

УДК 677.017

**ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ,
ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СПЕЦИАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ***

**ELECTROPHYSICAL METHODS
OF NANOSTRUCTURING TEXTILE MATERIALS USED
IN THE PRODUCTION OF SPECIAL CLOTHING**

Р.Ф. ГАЙНУТДИНОВ, В.В. ХАММАТОВА
R.F. GAINUTDINOV, V.V. KHAMMATOVA

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)
(Kazan National Research Technological University)
E-mail: venerabb@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы, связанные с разработкой электрофизического метода наноструктурирования натурального текстильного материала из хлопка с использованием потока неравновесной низкотемпературной плазмы пониженного давления. Исследованы механиче-

* 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.

ские характеристики, необходимые при эксплуатации изделий специального назначения.

The article discusses issues related to the development of the electrophysical method of nanostructuring of natural textile material cotton thread use a nonequilibrium low-temperature plasma of low pressure. Study of the mechanical properties necessary in the operation of the products for special purposes.

Ключевые слова: плазма, прочность, наноструктурирование, специальная одежда, текстильный материал, хлопок.

Keywords: plasma, strength, nanostructuring, special clothing, textile material, cotton.

В современных условиях производства текстильных материалов важным направлением является выпуск продукции высокого качества в результате применения современных технологий обработки натуральных материалов легкой промышленности. В настоящее время в текстильном производстве традиционный текстиль уходит в прошлое, а его место занимает "умный" текстиль специального назначения, для получения которого используют наукоемкие технологии. Нанотехнологии позволили создать токопроводящие текстильные материалы, которые оказались востребованными не только для военного назначения, но и во многих отраслях мирной жизни. В связи с этим особую значимость приобретают электрофизические поверхностные методы наноструктурирования текстильных материалов как наиболее эффективные и экономичные способы улучшения механических и физических свойств натуральных материалов [1]. К ним относятся следующие методы воздействия: электрического или оптического излучения, электрического тока и его разрядов, электромагнитного поля, а также плазменной струи [2, с.51]. Особенностью электрофизических методов наноструктурирования текстильных материалов является то, что электрическая энергия используется без промежуточного ее преобразования в другие виды энергии непосредственно в рабочей зоне через тепловое, химическое, механическое воздействие [3].

С целью интенсификации ряда технологических процессов текстильного произ-

водства и управления их микроструктурой для улучшения физико-механических свойств применяется ультразвуковая или магнитная обработка. Обработку хлопкового волокна проводили на лабораторной ультразвуковой установке ИЛ-100-6/6 с частотой 22 кГц в течение 1...10 мин. С целью получения высокой капиллярности для хлопкового волокна требуется более длительное ультразвуковое воздействие и введение в раствор поверхностно-активных веществ [4, с.51].

Исследовано влияние ультразвука на свойства хлопчатобумажной ткани, ее гидрофильность, прочность и степень расшлихтовки. Отмечалось, что применение ультразвука не снижало активности амилазы и оказывало значительное влияние на гидрофильность ткани. Исследования проводили на ультразвуковой машине фирмы AGS Group [5, с.3-4].

В результате предварительных исследований известно, что наноструктурирование льняных тканей в низкотемпературной плазме тлеющего разряда позволяет существенно увеличить их капиллярность [6...10]. Наноструктурирование суровой ткани, обработанной плазмой, показало, что количество фиксированного красителя возрастает в три раза по сравнению с фиксацией красителя исходным образцом.

Таким образом, низкотемпературная плазма тлеющего разряда при взаимодействии с натуральными капиллярно-пористыми материалами обеспечивает эффекты интенсивной очистки и травления поверхности.

Одним из современных методов электрофизического наноструктурирования поверхности текстильных материалов является их обработка в потоке неравновесной низкотемпературной плазмы (ННТП) пониженного давления, которая используется для повышения свойств текстильных материалов [11].

В данной работе проведены исследования влияния неравновесной низкотемпературной плазмы (ННТП) пониженного давления на разрывную нагрузку и относительное разрывное удлинение текстильных материалов с содержанием натуральных волокон.

