

Секция 3. ФИЗИЧЕСКИЕ, ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ, МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКИЕ  
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

УДК 544.537

МОРФОЛОГИЯ ПОВЕРХНОСТИ СМЕСОВОЙ ТКАНИ, МОДИФИЦИРОВАННОЙ  
КЛАСТЕРАМИ УГЛЕРОДА И ТИТАНА С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ВЫДЕРЖКОЙ  
ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Анисович А.Г.<sup>1</sup>, Маркевич М.И.<sup>1</sup>, Акула И.П.<sup>1</sup>, Чекан Н.М.<sup>1</sup>, Щербаклова Е.Н.<sup>2</sup>, Кевра Е.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси»

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** В данной работе осуществлен синтез композиционного материала на основе смесовой ткани 07С11-КВ (производство ОАО Моготекс) путем модификации кластерами углерода и титана. Проведено исследование морфологии поверхности полученного материала после выдержки при низких температурах.  
**Ключевые слова:** морфология поверхности, смесовая ткань, катодно-дуговая плазма.

SURFACE MORPHOLOGY OF A MIXED FABRIC MODIFIED BY CARBON AND TITANIUM  
CLUSTERS AFTER EXPOSURE TO LOW TEMPERATURES

Anisovich A.<sup>1</sup>, Markevich M.<sup>1</sup>, Akula I.<sup>1</sup>, Chekan N.<sup>1</sup>, Shcherbakova E.<sup>2</sup>, Kevra E.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Physical-technical Institute of the NAS of Belarus

<sup>2</sup>Belarusian National Technical University  
Minsk, Republic of Belarus

**Abstract.** In this work a composite material based on a mixed fabric 07S11-KV (manufactured by ОАО Mogotex) was synthesized by modifying with carbon and titanium clusters. The study of the surface morphology of the obtained material after holding at low temperatures was carried out.

**Key words:** surface morphology, mixed fabric, cathode-arc plasma.

Адрес для переписки: Щербаклова Е.Н., ул. Я. Коласа, 22, Минск 220113, Республика Беларусь  
e-mail: scherbakova@bntu.by

В Республике Беларусь разработка и производство текстиля, обладающего специальными свойствами, является приоритетным и инновационным направлением.

В настоящее время уделяется большое внимание формированию комбинированных текстильных материалов. Актуальна разработка таких материалов на основе смесовых тканей. Значимость приобретают разработки технического текстиля на основе отечественного сырья [1, 2].

Так, при разработке новых антистатических комбинированных материалов можно проводить модификацию тканей кластерами металлов и углерода. В связи с вышеизложенным, нами была выбрана ткань 07С11-КВ и проведена модификация ее кластерами углерода и титана.

Целью данной работы являлось: синтез и исследование морфологии поверхности композиционного материала на основе смесовой ткани 07С11-КВ (производство ОАО Моготекс), модифицированной кластерами углерода и титана, после выдержки при низких температурах.

Предварительно перед формированием покрытий поверхность ткани обрабатывалась высокоэнергетичными ионами аргона для удаления органических загрязнений в течение 15 минут 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 минут.

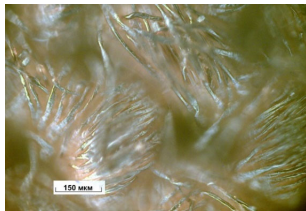
В данной работе титан осаждался на одну сторону ткани, а на другую сторону – углерод. При нанесении покрытия из титана использовался дуговой источник (ток дуги 55 А) в режиме сепарации плазмы. Поскольку температура покрытия при его формировании на поверхности ткани может достигать нескольких сотен градусов Цельсия, то процесс велся путем чередования периодов работы источника плазмы (1 минута) и паузы для охлаждения ткани (1 минута). Толщина покрытия составила примерно 0,5 мкм.

