

Рисунок 2 – Распределение химических элементов вблизи границы раздела:
1 – Ag; 2 – Cu.

Заключение. Результаты технологических и конструкторских разработок реализованы в виде линии для сборки биметаллической заготовки, ее прокатки и волочения. Новая технология обеспечивает существенное улучшение потребительских свойств готовой продукции, позволяет полностью обеспечить потребности медицинских учреждений Республики Беларусь и других стран в биметаллической проволоке для производства внутриматочных спиралей.

Список литературы

1. Клубович В.В., Рубаник В.В., Царенко Ю.В. Волочение проволоки в ультразвуковом поле с электроконтактным нагревом // В.В. Клубович, В.В. Рубаник, Ю.В. Царенко / Тематический сборник научных трудов МИСиС: Интенсификация технологических процессов в ультразвуковом поле – Москва: Металлургия, 1986. – С. 77–81.
2. Клубович В.В. Ультразвуковая обработка материалов / В.В. Клубович, А.В. Степаненко – Минск: Наука и техника, 1981. – 295 с.
3. Кулемин А.В. Ультразвук и диффузия в металлах / А.В. Кулемин. – Москва: Металлургия, 1978. – 200 с.
4. Клубович В.В., Рубаник В.В., Царенко Ю.В., Дородейко В.Г., Рубаник В.В. мл., Мосин А.В., Новиков В.Ю. Технология изготовления биметаллической Cu-Ag проволоки для внутриматочных спиралей / Актуальные проблемы прочности: материалы докладов 53 Международной научной конференции, Витебск, 2-5 октября 2012 г., в 2-ч., Ч. 2 // УО «ВГТУ». – Витебск : УО «ВГТУ», 2012. – 206 с., С. 148-150.
5. Журавлев, Ю.В. Внутриматочная контрацепция / Ю.В. Журавлев, В.Г. Дородейко, Л.Я. Супрун. – Витебск: УО «ВГМУ», 1997. – 110 с.

МОРФОЛОГИЯ ПОВЕРХНОСТИ ТКАНИ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ПОКРЫТИЕМ, ПОЛУЧЕННЫМ ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫМ МАГНЕТРОННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ

Клубович В.В.1, Башметов В.С.2, Завадич В.П.3

1ГНУ «Институт технической акустики Национальной академии наук Беларуси»

г. Витебск, Беларусь, ita@vitebsk.by

2УО «Витебский государственный технологический университет»

г. Витебск, Беларусь, vstu@vitebsk.by

3ООО «ЭЛКОМ»

г. Витебск, Беларусь

Современные тенденции применения нанотехнологий в сфере текстиля, в том числе, связаны с улучшением свойств изделий с помощью нанопокровтий. В этом случае на текстиль наносятся покрытия в микронных и субмикронных диапазонах. В настоящее время все более актуальной становится необходимость производства и использования металлизированных текстильных материалов. Это вызвано резким увеличением

источников электромагнитного «загрязнения» окружающей среды, что приводит к функциональным и клиническим нарушениям различных систем организма человека [1].

Получение металлизированного текстиля, обладающего высокими механическими и электрофизическими свойствами, достаточно сложная задача. Структурные и физико-химические особенности тканей, как правило, приводят к несплошности покрытия и недостаточной адгезии к субстрату [2].

В работе представлены результаты морфологических исследований поверхности образцов металлизированной плащевой (ПЭ – 47%, х/б – 53%) и подкладочной тканей. Для металлизации использовали метод вакуумно-плазменного магнетронного распыления. Этот метод нанесения покрытий широко применяется в таких наукоемких отраслях как микроэлектроника, оптоэлектроника, оптика, космическая техника и др., где требуется достаточно высокий уровень контроля технологического процесса и высокое качество наносимых пленок [3].

Процесс металлизации ткани осуществляли на предприятии ООО «ЭЛКОМ» на модернизированной вакуумной установке V 8000M [4]. Установка содержит магнетронные распылительные системы (MPC) из шести планарных магнетронов и двух ионных источников (ИИ) ленточного типа с замкнутым дрейфом электронов, размещенных и герметизированных в рабочей камере, систему питания MPC и ИИ, вакуумную систему и систему напуска газа в рабочую камеру, отделенную высоковакуумным затвором от шлюзовой камеры, реверсивную камеру (карман), расположенную с другой стороны рабочей камеры, рамку для обрабатываемых изделий и механизма ее перемещения, системы оптико-спектрального контроля и контроля давления. Управление установки и процесс напыления контролируются с унифицированного пульта, регламентирующего работу вакуумной системы и процесса напыления в полуавтоматическом режиме. Основные технологические режимы отрабатываются автоматически и управляются компьютером с пульта.

