

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ключевые слова: модификация, низкотемпературная плазма, волокно, ткань, свойства, характеристики.

В статье приведены данные исследования свойств полимерных и натуральных текстильных материалов, модифицированных неравновесной низкотемпературной плазмой. Наблюдается модификация гидрофильно-гидрофобных свойства поверхности обрабатываемых материалов в зависимости от вида плазмообразующего газа и условий обработки; ускоряются сорбционные процессы в 2-2,5 раза

Keywords: modification, low-temperature plasma, fiber, fabric, characteristics, features

The paper presents the study of the properties of polymer and natural textile materials modified nonequilibrium low-temperature plasma. Observed a modification hydrophilic-hydrophobic surface properties of processed materials, depending on the type of plasma gas and processing conditions, accelerate sorption 2-2.5 times

Введение

На основе анализа деятельности отечественных компаний и предприятий в рыночных условиях за 2011 год следует констатировать, что промышленное производство, в целом, выросло на 4,7 %. Однако этот рост на 3,5 % меньше, чем в 2010г. В текстильном и в швейных производствах рост составил всего лишь 2,6% (меньше лишь в производстве пищевых продуктов – 1%), при этом в обороте этих отраслей значительная доля импорта. Выпуск отечественных тканей снизился на 19,2% (шерстяных – на 9,6%, хлопчатобумажных – на 20,3%, льняных – на 11,2%, шелковых – на 9,2%) по сравнению с 2010 г., а мощности по выпуску готовых тканей использовались в 2011г. только на 56% по сравнению с 70,3% в 2010г [1]. На отечественном рынке преобладают, в основном, импортные ткани производства Италии, Германии, Кореи, Турции. Для этих тканей характерны насыщенная цветовая гамма, неповторимый дизайн и новые функциональные свойства. Использование в составе подобных тканей, как правило, преобладающего количества синтетических нитей объясняет их новые функциональные свойства, которые обусловлены строением, возможностью изменять геометрические характеристики волокон при получении, переработке и рациональным их использованием при формировании тканей. Применение химических волокон в смеси с природными позволяет придать тканям свойства, которые отсутствуют у натуральных волокон или в максимальной степени использовать специфические свойства синтетических волокон. В последнее время производители практически не указывают состав ткани, а говорят о том или ином проценте натуральных волокон в составе последних.

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.

Существенное улучшение свойств полимерных текстильных материалов может быть достигнуто при их модификации. Основной задачей при производстве модифицированных, так называемых, волокон третьего поколения, является повышение их конкурентоспособности как за счет снижения себестоимости, так и за счет улучшения качественных характеристик посредством использования принципиально новых технологий, например, плазменных. Плазменная обработка имеет важное преимущество - является экологически чистым, высокоэффективным и менее затратным методом по сравнению с традиционными методами химической и физической модификации полимерных материалов. Более того, наиболее важной особенностью процесса плазменной модификации является то, что изменениям подвергается очень тонкий приповерхностный слой. Основная масса полимера сохраняет механические и физико-химические свойства.

Кроме России активность по внедрению плазмохимических методов обработки текстиля наблюдается в таких странах как США, Япония, Германия, Англия, Италия, Южная Корея, Китай [2]. В нашей стране ведутся научные исследования по применению низкотемпературной плазмы в отделочных процессах и улучшению физико-механических свойств полимерных волокон и тканей [3,4].

В свете вышеизложенного представляло интерес исследование влияния неравновесной низкотемпературной плазмы на сорбционные и механические свойства текстильных материалов.

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). Проведена оптимизация условий модификации. Объектами исследования являлись высокомолекулярные полиэтиленовые волокна, хлопковые волокна и хлопчатобумажные трикотажные полотна поверхностной плотностью 170, 220 и 276 г/м². Эффекты плазменного воздействия на материалы оценивались по значениям капиллярности, водопоглощения, механических характеристик согласно стандартным методам испытаний. С целью оптимизации технологических параметров модификации свойств высокомолекулярных волокон в среде аргона использовался метод центрального композиционного рототабельного планирования.

Результаты и их обсуждение

Проведенные экспериментальные исследования показали, что в определенных режимах модификации высокомолекулярных полиэтиленовых волокон (СВМПЭ) наблюдается активность поверхностного слоя за счет образования функциональных групп, что способствует приобретению последним гидрофильных свойств (капиллярность исходных волокон $H=0$ мм, модифицированных – $H= 90-110$ мм); происходит удаление посторонних включений, изменение степени кристалличности, избирательное травление и разрыхление филаментов волокон (рис.1).

