

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДИФИКАЦИИ ШЕРСТЯНОЙ ТКАНИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОБРАБОТКИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМОЙ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ЕМКОСТНОГО РАЗРЯДА

А.В. УЛЕСОВА, А.А. ГРЕЧКО, С.Ф. САДОВА, И.Ш. АБДУЛЛИН, В.В. ХАММАТОВА

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина,
Казанский государственный технологический университет)

В последние годы все большее применение получают электрофизические методы модификации шерстяных материалов, а именно – обработка низкотемпературной плазмой. Плазменная обработка относится к сухим, экологически чистым нанотехнологическим процессам, не требующим использования растворов, поэтому исследование данного способа в процессе отделки текстильных материалов является актуальным.

В настоящей работе было изучено воздействие низкотемпературной плазмы (НТП) высокочастотного емкостного разряда (ВЧЕ) для интенсификации процессов колорирования ткани из шерсти с поверхностной плотностью 100 г/м^2 .

Обработка ткани осуществлялась на ВЧЕ-плазменной установке [1], созданной в Казанском государственном технологическом университете (рис. 1 – функциональная схема экспериментальной ВЧЕ-плазменной установки: 1 – устройство для обработки образцов, 2 – ВЧЕ-электроды, 3

– колпак вакуумной камеры, 4 – консоль для открытия крышки вакуумной камеры, 5 – вакуумная камера, 6 – система подачи и регулирования плазмообразующего газа, 7 – ВЧЕ-генератор, 8 – вакуумный откачной пост).

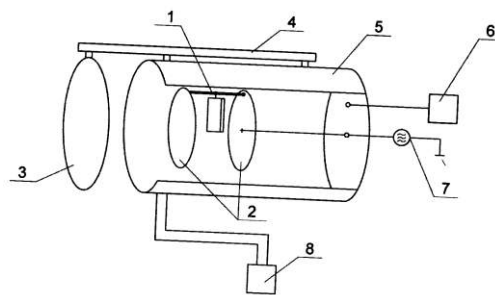


Рис. 1

Опытные образцы размещали между электродами в специальном устройстве. Производили предварительную откачку остаточного газа из вакуумной камеры, в разрядную камеру впускали рабочий газ, регулировкой вентиля, соединяющего ва-

куумную камеру с механическими насосами, устанавливали заданное давление. Включали ВЧЕ-генератор. Режим плазменной обработки регулировали путем изменения вида и расхода плазмообразующего газа G , анодного тока I_A , анодного напряжения, давления в разрядной камере P , длительности обработки $t_{обр}$. При подаче на электроды ВЧЕ-напряжения между ними образуется плазменный сгусток, при продуве плазмообразующего газа через этот сгусток образуется струйный разряд – инструмент обработки.

Капиллярность, являющуюся важнейшей характеристикой смачиваемости ткани, определяли по принятой методике [2]. Расчет, выполненный на ПЭВМ по программе "Capillar", позволил установить, что средний радиус капилляров ($r_{ср}$) возрастает со временем обработки различно. Для использованных газов наиболее интенсивно, примерно в 10 раз, увеличивается средний радиус капилляров для образцов, обработанных плазмообразующим газом – воздухом ($3,36-3,49 \times 10^{-6}$ м) по сравнению с исходным ($0,32 \times 10^{-6}$ м). В случае аргона увеличение происходит в 4...6 раз ($1,30-1,89 \times 10^{-6}$ м). Рост $r_{ср}$ связан с деструкцией поверхности волокна под влиянием окислительных процессов.

Скорость подъема жидкости зависит от природы плазмообразующего газа и длительности обработки (рис. 2 – кинетические кривые линейного впитывания раствора бихромата калия исходной и плазмообработанной шерстяной ткани: 1 – ис-

ходная шерсть, 2 – ВЧЕ, аргон 60 с; 3 – ВЧЕ, воздух 60 с; 4 – ВЧЕ, воздух 20 с; 5 – ВЧЕ, аргон 120 с; 6 – ВЧЕ, воздух 120 с). Наибольшая скорость подъема жидкости наблюдается у образцов, обработанных ВЧЕ в среде воздуха в течение 60 и 120 с (кривые 3 и 4); при переходе к инертному газу скорость снижается.

