

УДК 677.017

**ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ
НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ,
ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОЧНОСТЬ ОДЕЖДЫ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ***

**MANUFACTURE OF EXPERIMENTAL SAMPLES
OF NANOMODIFIED TEXTILE MATERIALS
AFFECT THE STRENGTH OF SPECIAL-PURPOSE CLOTHING**

*B.B. ХАММАТОВА
V.V. КНАММАТОВА*

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)
(Kazan National Research Technological University)

E-mail: venerabb@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы, связанные с разработкой метода изготовления наномодифицированных натуральных текстильных материалов с использованием коллоидного раствора наночастиц серебра. Исследованы прочность наномодифицированных текстильных материалов, а также эффективность закрепления наночастиц серебра в их поверхностном слое, определено количество элементного серебра на поверхности образцов до и после пяти циклов промывки, что необходимо учитывать при

* Проект выполняется в организации исполнителя (Получателе субсидии) при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в соответствии с требованием соглашения № 14.577.21.0019 о предоставлении субсидии на проведение прикладных научных исследований. Уникальный идентификатор прикладных научных исследований (проекта) RFMEFI57714X0019.

эксплуатации изделий специального назначения. Показатель прочности наномодифицированных суровых и расилхтованных тканей увеличивается как по основе, так и по утку относительно контрольных образцов. Прочность исследуемых текстильных материалов зависит от состава, структуры, их толщины и переплетения.

The article discusses issues related to the development of a method of manufacture nanomodified natural textile materials using colloidal solution of silver nanoparticles. Investigated the strength of nanomodified textile materials, as well as the efficiency of fixation of silver nanoparticles in their surface layer, determined the number of elemental silver on the surface of samples before and after five cycles of washing that must be considered when using the products for special purposes. A measure of the strength of nanomodified harsh and rassledovanij tissues increases as the basis, and duck, relative to control samples. The strength of the investigated textile materials depends on their composition and structure, thickness, and weave.

Ключевые слова: текстильный материал, спецодежда, плазма, наномодифицирование, коллоидный раствор, наночастицы серебра, прочность, промывка, стирка.

Keywords: textile, protective clothing, plasma, nanomodification, kolodny solution, silver nanoparticles, durability, washing.

В настоящее время активно проводятся исследования в области наноматериалов на основе применения наночастиц серебра. Большое внимание уделяется функциональной активности наночастиц серебра с точки зрения придания как бактерицидных, так и бактериостатических свойств различным материалам и изделиям из них. Эти свойства делают незаменимыми данные наномодифицированные текстильные материалы для производства спецодежды.

Разработка и изготовление экспериментальных образцов текстильных материалов с антибактериальными свойствами путем наномодифицирования их коллоидным раствором наночастиц серебра и обработки потоком неравновесной низкотемпературной плазмы (ННТП) пониженного давления является актуальной задачей при производстве одежды специального назначения [1], [2].

Включение плазменной обработки позволяет решить проблему эффективного нанесения антибактериального препарата на поверхность материалов натурального и смесового состава, а также устойчивого закрепления нанесенного в процессе наномодификации антибактериального вещества на поверхности текстильного материала.

Изготовление антибактериальных текстильных материалов для спецодежды вызвано необходимостью принятия новых профилактических и санитарно-гигиенических мер в связи с ухудшающимся экологическим состоянием окружающей среды и снижением уровня иммунитета у населения. Анализ рынка показал, что приоритетное направление в развитии производства антибактериального текстиля занимают нетканые материалы для изготовления одноразовой медицинской одежды и белья, а также трикотажные материалы для производства термобелья и спортивной одежды [3], [4].

С целью импортозамещения на российском рынке антибактериальных текстильных материалов для спецодежды с содержанием натуральных волокон зарубежного производства, а также в связи с возрастающим спросом населения на данные группы товаров актуальной задачей для российских производителей является внедрение процесса наноструктурирования потоком ННТП пониженного давления уже производимых текстильных волокнистых материалов, а затем и придания им антибактериальных свойств.

Антибактериальные препараты на основе наночастиц серебра обладают фунгицидным действием при концентрации 0,1 мг/дм³ [5]. Они наиболее эффективны для уничтожения болезнетворных микроорганизмов с частицами серебра размером 9...15 нм, имеют чрезвычайно большую удельную площадь поверхности, что увеличивает область контакта серебра с бактериями, значительно улучшая его бактерицидные действия [6].

