

УДК 544.537

**МОРФОЛОГИЯ ПОВЕРХНОСТИ И МАГНИТОРЕЗОНАНСНЫЕ СВОЙСТВА
КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ СМЕСОВОЙ ТКАНИ,
МОДИФИЦИРОВАННОЙ КЛАСТЕРАМИ ТИТАНА**

Акула И.П.¹, Маркевич М.И.¹, Малышко А.Н.¹, Чекан Н.М.¹, Щербакова Е.Н.²

¹ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси»

²Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Представлены результаты исследования структуры и магниторезонансных свойств смесовой ткани 07C11-KB, модифицированной кластерами титана. Исследования производились с использованием растрового электронного микроскопа MIRA 3 и анализатора ЭМР «Минск 22».

Ключевые слова: морфология поверхности, магниторезонансные свойства.

**SURFACE MORPHOLOGY AND MAGNETIC RESONANCE PROPERTIES OF A COMPOSITE
MATERIAL BASED ON A MIXED TISSUE MODIFIED WITH TITANIUM CLUSTERS**

Akula I.¹, Markevich M.¹, Malyshko A.¹, Chekan N.¹, Shcherbakova E.²

¹Physical-technical Institute of the NAS of Belarus

²Belarusian National Technical University

Minsk, Belarus

Abstract. The results of a study of the structure and magnetic resonance properties of a 07C11-KB mixed fabric modified with titanium clusters are presented. The studies were carried out using a scanning electron microscope MIRA 3 and an EMR analyzer “Minsk 22”.

Key words: surface morphology, magnetic resonance properties.

Адрес для переписки: Щербакова Е.Н., пр. Независимости, 65, г. Минск 220013, Республика Беларусь
e-mail: scherbakova@bntu.by

В последнее время в мире большое внимание уделяется разработкам композиционных материалов (на основе тканей), поглощающих электромагнитное излучение [1]. Высокотехнологические ткани для специальной и фирменной одежды входят в систему приоритетов многих компаний («Моготекс», «Kufner», «Метакрон», «Rayen SA»).

В данной работе модификация смесовой ткани осуществлялась кластерами титана. Процесс проходил в вакууме с использованием источника стационарной металлической плазмы (титан), работающего в режиме сепарации. Покрытие наносилось на смесовую ткань 07C11-KB (производитель «Моготекс»).

Поскольку температура покрытия при его формировании на поверхности основы может достигать нескольких сотен градусов Цельсия, то процесс осуществлялся путем чередования периодов работы источника плазмы (продолжительность составляла 1 минуту) и паузы для охлаждения ткани (1 минута).

Предварительно перед формированием покрытий поверхность тканей обрабатывалась высокоэнергетичными ионами аргона для удаления органических загрязнений в течение 15 минут при следующих параметрах: давление аргона в вакуумной камере порядка $3,2 \cdot 10^{-2}$ Па, ускоряющее напряжение 2000 В, ионный ток 40 мА.

Исследования структуры синтезированных материалов производилось с использованием растрового электронного микроскопа MIRA 3.

Исследования элементного состава образцов проводились с помощью системы энергодисперсионного (EDS) микроанализа, установленной на сканирующем электронном микроскопе MIRA 3. Полученные спектры, свидетельствующие о наличии в образцах титана, представлены на рис. 1.

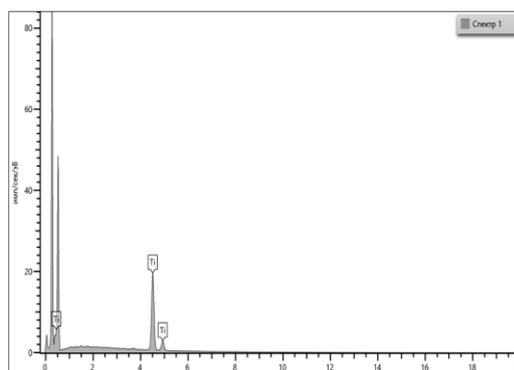
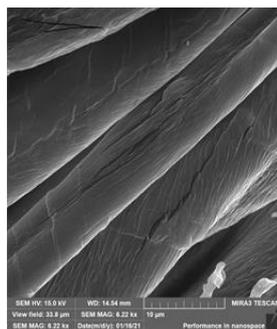
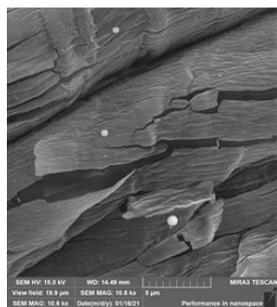