Обработка экспериментальных образцов наноструктурированных целлюлозо-содержащих текстильных полотен осуществлялась на уникальной полупромышленной установке периодического действия Центра коллективного пользования КНИТУ. Плазменная установка ВАТТ 1500 Р/Р ПЛАЗМА 3 (рис. 1) состоит из следующих основных частей: вакуумная камера с внутренней оснасткой (1), размещенная на едином рамном основании (2), откатная дверь с тележкой (3), на которой базируется машина для перемотки тканей (4), системы вакуумной откачки (5) на базе патрубков DN160 ISO-F (6), система охлаждения на базе ВМТ-20, высокочастотный генератор (ВЧ-генератор) и пульт управления.

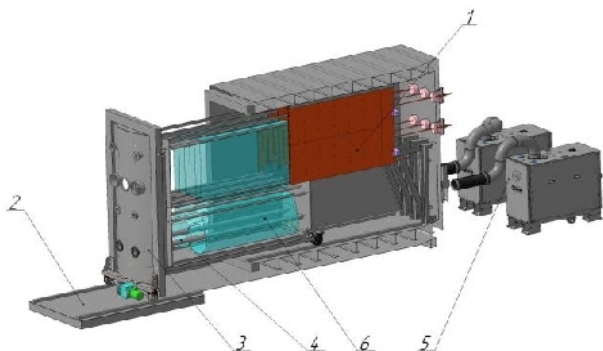


Рис. 1

Наноструктурирование текстильных материалов проводили следующим образом. Рулон исходного материала устанавливали внутри вакуумной камеры и протягивали через перемоточные валы на приемный вал для перемотки рулонного материала, уста-

навливали между ВЧ-электродами в вакуумной камере, затем вакуумная камера закрывалась. При закрытии крышки вакуумной камеры с помощью откатной двери электроды устанавливались в рабочее положение. В камере создавалось пониженное давление и происходила обработка в потоке неравновесной низкотемпературной плазмы.

Данная установка является однокамерной установкой периодического действия. Питание установки осуществляется от сети переменного тока напряжением 380/220 В \pm 5%, частотой 50 Гц. Объемная обработка текстильных материалов из натуральных волокон осуществлялась при варьировании входных параметров плазменной установки, к которым относятся: мощность разряда (P_p)=0,2 - 2,0 кВт, расход плазмообразующего газа (G) от 0 до 0,08 г/с, давление в вакуумной камере (P) от 13 до 53 Па и время обработки (τ) от 1 до 3 метров в минуту, мощность, потребляемая установкой ($P_{потр}$), от 1,0 до 5,0 кВт. В качестве плазмообразующего газа использовали воздух.

Изменяя параметры электрического разряда и вид плазмообразующего газа, можно управлять составом химически активных частиц и, следовательно, характером воздействия ННТП обработки на текстильный материал. Сильная неравновесность плазмы, генерируемая ВЧЕ-разрядом пониженного давления с энергией частиц до 100 эВ, приводит к наноструктурированию внутренних и наружных поверхностных слоев текстильных материалов, при этом обрабатываемый в плазме материал остается холодным, что позволяет с помощью плазменного потока получать эффекты, недостижимые другими видами плазменного воздействия.

Объектом исследования являлась парусина полувельветная окрашенная артикул 11292, пропитанная огнезащитной ОП и светопроочной комбинированной пропиткой (водоупорной и биостойкой).

Одним из основных показателей, определяющих качество наноструктурированных тканей для специальной одежды с содержанием натуральных волокон, являются механические характеристики, такие

как разрывная нагрузка и относительное разрывное удлинение. Стандартный метод экспериментальной оценки разрывной нагрузки материалов (ГОСТ 3813–72) позволяет определить их выносливость, то есть устойчивость к действию многоцикловых нагрузок.

Экспериментальные исследования разрывной нагрузки парусины полульняной с огнезащитной ОП пропиткой (артикул

11292) и видов обработки ННТП проводили с применением современного оборудования – разрывной машины МТ110-5. Результаты исследований представлены на рис. 2 (разрывная нагрузка полульняной парусины с огнезащитной ОП пропиткой (артикул 11292) и видов обработки ННТП: ННТП обработка: $G_{\text{воздух}} = 0,04$ г/с, $f=50$ МГц, $P = 21$ Па, $P_{\text{потр}} = 3,5$ кВт, $\tau=1$ м/мин).