Изготовление экспериментальной партии образцов осуществлялось нами с целью проверки работоспособности натуральных текстильных материалов, обеспечивающих прочностные свойства текстильных материалов за счет воздействия коллоидным раствором наночастиц серебра, который применяется для наномодифицирования тканей.

Технология наномодифицирования экспериментальной партии образцов текстильных материалов включала два основных этапа.

1. Получение коллоидного раствора наночастиц серебра.

2. Заполнение пористой структуры материалов коллоидным раствором наночастиц серебра с целью повышения комплекса механических и бактерицидных свойств.

Получение коллоидного раствора наночастиц серебра, который состоит из нитрата серебра AgNO₃, аммиака водного NH₄OH, воды бидистиллированной, полиакриловой кислоты и полиакрилата натрия, осуществляли по экспериментальной технологии, разработанной в Казанском национальном исследовательском технологическом университете.

Объектом исследования и наномодифицирования служили ткань "Премьер Cotton 300", артикул 10408, состав хлопок 100%, пропитанная маслородоотталкивающей пропиткой, и ткань "Премьер Комфорт 250А" с пропиткой StopOil + маслородоотталкивающая пропитка, артикул 18422 а/Х-М, состав 80% хлопка + 20% п/э + антистатическая нить.

Пропитка наноструктурированных текстильных материалов коллоидным раствором наночастиц серебра осуществлялась посредством полного помещения каждой партии в раствор антибактериального препарата. Время пропитывания варьировалось в диапазоне 5...7 минут, температура раствора поддерживалась 20...24°С. После пропитки образцов текстильных материалов их извлекали из коллоидного раствора наночастиц серебра и закрепляли потоком ННТП.

Исследования экспериментальной партии образцов проводили с целью определения фактических (достигнутых) характеристик свойств до и после их наномодифицирования.

Для оценки прочности по основе и по утку (Н, даН) экспериментальной партии наномодифицированных образцов натуральных текстильных материалов использовали стандартный метод измерения в соответствии с ГОСТом 29104.4–91. Ткани технические. Метод определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве, с помощью автоматической разрывной машины МТ110-5 [7].

Технология изготовления наномодифицированных экспериментальных образцов текстильных материалов производилась двумя методами:

Ткань суровая

Метод I *Наноструктурированная суровая ткань* – расшлихтовка – пропитка и крашение – наномодифицирование коллоидным раствором наночастиц серебра – нахождение оптимальных режимов наномодифицирования для закрепления частиц наносеребра

Ткань расшлихтованная

Метод II *Наноструктурированная расшлихтованная ткань* – пропитка и крашение – наномодифицирование коллоидным раствором наночастиц серебра – нахождение оптимальных режимов наномодифицирования для закрепления частиц наносеребра

Результаты исследования экспериментальной партии контрольных и наномодифицированных образцов текстильных материалов для специальной одежды с содержанием натуральных волокон представлены на рис. 1 (диаграмма изменения разрывной нагрузки изготовленной экспериментальной партии образцов ткани "Премьер Cotton

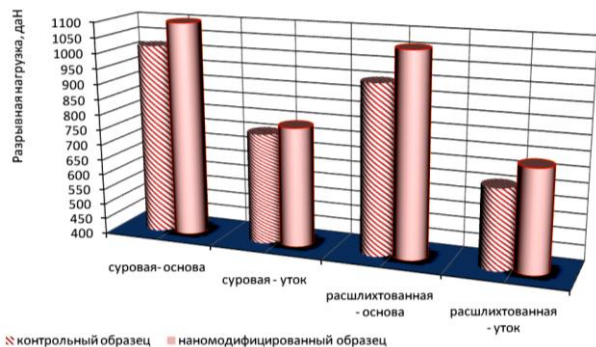


Рис. 1

На основе проведенных исследований установлено (рис. 1 и 2), что максимальные показатели прочности текстильных материалов увеличиваются в результате наномодифицирования коллоидным раствором наночастиц серебра и ННТП обработки. При расходе газа $G_{\text{воздух}} = 0,04$ г/с, давлении в вакуумной камере $P_k = 21$ Па, потребляемой мощности $P_{\text{потр}} = 3,5$ кВт и времени обработки $\tau = 1$ м/мин в плазмообразующем газе воздух. При этом разрывная нагрузка в суровой ткани "Премьер Cotton 300" повышается до 12% по основе и до 10% по утку, в наномодифицированных тканях после расшлифовки прочность повышается до 17% по основе и до 15% по утку относительно контрольных образцов.

