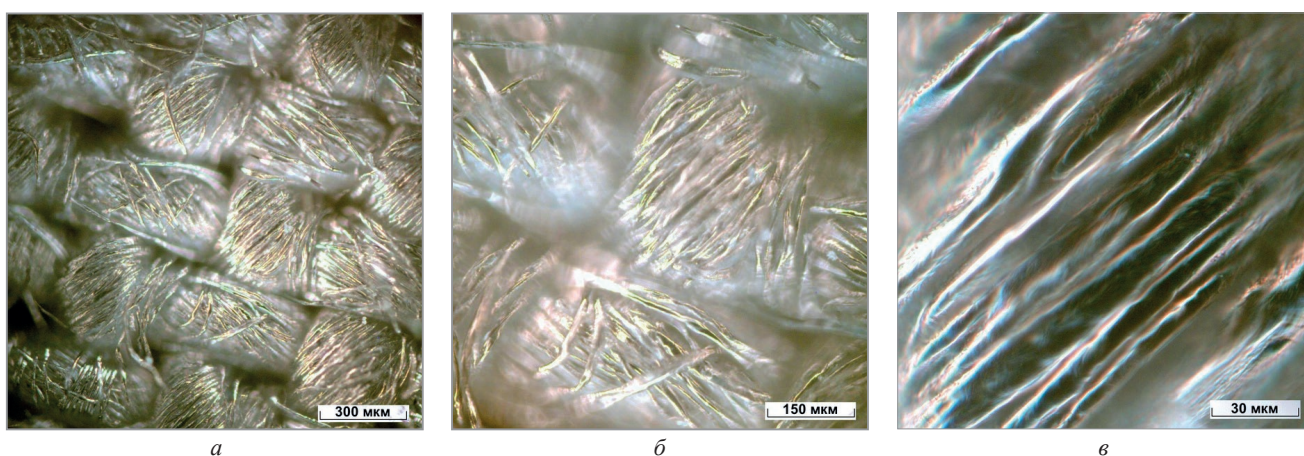


Рис. 9. Поверхность ткани после нанесения покрытия циркония и климатических испытаний при $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$

Разработанный и полученный композиционный материал хорошо выдерживает пониженные температуры, не наблюдается дополнительной деформации композиционного материала и дефектов структуры. Таким образом, данный композиционный материал может быть использован для специального применения.

Выводы

Разработана технология нанесения композиционного материала особого применения, заключающегося в том, что на одну сторону смесовой ткани 07С11-КВ (производство ОАО «Моготекс») наносится цирконий, а на другую сторону ткани – углерод. Исследована морфология поверхности данного композиционного материала с двух сторон после испытаний в климатической камере. Методом оптической микроскопии и элементного анализа установлено, что происходит проникновение наносимых материалов на противоположную сторону. Также установлено, что полученный композиционный материал хорошо выдерживает пониженные температуры, не наблюдается дополнительной деформации отдельных волокон материала. Таким образом, данный композиционный материал может быть использован для специальных применений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Флерова, А. О. О государственном регулировании инновационного развития в области наноматериалов и нанотехнологий в России / А. О. Флерова // Инвестиции в России. 2006. № 8. С. 41–47.
2. Хасамиева, Л. Г. Проектирование игровых костюмов для пейтбола с использованием защитных сегментов из полимерных материалов / Л. Г. Хасамиева, С. О. Косолапова // Вестн. Казан. техн. ун-та. 2012(15). № 13. С. 161–162.
3. Анисович, А. Г. Морфология поверхности ткани 07С11-КВ после лазерного воздействия / А. Г. Анисович, И. П. Акула, В. И. Журавлева, М. И. Маркевич, Н. М. Чекан // Материалы 13-й Междунар. науч.-техн. конф. «Квантовая электроника». 22–26 ноября 2021. С. 461–464.
4. Адашкевич, С. В. Магниторезонансная диагностика радиопоглощающих композиционных материалов / С. В. Адашкевич, В. Ф. Стельмах, А. Г. Бакаев и др. // Полимерные материалы и технологии. 2015(1). № 1. С. 71–75.
5. Анисович, А. Г. Искусство металлографии: использование методов оптического контрастирования / А. Г. Анисович // Вестн. НАН Беларуси. Сер. физ.-техн. наук. 2016. № 1. С. 36–42.
6. Anisovich, A. Morphology of the surface of natural lamb leather after tannide tanning and laser exposure / A. Anisovich, T. Kodirov, U. Khudanov, M. Markevich, V. Zhuravleva // Plasma Physics and Plasma Technology. Contributed papers. Minsk. Belarus. 12–16 September 2022. P. 165–168.
7. Ласковнев, А. П. Воздействие лазерного излучения на композиционные материалы на основе лавсановых тканей и углерода / А. П. Ласковнев, А. Г. Анисович, М. И. Маркевич, В. И. Журавлева, Н. М. Чекан // Материалы конференции «Композиционные материалы на основе техногенных отходов и местного сырья: состав, свойства и применение». 16–17 сентября 2021. Ташкент. С. 30–31.
8. Анисович, А. Г. Морфология поверхности, магниторезонансные и антистатические свойства ткани с углеродным покрытием, модифицированным кластерами металлов / А. Г. Анисович, И. П. Акула, А. П. Ласковнев, М. И. Маркевич, Н. М. Чекан // Литье и металлургия. 2020. № 3. С. 85–90.

