

А. А. Азанова, М. А. Вельбой, А. Ю. Иванников,  
Г. Н. Нуруллина

## К ВОПРОСУ ПЛАЗМЕННОЙ МОДИФИКАЦИИ ХЛОПКОВЫХ ВОЛОКОН

*Ключевые слова:* модификация, низкотемпературная плазма, волокно.

*В статье приведены данные исследования хлопковых волокон после обработки низкотемпературной неравновесной плазмой методами электронной микроскопии, рентгеноструктурного анализа, ИК-спектроскопии, термического анализа. Изучена устойчивость эффекта плазменной модификации во времени*

*Keywords:* modification, low-temperature plasma, fiber.

*The results of the study of cotton fibers after treatment with low-temperature nonequilibrium plasma using electron microscopy, ray analysis, infrared spectroscopy and thermal analysis. The stability of the effect of plasma modification time*

### Введение

Обеспечение конкурентоспособности отечественных предприятий легкой промышленности возможно при большей их гибкости и маневренности, систематическом обновлении ассортимента выпускаемой продукции с высокой степенью готовности и с новыми функциональными возможностями, при разработке и внедрении комплекса научных и технологических мероприятий. При создании новых текстильных материалов следует учитывать решение таких вопросов как: новизна материала и его преимущества; качество ткани и ее конкурентоспособность; экономические и экологические аспекты [1]. Одним из перспективных способов модификации материалов легкой промышленности является обработка в неравновесной низкотемпературной плазме (ННТП).

ННТП позволяет изменять свойства очень тонкого приповерхностного слоя материала, сохраняя механические и физико-химические свойства массы полимера. Наиболее приемлемый, с точки зрения достижения эффекта плазменной модификации, без существенной деструкции полимерных соединений, диапазон энергии активных частиц плазмы пониженного давления должен составлять от 1 до 100 эВ. Приведенный выше уровень энергии активных частиц плазмы наиболее оптимально реализуется в потоках неравновесной низкотемпературной плазмы, генерируемой высокочастотными разрядами пониженного давления. Эффект плазмы данного типа разряда определяется химической природой, строением обрабатываемого материала и технологическими параметрами плазмы: концентрацией активных частиц, плотностью тока, природой плазмообразующего газа. Наиболее вероятными процессами, ответственными за модификацию поверхности материала в ВЧ плазме пониженного давления являются бомбардировка ионами (менее 100 эВ) энергии, рекомбинации ионов на поверхности и термическое воздействие. [2].

Плазменная обработка известна как эффективный способ придания обрабатываемым

поверхностям способности мгновенно смачиваться водой и пропиточными составами. Данный эффект плазменной обработки используется для интенсификации и повышения качества проведения процессов в текстильном отделочном производстве. В связи с этим представляло интерес изучение влияния ННТП обработки на основные характеристики хлопкового волокна с целью дальнейшего выявления ее применения в технологических процессах текстильного отделочного производства.

### Объекты и методы исследования

Плазменную обработку волокон и ткани проводили на опытно-промышленной высокочастотной установке в различных режимах ( $I=0,2-0,7A$ ;  $U=1.5-7.5kV$ ) и разных газоразрядных средах (аргон, кислород, азот, воздух). Эффекты плазменного воздействия на материалы оценивались по значениям капиллярности согласно стандартным методам испытаний. Поверхность образцов исследовали с помощью растрового электронного микроскопа PHENOM структуру волокон образцов - рентгенографическим методом с помощью дифрактометра ДРОН-3М, так же снимали ИК-спектры на ИК-Фурье спектрометре Tensor 27. Термический анализ образцов проводили на дифференциальном сканирующем калориметре DSC 823e фирмы METTLER TOLEDO в воздушной (окислительной) среде со скоростью нагревания  $10^0C/мин$ .

### Результаты и их обсуждение

ННТП обработка приводит к изменению микрорельефа поверхности: увеличению количества микротрещин и появлению шероховатости, причем, при использовании в качестве плазмообразующего газа кислорода этот эффект более существенен. Данное обстоятельство связано травлением поверхностных слоев волокна за счет его окисляющего воздействия. Результаты определения массы образцов до и после плазменной обработки в окислительной плазме кислорода показали, чем дольше обрабатывается образец в плазме, тем значительнее потеря массы (табл. 1).

Эффект травления зависит от поверхностной плотности образца: чем меньше поверхностная плотность, т.е. разреженнее материал, тем интенсивнее происходит потеря массы. Обработка образцов в плазме инертного газа аргона не приводит к существенному изменению их массы.