Исследования прочности наномодифицированной суровой ткани "Премьер Комфорт 250А" показали (рис. 2), что данный показатель выше на 40% по основе и на 36,3 % по утку, а в наномодифицированных тканях после расшлифовки прочность повышается до 17% по основе и до 10% по утку относительно контрольных образцов. Прочность представленных текстильных материалов зависит от состава, толщины и их переплетения, что приводит к уплотнению структуры целлюлозосодержащих волокон и лучшему закреплению

300" с пропиткой, артикул 10408, состав – 100% хлопка) и рис. 2 (диаграмма изменения разрывной нагрузки изготовленной экспериментальной партии образцов ткани "Премьер Комфорт 250А" с пропиткой, артикул 18422 а/Х-М, состав 80% хлопка + 20% п/э + антистатическая нить).

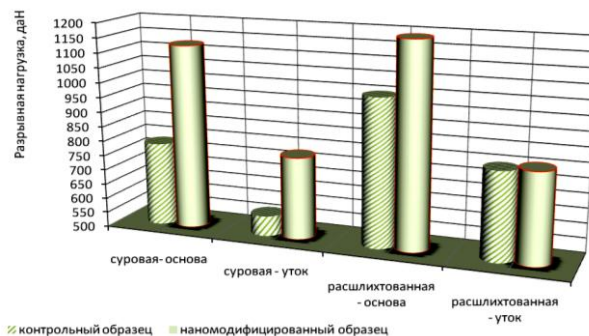


Рис. 2

коллоидного раствора наночастиц серебра в межволоконном пространстве.

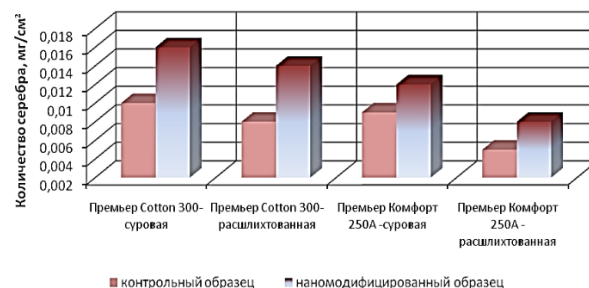
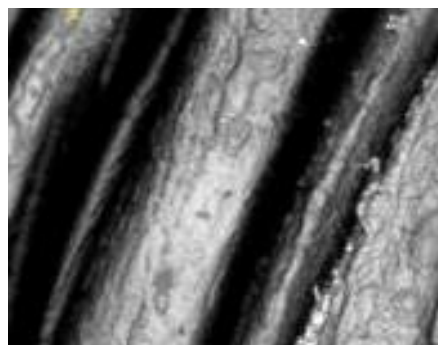


Рис. 3

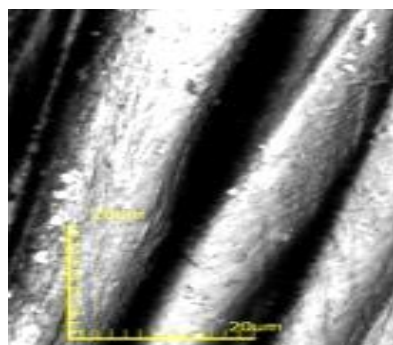
Влияние ННТП пониженного давления на эффективное закрепление наночастиц серебра в поверхностном слое наномодифицированных текстильных материалов "Премьер Cotton 300", артикул 10408 и ткани "Премьер Комфорт 250А", артикул 18422 а/Х-М определяли по количеству элементного серебра на поверхности образцов до и после пяти циклов промывки (рис. 3 – количество серебра на поверхности наномодифицированных и контрольных образцов текстильных материалов после пяти циклов промывки ткани "Премьер Cotton 300", артикул 10408 и ткани "Премьер Комфорт 250А", артикул 18422 а/Х-М и применения ННТП обработки; режим ННТП обработки: $P_k = 20...22$ Па;

$W_p=3,5\text{кВт}$; $\tau=1\text{м/мин}$; $G_{\text{возд}}=0,04\text{г/с}$, а также распределения наночастиц серебра на поверхности материалов (рис. 4, 5).