Затем ткань переворачивалась и при достижении в камере остаточного вакуума порядка  $3 \cdot 10^{-3}$  Па снова выполнялась очистка поверхности ткани ускоренными ионами аргона. Затем включались два источника импульсной катодно-дуговой плазмы углерода и при подаче в вакуумную камеру реакционного газа (ацетилен) до давления порядка 0,7–1,0 Па выполнялось осаждение углеродного покрытия.

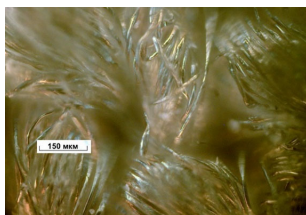
Параметры работы импульсных источников плазмы следующие: напряжение основного разряда 300 В, длительность разрядного импульса порядка 300 мкс, ток разрядного импульса (2500–3000) А, частота следования разрядных импульсов 5 Гц. Общее число разрядных импульсов

составляло 12000. Толщина углеродного покрытия составила приблизительно 0,8–1,2 мкм.

Испытания при низких температурах производились в климатической камере СМ-70/150-80 ТВХ. Образцы подвергались температурному воздействию при  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , и  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение 6 часов при влажности 50 %.



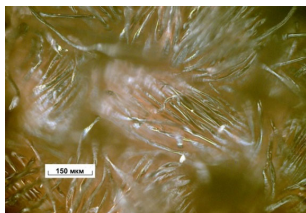
*a*



*б*

*a* – углерод, *б* – титан

Рисунок 1 – Поверхность ткани после нанесения покрытия



*a*



*б*

*a* – углерод, *б* – титан

Рисунок 2 – Морфология поверхности ткани после климатических испытаний, температура  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$

На поверхности волокон не наблюдается изменений структуры покрытия или нарушения металлизированного слоя (рис. 3).

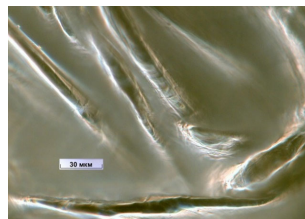


Рисунок 3 – Отдельные волокна ткани с покрытием титана после климатических испытаний,  $T = -40\text{ }^{\circ}\text{C}$

Исследование морфологии поверхности производилось с использованием инвертированного оптического микроскопа МИ-1. При светлоспольном освещении не удается получить изображение требуемой контрастности и цветности, поскольку поверхность композиционного материала не является полностью плоской. Поэтому для исследования поверхности применялся режим освещения по методу темного поля [3]. На рис. 1 представлена морфология поверхности композиционного материала с двух сторон в исходном состоянии.

Поверхность образцов неоднородна. На всех снимках видна диффузия (через отверстия в переплетениях) наносимых элементов на другую сторону. Так, на стороне, где наносился углерод, имеются филаменты, покрытые титаном поверх покрытия углерода. Такое же явление наблюдается и с обратной стороны. После климатических испытаний поверхность ткани не претерпевает существенных изменений (рис. 2).

Исследования показали, что разработанный и полуживой композиционный материал хорошо выдерживает пониженные температуры, не наблюдается дополнительной деформации композиционного материала и дефектов структуры.

Таким образом, композиционный материал на основе смесовой ткани 07С11-КВ (производство ОАО Моготекс), модифицированной кластерами углерода и титана может быть использован в специальных применениях.

#### Литература

1. Морфология поверхности ткани 07С11-КВ после лазерного воздействия / А. Г. Анисович [и др.] // Материалы 13 Международной научно-технической конференции «Квантовая электроника». – 2021. – С. 461–464.
2. Магниторезонансная диагностика радиопоглощающих композиционных материалов / С. В. Адашкевич [и др.] // Полимерные материалы и технологии. – 2015. – Т. 1, № 1. – С. 71–75.
3. Анисович, А. Г. Искусство металлографии: использование методов оптического контрастирования / А. Г. Анисович // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн.наук. – 2016. – № 1. – С. 36–42.