**Таблица 1 - Изменение массы образцов хлопчатобумажных трикотажных полотен после ННТП обработки**

Время обработки, мин.	Изменение массы образца, %	
	арт. М200 (169 г/м <sup>2</sup> )	арт.1724 (276 г/м <sup>2</sup> )
5	-0,64	-0,36
10	-1,44	-0,96
15	-2,12	-1,92
20	-6,74	-3,63

Исследование поверхности трикотажного хлопчатобумажного полотна до и после плазменной обработки методом оптической микроскопии показало, что у обработанных плазмой образцов петля более ровная, четкая; волокна в нити упакованы плотнее, отчетливо прослеживаются петли и протяжки. Плотность по вертикали и по горизонтали, а так же поверхностная плотность образца после плазменной обработки не изменяются. Рентгенографический анализ показал, что спектры исходного и обработанного образцов в целом идентичны, что свидетельствует о их структурной схожести. Незначительное различие наблюдается в угловом интервале 13-18 02 Θ, в котором проявляется два рефлекса с межплоскостным расстоянием 5,9 и 5,4 Å, у обработанного плазмой образца они лучше разрешены и выше степень кристалличности (0,49 по сравнению с 0,42 у исходного), что связано с изменением пространственной упаковки молекул целлюлозы в целом или отдельных звеньев. ИК-спектроскопическое исследование не зарегистрировало заметных различий исходного и обработанного плазмой образцов, что говорит об отсутствии значительных изменений химических свойств поверхности волокон.

Термогравиметрические кривые всех образцов практически идентичны: незначительные потери веса на 3-4% наблюдаются при нагревании до 230-250<sup>0</sup>С, что обусловлено с удалением адсорбционной воды. Заметная потеря веса начинается для исходного и обработанного плазмой образцов при повышении температуры до 280,42<sup>0</sup>С и 279,45<sup>0</sup>С соответственно. Отбеливание и отваривание, повышают начальную температуру разложения материалов: для отбеленного образца она составляет 331,8<sup>0</sup>С, для отваренного – 291,3<sup>0</sup>С. После плазменной обработки структура целлюлозы хлопка практически не изменяется, однако смещение экзотермы в большую сторону, может говорить о структурировании целлюлозы при плазменной обработке. Отбеливание и отваривание вызывают повышение термостабильности хлопка.

Важным фактором, который необходимо учитывать при разработке плазмохимических технологий, является устойчивость придаваемых эффектов [3]. Устойчивость эффекта плазменной модификации оценивали по капиллярности образцов. После плазменной обработки полотна подвергались термическому воздействию, бытовой стирке и кипячению в течение 5 мин. Обобщенный анализ результатов испытаний образцов разных артикулов показал, что все образцы, обработанные в кислороде, сохраняют гидрофильные свойства после всех вышеперечисленных обработок, что объясняется значительной модификацией поверхностных свойств хлопковых волокон. Термическое воздействие (нагревание) приводит к снижению смачиваемости, одной из возможных причин чего является частичное удаление и плавление воскообразных веществ и замасливателей, содержащихся на поверхности волокон, при нагревании, что и приводит к частичному восстановлению гидрофобности поверхности. Бытовая стирка и кипячение не ухудшают смачиваемость, а напротив, в некоторых режимах даже повышают. Это говорит, прежде всего, о том, что после плазменной обработки во время стирки или кипячения ускоряется удаление содержащихся на поверхности волокон замасливателей и восков, что и обуславливает высокую смачиваемость полотен.

Эффект гидрофилизации обработанных ННТП суровых трикотажных полотен достаточно устойчив: наилучшая смачиваемость наблюдается в течение трех-пяти дней, далее наблюдается небольшое снижение эффекта и стабилизация гидрофильных свойств.

## Выводы

ННТП обработка приводит к модификации поверхности волокон хлопка, одной из причин которой является травление поверхности в окисляющей плазме. Структура волокна изменяется незначительно: происходит увеличение кристалличности. ННТП обработка позволяет получать достаточно стабильный устойчивый эффект, который может быть положен в основу промышленных плазменных технологий в текстильном отделочном производстве.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы по соглашению 14.В37.21.2033 от 14 ноября 2012г.*

## Литература

1. Гришанова И.А. Исследование свойств модифицированных полимерных текстильных материалов / И.А. Гришанова, А.А. Азанова, // Вестник Казанского технологического университета, Казань, КНИТУ, Т.15, №21, 2012, С.63-66.

2. Абдуллин И.Ш. Высокочастотная плазменно – струйная обработка материалов при пониженном давлении. Теория и практика применения / И.Ш. Абдуллин, В.С. Желтухин, Н.Ф. Кашапов. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2000. – 348с

3. Шарнина Л.В. Научные основы и технологии отделки текстильных материалов с использованием низкотемпературной плазмы, новых препаратов и способов колорирования: дис. ... докт.тех.наук 05.19.02 / Шарнина Любовь Викторовна. – Иваново, - 2006. – 538с.

---

© **А. А. Азанова** – к.т.н., доцент каф. МТ КНИТУ, [azanovlar@rambler.ru](mailto:azanovlar@rambler.ru); , **М. А. Вельбой** – магистрант КНИТУ; **А. Ю. Иванников** - к.т.н., с.н.с. ФГБУН Институт металлургии и материаловедения им. Байкова РАН, [ivannikov-a@mail.ru](mailto:ivannikov-a@mail.ru); **Г. Н. Нуруллина** – ст.преп. каф. МТ КНИТУ, [nur.guthel@inbox.ru](mailto:nur.guthel@inbox.ru).