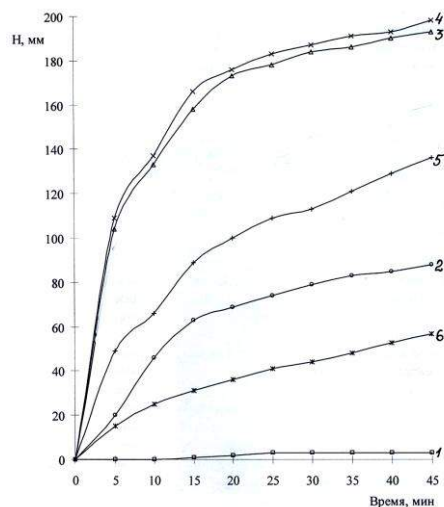


Рис. 2

Деструкцию и модификацию волокна оценивали с помощью традиционных методов исследования – определения кислотности и растворимости в 0,1н NaOH, 4н HCl и мочевиногидросульфитном реактиве (МГР) (табл.1 – результаты определения кислотности и растворимости шерсти).

Таблица 1

№ образца	Характеристика образца и условий обработки	Кислотная емкость, г-экв/100г	Растворимость, %		
			0,1н NaOH	4н HCl	МГР
1	Исходная шерсть	0,081	16,0	6,0	17,5
2	Обработанная ВЧЕ (воздух), 20 с $G=0,04$ г/с, $I_A=0,5$ А, $P=13$ Па	0,072	16,6	6,7	18,9
3	Обработанная ВЧЕ (воздух), 60 с $G=0,04$ г/с, $I_A=0,5$ А, $P=13$ Па	0,083	18,2	7,4	23,5
4	Обработанная ВЧЕ (воздух), 120 с $G=0,04$ г/с, $I_A=0,5$ А, $P=13$ Па	0,085	18,6	7,9	24,2
5	Обработанная ВЧЕ (аргон), 60 с $G=0,04$ г/с, $I_A=0,5$ А, $P=13$ Па	0,076	17,3	7,2	22,7
6	Обработанная ВЧЕ (аргон), 120 с $G=0,04$ г/с, $I_A=0,5$ А, $P=13$ Па	0,078	17,6	7,6	23,1

Результаты (табл. 1) показывают различное действие двух видов газов на волокно, связанное как с длительностью обработки, так и с остаточным давлением. При обработке в ВЧЕ-разряде в среде воздуха происходит увеличение кислотной емкости и растворимости в указанных реагентах. При этом можно предполагать более интенсивную деструкцию с образованием концевых аминогрупп. При переходе к аргону наблюдается снижение кислотной емкости по сравнению с исходной шерстью и снижение растворимости в NaOH, HCl и МГР по сравнению с обработанной в воздухе, что указывает на меньшее повреждение полипептидной цепи.

Были определены значения ξ -потенциала для образцов, обработанных ВЧЕ-разрядом в среде воздуха и аргона. Определение проводилось при pH = 5,5.

В результате обработки ВЧЕ-разрядом происходит снижение ξ -потенциала по модулю: если для исходного образца ξ -

потенциал составлял -40,1 мВ, то для обработанной шерсти в зависимости от условий обработки и природы газа значение ξ -потенциала изменяется от -37,2 до -30,5 мВ. Данные показывают, что при pH = 5,5 меньшее количество групп приобретает отрицательный заряд.

Измерение поперечника шерстяных волокон, называемых по ГОСТу 17514–80 тониной шерсти, проводили на микроскопе с окуляром. В результате обработки в ВЧЕ-разряде наблюдается снижение тонины шерстяного волокна, зависящее от условий обработки и природы газа. Снижение тонины за счет обработки в воздухе до 19,5...19,8 мкм более ощутимо, чем в аргоне – 20,1...20,7 мкм. Тонина исходной шерсти составляла 22 мкм.

Процесс крашения исследовали путем определения кинетики крашения для различных образцов шерстяной ткани в указанных типах разрядов.