В данном исследовании в качестве материала мишеней магнетронов использовались медь и нержавеющая сталь. При этом использовались только две MPC в режиме возвратно-поступательного сканирования рамки с образцами ткани перпендикулярно плоскости мишеней.

Перед нанесением металлических покрытий методом ионной обработки в вакууме осуществлялся процесс ионной очистки ИИ. Он осуществлялся в два этапа. С целью удаления с поверхности, на которую осаждается покрытие, нежелательных веществ (загрязнений) происходила обработка ткани ионами аргона (физическое распыление). Затем проводилась обработка ионами кислорода (химическое травление и активация поверхности) с целью образования летучих соединений со слабосвязанными органическими макромолекулами, удаления с поверхности тонких слоев веществ, адсорбированных из окружающей среды и препятствующих хорошей адгезии осаждаемых покрытий, образования на поверхности активных углеводородных и -ОН- радикалов, обеспечивающих химическую связь с наносимой в последующем металлической пленкой. Такая операция ионной обработки существенно улучшает адгезию пленки с поверхностью ткани.

Параметры ионных пучков и режимы обработки образцов ткани представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Параметры ионных пучков и режимы обработки образцов ткани

Ионы	Ток разряда I, mA	Напряжение Разряда U, В	Плотность ионного тока, J_i mA/cm ²	Средняя энергия ионов, E_i кэВ	Скорость сканирования рамки, sp см/с	Кол-во проходов
Ar	500	2000	3	2	1,5	4
O ₂	400	1800	2,4	1,8	1,5	4

Процесс напыления металлических покрытий на ткань осуществлялся в режиме ионного ассистирования, то есть одновременно с нанесением покрытия происходила ионная бомбардировка растущей пленки ионами аргона с энергией $E_i = 1,5$ кэВ и плотностью тока $j_i = 2$ mA/cm². Данный метод позволяет формировать плотноупакованные, обладающие высокой адгезией к основе покрытия. Рабочее давление в вакуумной камере поддерживалось постоянным $p = 0,3$ Па. Температура образцов в процессе напыления не превышала 50°C.

Параметры и режимы нанесения металлических покрытий на образцы ткани представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Параметры и режимы нанесения металлических покрытий на образцы ткани

Материал мишени	Ток разряда I, А	Напряжение разряда U, В	Мощность разряда P, кВт	Удельная мощность Вт/см ²	Скорость сканиров. см/с	Кол-во проходов
Cu	30	280	8,4	5,4	1,5	15
Fe-Cr	30	300	9	5,8	1,5	15

Исследование морфологии образцов проводили на сканирующем электронном микроскопе высокого разрешения "Mira" фирмы "Tescan" (Чехия). Микроскоп оснащен детекторами вторичных электронов (SE) и обратно отраженных электронов (BSE), которые позволяют проводить исследование образцов в двух режимах. При съемке образцов в режиме вторичных электронов, контраст на изображении создается за счет отражения электронного пучка от поверхности образца. В случае исследования при помощи детектора обратно отраженных электронов (BSE), контраст на картинке создается за счет усредненного атомного номера, и в данных образцах участки с металлическим покрытием выглядят более светлыми по сравнению с материалом без покрытия. На образце с медным покрытием этот контраст виден лучше, чем со стальным покрытием.

Съемка образцов проводилась при ускоряющем напряжении 20 кВ.

Исследование элементного состава проводилось с помощью микрорентгеноспектрального анализатора «INCA 350» фирмы «Oxford Instruments» (Англия). Определяемые элементы от В до U. Минимальный предел обнаружения элемента - 0.5%. Погрешность метода 3-5 относительных процентов.

Для проверки устойчивости к механическому воздействию образцы металлизированной ткани были подвергнуты стирке в теплой воде с хозяйственным мылом, затем промыты в проточной воде.

Анализ микрофотографий металлизированных текстильных тканей (рис.1) позволяет сделать следующие **выводы**:

- структура тканей представляет неупорядоченную волокнистую структуру с плохо контактирующими поверхностями отдельных волокон (рис.1 а, b);

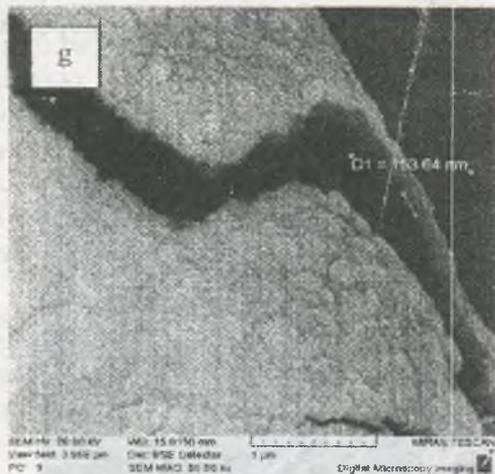
- в результате металлизации тканей методом вакуумно-плазменного магнетронного распыления напылению подвергаются только обращенные к мишени внешние слои, причем волокна покрываются пленкой наполовину своего диаметра. Слои, отстоящие в глубину от поверхности запыляются лишь в местах прямой видимости мишень-подложка (рис.1 с, d, e, f);