REFERENCES

1. Flerova A. O. O gosudarstvennom regulirovanii innovacionnogo razvitija v oblasti nanomaterialov i nanotehnologij v Rossii [On state regulation of innovative development in the field of nanomaterials and nanotechnologies in Russia]. *Investicii v Rossii = Investments in Russia*, 2006, no. 8, pp. 41–47.
2. Hasamieva L. G., Kosolapova S. O. Proektirovanie igrovyh kostjumov dlja pejtbola s ispol'zovaniem zashhitnyh segmentov iz polimernyh materialov [Design of game suits for paintball using protective segments made of polymeric materials]. *Vestnik Kazanskogo tehničeskogo universiteta = Bulletin of Kazan Technical University*, 2012(15), no. 13, pp. 161–162.
3. Anisovich A. G., Akula I. P., Zhuravleva V. I., Markevich M. I., Chekan N. M. Morfoložija poverhnosti tkani 07S11-KV posle lazernogo vozdejstvija [Morphology of the tissue surface 07S11-KV after laser exposure]. *Materialy 13 Mezhduнародnoj naučno-tehničeskoi konferencii «Kvantovaja jelektronika»*. 22–26 nojabrja 2021 = *Materials of the 13th International Scientific and Technical Conference “Quantum Electronics”*. November 22–26, 2021. pp. 461–464.
4. Adashkevich S. V., Stel'mah V. F., Bakaev A. G., Gordienko A. I., Markevich M. I., Chaplanov A. M., Shherbakova E. N. Magnitorezonansnaja diagnostika radiopogloshhajushhih kompozicionnyh materialov [Magnetic resonance diagnostics of radio-absorbing composite materials]. *Polimernye materialy i tehnologii = Polymeric materials and technologies*, 2015(1), no. 1, pp. 71–75.
5. Anisovich A. G. Iskusstvo metallografii: ispol'zovanie metodov optičeskogo kontrastirovanija [The Art of Metallography: Using Optical Contrasting Techniques]. *Vesci NAN Belarusi. Serija fiziko-tehničeskikh nauk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Physical-technical series*, 2016, no. 1, pp. 36–42.
6. Anisovich A. G., Kodirov T., Khudanov U., Markevich M., Zhuravleva V. Morfoložija of the surface of natural lamb leather after tannide tanning and laser exposure. *Plasma Physics and Plasma Technology. Contributed papers*. Minsk. Belarus. 12–16 September 2022, pp. 165–168.
7. Laskovnev A. P., Anisovich A. G., Markevich M. I., Zhuravleva V. I., Chekan N. M. Vozdejstvije lazernogo izlučenija na kompozicionnye materialy na osnove lavsanovyh tkanej i ugleroda [Effect of laser radiation on composite materials based on lavsan fabrics and carbon]. *Materialy konferencii «Kompozicionnye materialy na osnove tehnogennyh othodov i mestnogo syr'ja: sostav, svojstva i primenenie»*. 16–17 sentjabrja 2021. Tashkent = *Proceedings of the conference “Composite materials based on industrial waste and local raw materials: composition, properties and application.”* September 16–17 2021. Tashkent, pp. 30–31.
8. Anisovich A. G., Akula I. P., Laskovnev A. P., Markevich M. I., Chekan N. M. Morfoložija poverhnosti, magnitorezonansnye i antistatičeskie svojstva tkani s uglerodnym pokrytiem, modifitsirovannym klasterami metallov [Surface Morphology, Magnetic Resonance and Antistatic Properties of Fabric with Carbon Coating Modified by Metal Clusters]. *Lit'e i metallurgija = Foundry production and metallurgy*, 2020, no. 3, pp. 85–90.