На рис. 4 представлены микрофотографии поверхности хлопковых волокон ткани "Премьер Cotton 300", артикул 10408



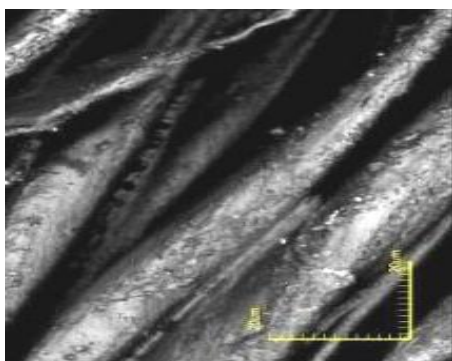
а)



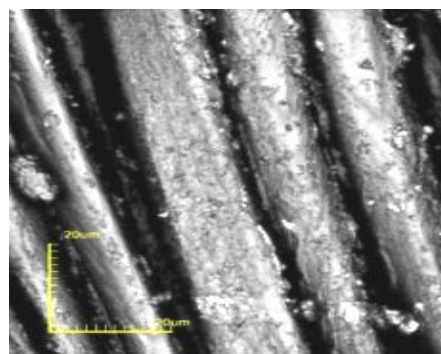
б)

Рис. 4

На рис. 5 представлены микрофотографии поверхности хлопковых волокон + п/э + антистатическая нить ткани "Премьер Комфорт 250А", артикул 18422 а/Х-М ($\times 10000$): а) – исходного образца; б) – об-



а)



б)

Рис. 5

Повторная ННТП обработка приводит как к дополнительному "вбиванию" наночастиц серебра в поверхность материалов за счет ионной бомбардировки, что способствует физической адсорбции наночастиц металла в приповерхностных слоях тканей, так и к формированию поверхностной сетки за счет присутствия плазмообразующего газа, способного в ионизированном состоянии взаимодействовать с образовавшимися за счет ионной бомбардировки свободными радикалами в поверхностном слое волокнообразующих полимеров.

($\times 10000$): а) – исходного образца; б) – образца, наномодифицированного наночастицами серебра с применением ННТП обработки; режим ННТП обработки: $P_k=20...22$ Па; $W_p=3,5$ кВт; $\tau=1$ м/мин; $G_{\text{возд}}=0,04$ г/с.

разца, наномодифицированного наночастицами серебра с применением ННТП обработки; режим ННТП обработки: $P_k=20...22$ Па; $W_p=3,5$ кВт; $\tau=1$ м/мин; $G_{\text{возд}}=0,04$ г/с.

Как видно из рис. 3, исходное содержание наночастиц серебра в наномодифицированных образцах текстильных материалов после их пяти промывок составляет для суровых тканей "Премьер Cotton 300", артикул 10408 – $0,016$ мг/см², для "Премьер Комфорт 250А", артикул 18422 а/Х-М – $0,010$ мг/см². Исследования расшлихтованных тканей показали, что в суровой ткани "Премьер Cotton 300", артикул 10408 – $0,014$ мг/см², для "Премьер Комфорт 250А", артикул 18422 а/Х-М – $0,008$ мг/см². Количество серебра, оставшегося на поверхности контрольных образцов ма-

териалов после пяти циклов их промывки, ниже на 30...40%.

Влияние эффективности ННТП обработки ткани "Премьер Cotton 300", артикул 10408 и ткани "Премьер Комфорт 250А", артикул 18422 а/Х-М до пропитки раствором наночастиц серебра, а затем после окончательной обработки ННТП пониженного давления с целью закрепления наночастиц серебра в поверхностном слое материалов представлено на рис. 4 и 5.

Изображения поверхности волокон образцов ткани "Премьер Cotton 300", артикул 10408 и ткани "Премьер Комфорт 250А", артикул 18422 а/Х-М до и после их наномодифицирования коллоидным раствором наночастиц серебра с применением плазменной обработки получены методом сканирующей электронной микроскопии на конфокальном лазерном сканирующем микроскопе "Olympus OLS LEXT 4000", поскольку позволяет измерять лабораторные образцы с наклоном до 85° и общий диапазон увеличений составляет до 17280 крат. Разрешение по горизонтали – до 120 нм, по вертикали – до 10 нм.

Полученные изображения поверхности образцов текстильных материалов с содержанием натуральных хлопковых волокон, наномодифицированных коллоидным раствором наночастиц серебра с применением плазменной обработки (рис. 4-б и 5-б), подтверждают наличие на поверхности волокон наночастиц серебра. Кроме того, с помощью полученных микрофотографий можно утверждать о достаточно равномерном распределении наночастиц серебра по поверхности наномодифицированных волокон, что должно обеспечить одинаковое проявление антибактериальной активности наномодифицированных текстильных материалов "Премьер Cotton 300", артикул 10408 и ткани "Премьер Комфорт 250А", артикул 18422 а/Х-М по всей их площади.