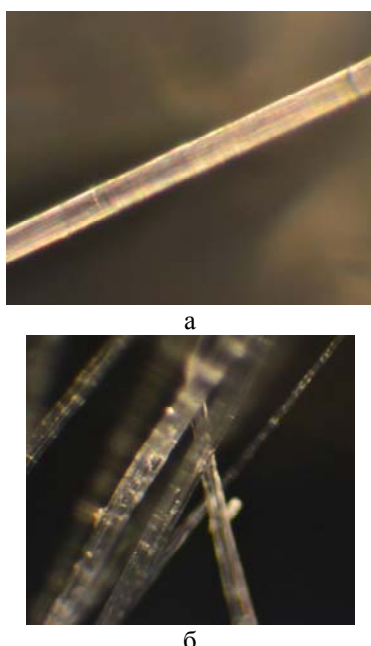


Рис. 1 - Микрофотографии исходного (а) и модифицированного (б) волокон СВМПЭ, х 125

Получены математические модели двухфакторных экспериментов, адекватно описывающие процесс и позволяющие определить значения капиллярности при варьировании следующих параметров: силы тока и напряжения (1), силы тока и давления (2), силы тока и продолжительности процесса (3), напряжения и продолжительности процесса (4):

$$H=22.25-65.64I-2.06U+68.15I^2+0.19U^2+0.83IU \quad (1)$$

$$H=-7.14+23.83I+0.46P+26.17I^2+0.02P^2-2.67IP \quad (2)$$

$$H=-8.76+22.68I+4.53t+6.16I^2-0.09t^2-6.87It \quad (3)$$

$$H=3.24+0.41U+0.35t+0.02U^2+0.12t^2-0.22Ut \quad (4)$$

Согласно уравнениям регрессии максимальное значение капиллярности ($H=100-110$ мм) достигается при параметрах: $I=0.4A$, $U=6kV$, $t=6$ мин, а минимальное значение ($H=21$ мм) - при значениях: $I=0.3A$, $U=1.5kV$, $t=4$ мин при постоянном давлении в разрядной камере.

В таблице 1 представлены значения механических характеристик исходных и модифицированных СВМПЭ волокон.

Таблица 1 – Механические характеристики исходных и модифицированных СВМПЭ волокон

Марка образца	Вид разряда	Характеристика волокон	
		исходных	модифицированных
		σ , ГПа	σ , ГПа
СВМПЭ 1	емкостной	2,7	3,5
СВМПЭ 2	емкостной	1,3	1,9

Наряду с возможностями плазменной модификации синтетических волокон и тканей имеются перспективы ее применения для натуральных и смесовых текстильных материалов, в т.ч. трикотажных полотен. На поверхности суровых хлопчатобумажных трикотажных полотен, как правило, содержатся замасливатели, которые применяются в прядении и вязании, причем часто их количество превышает установленные нормы. Это вызывает неравномерное смачивание полотен при проведении операций крашения. Для удаления этих веществ и природных примесей, проводят подготовку полотен к крашению, как правило, путем их отваривания или беления. Сравнение гигроскопических свойств хлопчатобумажных полотен после различных обработок: отваривания, беления и плазменной обработки (табл.2) показало, что последняя повышает смачивающую способность поверхности суровых полотен, так же как и отбеливание и отваривание, что может быть использовано в технологических процессах отделки трикотажа. Наибольшее увеличение гигроскопических свойств после плазменной активации происходит при обработке в среде кислорода: капиллярность H возрастает от 0 мм (для исходного полотна) до 215 мм/ч. Наблюдается некоторое снижение эффекта воздействия плазменной обработки при увеличении поверхностной плотности полотен [3].

Практический интерес для проведения технологических процессов представляет способность плазменной обработки увеличивать влагопоглощение. Образец, обработанный в плазме,

не только интенсивнее пропитывается, но и удерживает почти в полтора раза больше воды, чем контрольный. Именно возрастание капиллярности и влагопоглощения являются необходимыми условиями для осуществления процессов непрерывного крашения [5].

Таблица 2 - Влияние плазменной обработки на капиллярность суровых хлопчатобумажных полотен

Вид предварительной обработки	Плазмообразующий газ	Продолжительность плазменной обработки*, t, мин.	Капиллярность Н, мм
Отваривание	-	-	195
Беление	-	-	201
-	Кислород	3	155
		5	191
		7	215
	Аргон	3	171
		5	180
		7	185
	Воздух	3	187
		5	192
		7	213
	Азот	3	135
		5	194
		7	199
-	-	-	0

* Wp=1,55кВт

Во время плазменной обработки происходит очистка поверхности волокон от посторонних примесей, в т.ч. и за счет вакуумирования. Активные частицы плазмы приводят к деструкции содержащихся на поверхности хлопкового волокна замасливателей и восков. Так, содержание воскообразных веществ после плазменной обработки уменьшается с 0,740% до 0,218%. Сравнение коэффициентов пропускания варочных жидкостей плазмообработанных (90%) и контрольных (84,5%) образцов свидетельствует о том, что на поверхности опытных образцов содержится меньшее количество посторонних примесей.

Активация плазмой поверхности сурового полотна ускоряет сорбционные процессы, происходящие во время отделки. Диффузия молекул красителя внутрь волокна - самая медленная стадия и поэтому именно она определяет продолжительность всего процесса крашения. Плазменная обработка заметно увеличивает скорость диффузии красителя в волокне: с предварительной отбелкой почти в 2-2,5 раза, без предварительной отбелки - протекает аналогично отбеленному образцу при кратковременной обработке (t=3мин.) и увеличивается на 25 % при обработке в течение 7мин. [6]. При этом

устойчивость окраски к различным воздействиям соответствует требованиям стандартов.