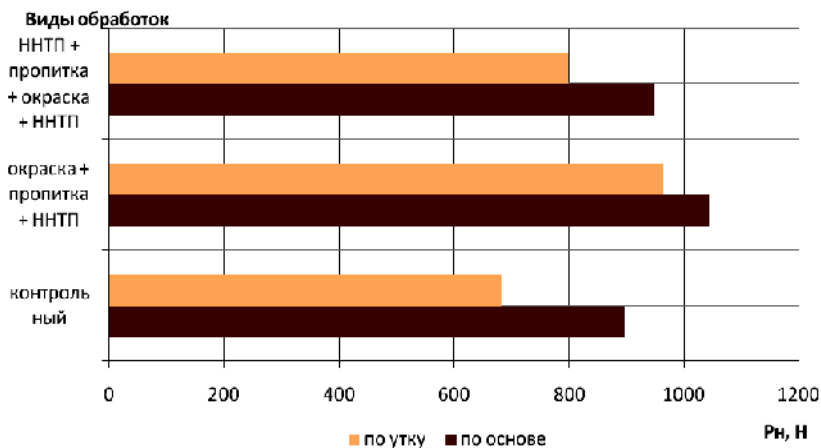


Рис. 2

На основе проведенных исследований установлено, что максимальные показатели прочности полульняной парусины с огнезащитной ОП пропиткой достигаются в результате обработки ННТП после их окраски и огнезащитной пропитки, при времени обработки 1 м/мин в плазмообразующем газе воздух: 16,27% – по основе и 41,37% – по утку ткани относительно контрольных образцов, что связано с упорядочиванием структуры целлюлозосодержащих волокон и повышением их кристаллической фазы. В случае применения ННТП до и после пропитки и окраски полульняной ткани показатель выше контрольных образцов на 5,62% – по основе и 17,08% – по утку ткани.

Таким образом, показатель разрывной нагрузки полульняной парусины выше в том случае, когда обработка ННТП производится после окраски и огнезащитной пропитки. ННТП обработка позволяет повысить стабильность красильного состава и степень фиксации красителя и пропитки на волокне.

Данный вид разряда позволяет не только упрочнять исследуемый ассорти-

мент тканей, но и одновременно повышать их относительное разрывное удлинение. Принято определять удлинение при стандартной разрывной нагрузке – приращение длины растягиваемой пробы в момент достижения разрывной нагрузки – экспериментально установленных контрольных и наноструктурированных образцов. Результаты исследований относительного разрывного удлинения от видов обработок представлены на рис. 3 (относительное разрывное удлинение полульняной парусины с огнезащитной ОП пропиткой (артикул 11292) и видов обработки ННТП: ННТП обработка: $G_{\text{воздух}} = 0,04$ г/с, $f=50$ МГц, $P = 21$ Па, $P_{\text{потр}} = 3,5$ кВт, $\tau=1$ м/мин).

Экспериментальные исследования относительной разрывной нагрузки полульняной парусины с огнезащитной ОП пропиткой (артикул 11292) и видов обработки ННТП показали, что максимальные показатели достигаются в результате обработки ННТП как после окраски, так и огнезащитной пропитки ННТП: 40,74% – по основе и 34,44% – по

утку ткани относительно контрольных образцов. В случае выбора метода обработок ННТП до окраски и огнезащитной пропитки парусины, при времени обработки 1 м/мин в плазмообра-

зующем газе воздух: относительная разрывная нагрузка увеличивается на 14,65% – по основе и 8,47% – по утку ткани относительно контрольных образцов.

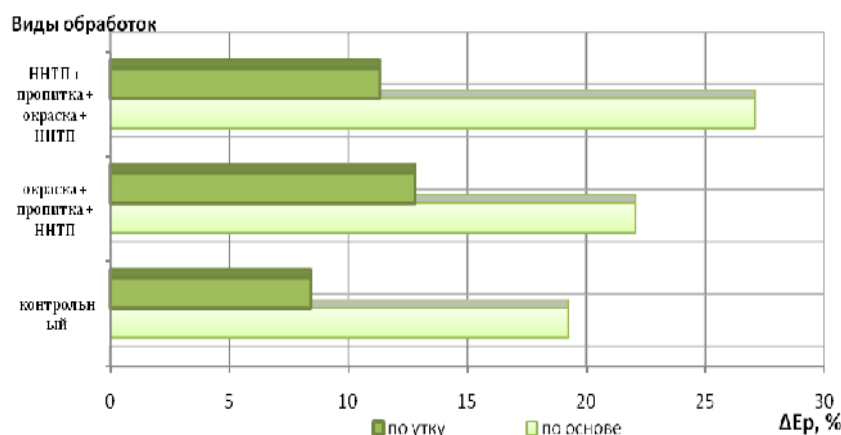


Рис. 3

Ткани, имеющие высокое удлинение при разрыве, обладают, как правило, хорошими эластичностью, несминаемостью, стойкостью к истиранию, что немаловажно для швейных изделий специального назначения. Как и разрывная нагрузка, удлинение при разрыве в значительной степени зависит от качественного состава сырья, из которого выработана ткань.