ВЫВОДЫ

1. Таким образом, установлено, что максимальные показатели прочности текстильных материалов увеличиваются в результате

наномодифицирования коллоидным раствором наночастиц серебра и ННТП обработки в суровой и расшлихтованной ткани "Премьер Cotton 300" от 12 до 17% по основе и от 10 до 15% по утку относительно контрольных образцов. Исследования прочности наномодифицированной суровой и расшлихтованной ткани "Премьер Комфорт 250А" показали, что данный показатель выше: от 17 до 40% по основе и от 10 до 36,3% по утку относительно контрольных образцов. Прочность исследуемых текстильных материалов зависит от состава и их структуры, толщины и переплетения.

2. Установлено, что для устойчивого закрепления и равномерного распределения наночастиц серебра на поверхности текстильных материалов "Премьер Cotton 300", артикул 10408 и ткани "Премьер Комфорт 250А", артикул 18422 а/Х-М целесообразно проводить их обработку в потоке ННТП пониженного давления. Обработку материалов потоком ННТП пониженного давления целесообразно осуществлять в режиме $P_k=20...22$ Па; $W_p=3,5$ кВт; $\tau=1$ м/мин; $G_{возд}=0,04$ г/с, что препятствует вымыванию наночастиц серебра с поверхности исследуемых текстильных материалов в процессе их эксплуатации и стирки одежды специального назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хамматова В.В., Разумеев К.Э., Абдуллин И.Ш. Разработка инновационных технологий производства многофункциональных натуральных материалов с управляемой микроструктурой. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2015.
2. Хамматова В.В., Разумеев К.Э., Абдуллин И.Ш. Наномодифицирование кожевенных материалов для повышения стойкости к биоразрушению // Кожевенно-обувная промышленность, – 2015, № 2. С. 15...18.
3. Сулейманова Г.В., Зиятдинова А.И. Инновационные технологии в производстве изделий легкой промышленности для активного отдыха // Вестник Казанского технологического университета. – 2012, №13. С. 673...675.
4. Колесников Н.В., Веселова И.В., Хозова Л.М. Антимикробные трикотажные полотна для высококомфортных бельевых и спортивных изделий // Текстильная промышленность – 2010, № 5 (683). С. 48...49.

5. Букина Ю.А., Сергеева Е.А. Современные материалы для производства спортивной одежды и термобелья // Вестник Казанского технологического университета. – 2013, №9. С. 112...114.

6. Chen X., Schluesener H.J. Nanosilver: a nano-product in medical application // Toxicology letters. – Vol. 176, № 1, 2008. P. 1...12.

7. Хамматова Э.А. Повышение механических свойств многофункциональных текстильных материалов для производства изделий специального назначения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №5. С. 44...48.

REFERENCES

1. Hammatova V.V., Razumeev K.Je., Abdullin I.Sh. Razrabotka innovacionnyh tehnologij proizvodstva mnogofunkcional'nyh natural'nyh materialov s upravljajemoj mikrostrukturoj. – Kazan': Izd-vo KNITU, 2015.

2. Hammatova V.V., Razumeev K.Je., Abdullin I.Sh. Nanomodificirovanie kozhevennyh materialov dlja povyshenija stojkosti k biorazrusheniju // Kozhevenno-obuvnaja promyshlennost', – 2015, № 2. S. 15...18.

3. Sulejmanova G.V., Zijatdinova A.I. Innovacionnye tehnologii v proizvodstve izdelij legkoj promyshlennosti dlja aktivnogo otdyha // Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta. – 2012, №13. S. 673...675.

4. Kolesnikov N.V., Veselova I.V., Hozova L.M. Antimikrobnye trikotazhnye polotna dlja vysokokomfortnyh bel'evykh i sportivnykh izdelij // Tekstil'naja promyshlennost' – 2010, № 5 (683). S.48...49.

5. Bukina Ju.A., Sergeeva E.A. Sovremennye materialy dlja proizvodstva sportivnoj odezhdy i termobel'ja // Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta. – 2013, №9. S. 112...114.

6. Chen X., Schluesener H.J. Nanosilver: a nano-product in medical application // Toxicology letters. – Vol. 176, № 1, 2008. P. 1...12.

7. Hammatova Je.A. Povyszenie mehanicheskikh svojstv mnogofunkcional'nykh tekstil'nykh materialov dlja proizvodstva izdelij special'nogo naznachenija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, №5. S. 44...48.

Рекомендована кафедрой дизайна. Поступила 01.02.16.