Исследована возможность заменить предварительную отварку сурового полотна перед крашением плазменной обработкой. Остаточная концентрация красителя составила: для образцов, обработанных плазмой – 2,4 г/л и 1,9 г/л при использовании в качестве плазмообразующего газа аргона и кислорода соответственно; для предварительно отваренного – 2,75 г/л. Результаты свидетельствуют, что в данном случае плазменная обработка более эффективна, чем предварительная отварка. Спектры отражения образцов, окрашенных по типовой технологии (с предварительной отваркой), и образцов, обработанных плазмой (без предварительной отварки) идентичны, наблюдается небольшое увеличение коэффициента отражения контрольного образца (C=18,94) по сравнению с опытными (C=18,83) [7].

Исследована возможность с помощью плазменной обработки уменьшить расход красителя с получением цветовых характеристик, аналогичных полученным по типовой технологии. Опытные выкраски разными марками красителей показали, что наблюдается закономерность: с плазменной обработкой уменьшение концентрации красителя на 10-20% дает возможность получать цветовые характеристики трикотажных полотен, близкие к полученным у контрольных образцов.

Выводы

Полученные экспериментальные данные по модификации синтетических волокон и смесовых текстильных материалов позволили определить основные факторы и характеристики плазменной модификации капиллярно-пористых материалов, в результате которых наблюдается изменение их поверхностных и физико-механических свойств: изменяются гидрофильно-гидрофобные свойства поверхности обрабатываемых материалов в зависимости от вида плазмообразующего газа и условий обработки; ускоряются сорбционные процессы в 2-2,5 раза; при крашении наблюдается уменьшение расхода красителя с получением цветовых характеристик, аналогично полученным по типовой технологии; увеличение скорости диффузии красителя в волокне в 2-2,5 раза; механическая прочность волокон и тканей увеличивается на 15-20% [3,8]. Выявлено, что природа физико-химических процессов, происходящих на поверхности материала во время обработки низкотемпературной плазмой, зависит от состава плазмообразующего газа, параметров процесса, структуры и состава обрабатываемого материала [9]. Получены двухфакторные уравнения регрессии, адекватно описывающие влияние параметров плазменной обработки на сорбционные и физико-механические свойства полимерных текстильных материалов.

Литература

1. Жуков Ю.В. Итоги работы легкой промышленности России в 2011 году /Ю.В. Жуков// Швейная промышленность, -2012. -№2, -С. 3-11.
2. Горберг Б.Л. использование низкотемпературной плазмы тлеющего разряда низкого давления для обработки текстильных материалов / Б.Л.Горберг, А.А.Иванов, В.А.Стегнин // Сборник трудов V Международного симпозиума по теоретической и прикладной плазмохимии. Т2, Иваново:2008, С. 586-589.
3. Гришанова И.А., Мигачева О.С. Неравновесная низкотемпературная плазма как способ модификации физико-механических свойств полимерных материалов / И.А.Гришанова, О.С.Мигачева // Всероссийская школа семинар студентов, аспирантов и молодых ученых по тематическому направлению деятельности национальной нанотехнологической сети «Наноинженерия» Казань: КНИТУ, 2011. – С. 38-39.
4. 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.
5. Буртовая, О.С. Разработка непрерывного способа крашения шерсти, подготовленной с использованием низкотемпературной плазмы, кислотными красителями: автореф. канд.тех.наук: 05.19.02 / Буртовая Ольга Сергеевна– М.,2006.–16с.
6. Абдуллин И.Ш. Крашение трикотажных полотен, обработанных неравновесной низкотемпературной плазмой / И.Ш.Абдуллин, Г.Н.Нуруллина, А.А.Азанова, Г.Н.Кулевцов, Я.В.Ившин // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. - №3. – С. 27-29.
7. Абдуллин И.Ш., Азанова А.А., Нуруллина Г.Н., Никитина А.А. Влияние концентрации красителя на цветовые характеристики хлопчатобумажного трикотажного полотна после крашения активным красителем марки «Ремазол желтый RR» // Вестник Казанского технологического университета, - Т.14 №5, - 2011. - С.267-268.
8. Абдуллин И.Ш. Влияние плазменной обработки в среде кислорода на физико-механические свойства трикотажных полотен / И.Ш.Абдуллин, Г.Н.Нуруллина, А.А.Азанова, Я.В.Ившин // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. - №16. – С. 317-319.
9. Гришанова И.А., Сергеева Е.А., Илюшина С.В., Шаехов М.Ф. Влияние природы и состава плазмообразующей среды на физико-механические свойства полиэтиленовых волокон / И.А.Гришанова, Е.А.Сергеева, С.В.Илюшина, М.Ф.Шаехов // Вестник Казанского технологического университета. – 2010. - №10. – С.231-236.

© **И. А. Гришанова** – канд. хим. наук, доц. каф. моды и технологии КНИТУ, 314199@mail.ru; **А. А. Азанова** – канд. техн. наук, доц. той же кафедры, azanovlar@rambler.ru.