Таким образом, наноструктурирование полульняной ткани с помощью плазмы резко меняет его поверхностную структуру, увеличивает силы межмолекулярного взаимодействия и при ориентации целлюлозосодержащего полимера за счет упорядочения в расположении молекул и возрастания плотности упаковки молекул. В отличие от традиционных технологий аналогичного назначения плазменная технология придает текстильным материалам требуемые эффекты, не перекрывая капиллярно-пористую структуру волокнистого материала, он остается "дышащим", поскольку его микропоры остаются открытыми для воздухообмена.

Поток неравновесной низкотемпературной плазмы обладает следующими преимуществами: эффективно и устойчиво изменяет поверхностные свойства образца, при этом не ухудшая объемные (в том чис-

ле механические) характеристики, не нагревает материал до температуры, вызывающей его расплавление или деструкцию.

ВЫВОДЫ

1. Наноструктурирование текстильных материалов потоком неравновесной низкотемпературной плазмы пониженного давления является новым перспективным способом наноструктурирования материалов текстильной промышленности, позволяет улучшить их механические свойства. Плазменная технология относится к сухим, экологически чистым процессам, не требующим использования химических реагентов и отвода вредных веществ, поэтому исследование возможностей применения данного способа в процессе производства тканей с содержанием натуральных волокон и нитей является актуальным. В связи с этим проведение исследований по применению плазменного наноструктурирования натуральных текстильных материалов ННТП обработки пониженного давления и рассмотрение вопроса о применении данного метода в процессе их модифицирования является своевременным и актуальным.

2. Максимальные показатели разрывной нагрузки достигаются в результате обработки ННТП как после окраски, так и

огнезащитной пропитки ННТП на 40,74% – по основе и 34,44% – по утку ткани, а относительное разрывное удлинение увеличивается на 14,65% – по основе и 8,47% – по утку относительно контрольных образцов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абдуллин И.Ш., Абуталлипова Л.Н., Желтухин В.С., Красина И.В.* Высоочастотная плазменная обработка в динамическом вакууме капиллярно-пористых материалов. Теория и практика применения. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2004.

2. *Чешкова А.В., Побединский В.С., Лебедева В.И.* Использование ВЧ-нагрева при ферментативной расшлихтовке и перекиси беления тканей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1994, №6. С.51.

3. *Гриневич В.И.* Кинетика и механизм воздействия низкотемпературной плазмы на карбоцепные полимеры: Дис.... канд. хим. наук. – М., 1983.

4. *Шибашов А.В., Телегин Ф.Ю.* Интенсификация удаления сопутствующих примесей хлопкового волокна в процессе беления с ультразвуком // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, № 3. С. 48...51.

5. *Duran K., Korlii A., Perincek S., Bahtiyari I.* Pretreatment of cotton fabric by aid of continuous ultrasonic machine // *Ind. text.* –V. 60, №.1, 2009. P. 3...10.

6. *Оулет Р., Барбье М., Черемисинофф П. и др.* Технологическое применение низкотемпературной плазмы / Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1983.

7. *McCracken G.M.* The behaviour of surface under ion bombardment // *Rep. Progress Physics.* – V. 38, № 2, 1975. P. 241...327.

8. *Тихомиров Л.А., Кияшкина Ж.С.* Исследование действия плазмы газового разряда на каучук СКН-26 // IV Всесоюз. симп. по плазмохимии: тез. докл. – Днепропетровск, 1984. С. 91...92.

9. *Egitto F.D., Matienzo L.J.* Metallized Plastics : Fundamental and Applied aspects // *Contributed Papers of 189 th Meeting of the Electrochemical Society.* – Los Angeles, 1996. P. 283...301.

10. *Arefi F., Tatoulian M., Andre V., Amouroux J., Lorang G.* Metallized Plastics // *Fundamental and Applied Aspect.* – New York: Plenum Press, V. 3, 1992.

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

Рекомендована кафедрой дизайна. Поступила 15.04.15.