- на отдельных волокнах наблюдаются нарушения сплошности покрытий в виде разломов продольных и поперечных трещин (рис.1 g, h, i, j);

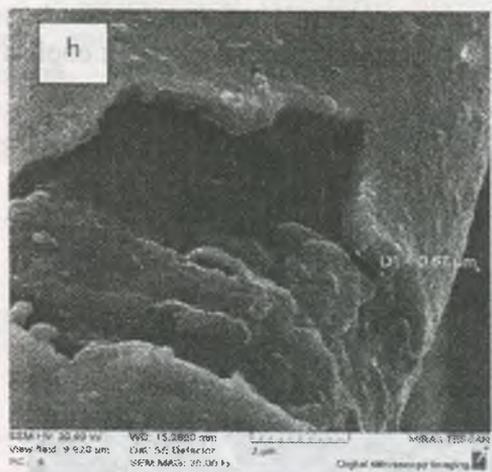
- после механической обработки ткани в горячей воде с хозяйственным мылом на образце со стальным покрытием сохранилось порядка 30% покрытия. В образце с медным покрытием - около 50% покрытия (рис.1 k,l).

Таким образом, результаты морфологических исследований данного вида металлизированных тканей устанавливают существенную роль структурной организации материала для получения качественных металлических покрытий. Дальнейшие исследования должны быть направлены на выбор текстильных тканей с оптимальной

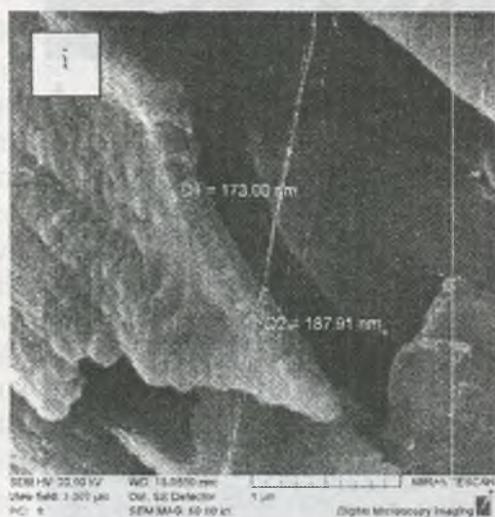
50 000x Сталь



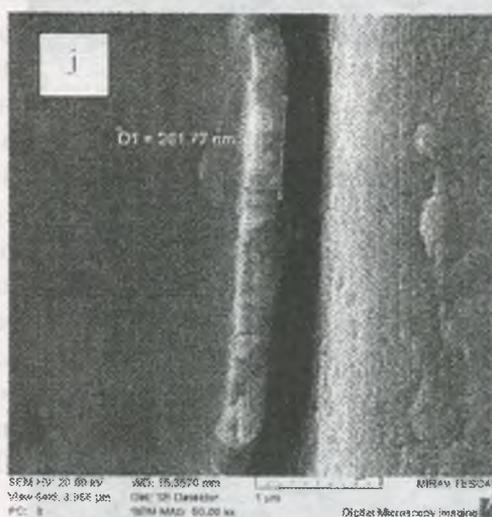
20 000x Медь



60 000x Сталь



50 000x Медь



1000x Сталь



1000x Медь



Рисунок 1 – СЭМ изображения металлизированной ткани.

Список литературы

1. Ziaja J., Koprowska J., Janukiewicz J., Using plasma metallization for manufacture of textile screens against electromagnetic fields. *Fibres and textiles in eastern Europe 2008*. -Vol. 16, №5(70). - pp.64-66.
2. Bula K., Koprowska J., Janukiewicz J. *Textiles in eastern Europe 2006*.- Vol. 14, №5(59).- pp.75-79.
3. Xu Wanjin. Recent developments and applications in magnetron sputtering. *Modern instrument (in Chinese)*, 2005, pp.5-38.
4. Клубович В.В., Башметов В.С., Рубаник В.В., Завадич В.П., Коледа В.В. Морфология поверхности тканей, металлизированных вакуумно-плазменным магнетронным напылением / *Международный симпозиум «Перспективные материалы и технологии»: сборник статей, Витебск, 24-26 мая 2011 г. // УО «ВГТУ». – Витебск : УО «ВГТУ», 2011. -С. 201-206.*