Рисунок 1 – Элементный состав покрытия, нанесенного на поверхность ткани 07C11-KB

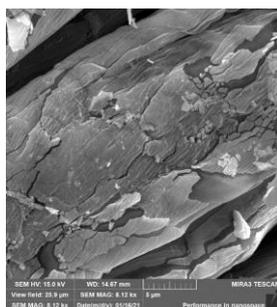
Результаты исследования морфологии покрытия, нанесенного на поверхность ткани 07C11-KB, представлены на рис. 2.



а



б



в

Рисунок 2 – Морфология покрытия, нанесенного на поверхность ткани 07С11-КВ

Как следует из рис. 2, а, нанесенное покрытие однородно покрывает поверхность ткани. Размер филамента ткани с покрытием составляет примерно 8 мкм.

Из рис. 2, б следует, что при нанесении покрытия формируется капельная фаза. Капли различаются по размеру, размеры капель варьируются от 0,3 до 0,5 мкм.

На рис. 2, в представлены дефекты покрытия, неоднородные по толщине, состоящие из отдельных кусочков, разделенных между собой трещинами. По-видимому, при формировании покрытия возникают упругие напряжения в системе подложка – осажденное титановое покрытие, приводящее к его растрескиванию.

Исследования магнитного резонанса проводились на специализированном малогабаритном анализаторе ЭМР «Минск 22» при комнатной температуре. Рабочая длина волны – 3 см. Максимальное значение индукции магнитного поля – 450 мТл, частота модуляции – 30 кГц. Для калировки интенсивности сигналов объектов исследования использовался образец из монокристалла рубина ($\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}^{3+}$). В процессе измерений дополнительный контроль стабильности работы спектрометра осуществлялся путем измерения калибровочного материала двухвалентного марганца ($\text{MgO}:\text{Mn}^{2+}$) [2].

На рис. 3 представлен спектр ЭМР смесовой ткани с покрытием.

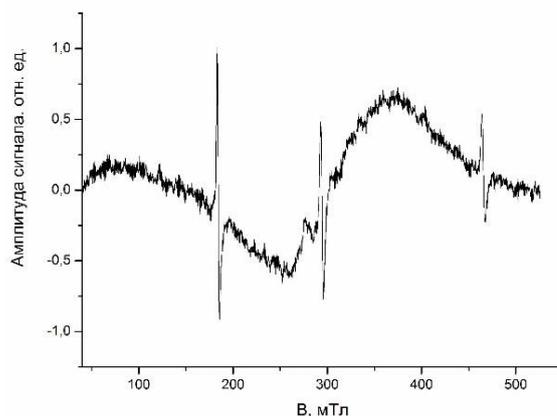


Рисунок 3 – Спектр ЭПР системы смесовая ткань – титановое покрытие

На спектре проявляется широкая неоднородно уширенная резонансная линия в области эффективного g -фактора $2,3 \pm 0,1$. Ширина линии составляет 120 мТл, что связано с прямым взаимодействием атомов титана с поверхностными центрами полимерной ткани в процессе формирования композита. Из соотношения интенсивностей сигналов заполненного резонатора и калибровочного образца следует, что нерезонансное поглощение электрической компоненты электромагнитного поля незначительно.

Литература

1. Бондарчук, М. М. Подходы к классификации технического текстиля / М. М. Бондарчук // Проблемы современной науки и образования. – 2015. – № 11. – С. 95–99.
2. Морфология поверхности и магниторезонансные свойства лавсана, модифицированного кластерами стали ионно-плазменным воздействием / А. Г. Анисович [и др.] // Литье и металлургия. – 2019. – № 3. – С. 142–146.