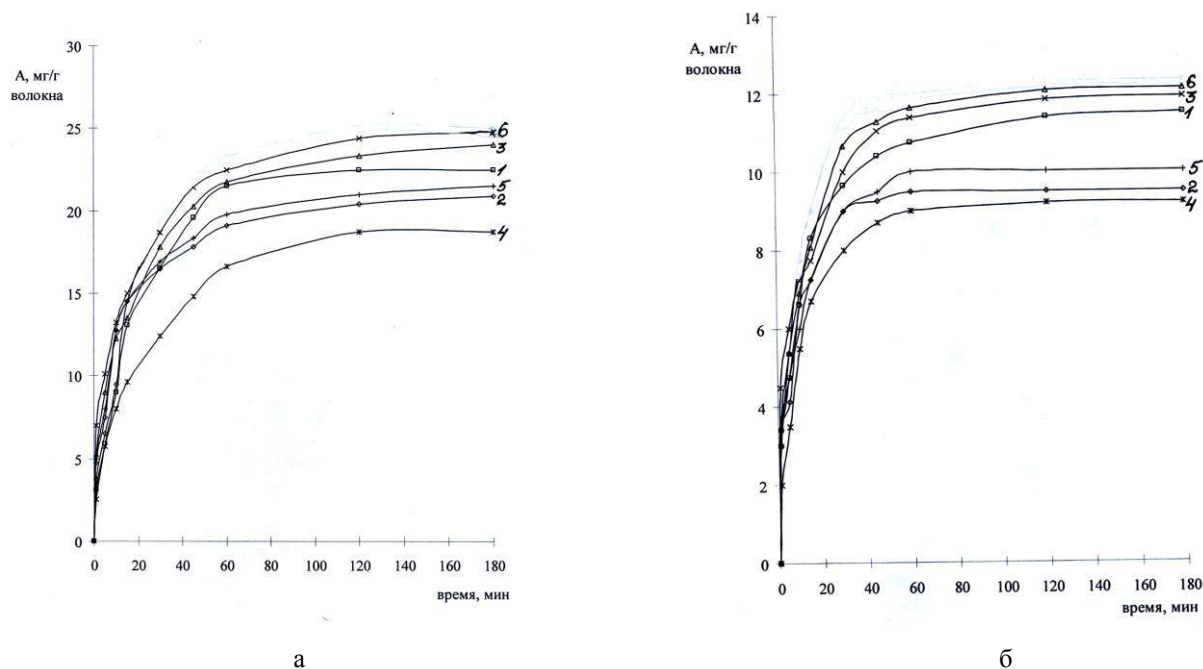


Рис. 3

На рис. 3 представлены кривые кинетики крашения красителями сандаланами синим MF-GL (а) и красным MF-2BL (б); 1 – исходная шерсть; 2 – ВЧЕ, аргон 60 с; 3 – ВЧЕ, воздух 60 с; 4 – ВЧЕ, воздух 20 с; 5 – ВЧЕ, аргон 120 с; 6 – ВЧЕ, воздух 120 с.

На начальном этапе крашения все образцы, обработанные в ВЧЕ-разряде, окрашиваются быстрее, затем становится отчетливо видна разница в скорости крашения и значениях равновесной сорбции красителя между образцами, обработанными в

ВЧЕ-разряде двумя видами газов. При обработке в воздухе равновесная сорбция выше, чем в среде инертного газа аргона.

В табл. 2 приведены кажущиеся коэффициенты диффузии D красителей в шерсть, рассчитанные по уравнению времени «половинного» крашения [2].

Т а б л и ц а 2

№ образца	Характеристика образца и условий обработки	$\tau_{1/2}$, мин	$D \cdot 10^8$, см ² /мин
Сандалан красный MF-2BL			
1	Исходная шерсть	8,8	3,6
2	Обработанная ВЧЕ (воздух), 20 с $G=0,04$ г/с, $I_A=0,5$ А, $P=13$ Па	9,5	3,2
3	Обработанная ВЧЕ (воздух), 60 с $G=0,04$ г/с, $I_A=0,5$ А, $P=13$ Па	6,3	4,20
4	Обработанная ВЧЕ (воздух), 120 с $G=0,04$ г/с, $I_A=0,5$ А, $P=13$ Па	6	4,41
5	Обработанная ВЧЕ (аргон), 60 с $G=0,04$ г/с, $I_A=0,5$ А, $P=13$ Па	6,5	3,52
6	Обработанная ВЧЕ (аргон), 120 с $G=0,04$ г/с, $I_A=0,5$ А, $P=13$ Па	7	3,78
Сандалан синий MF-GL			
7	Исходная шерсть	12,7	2,04
9	Обработанная ВЧЕ (воздух), 60 с $G=0,04$ г/с, $I_A=0,5$ А, $P=13$ Па	7,8	3,39
10	Обработанная ВЧЕ (воздух), 120 с $G=0,04$ г/с, $I_A=0,5$ А, $P=13$ Па	7,6	3,48
11	Обработанная ВЧЕ (аргон), 60 с $G=0,04$ г/с, $I_A=0,5$ А, $P=13$ Па	9,8	2,70
12	Обработанная ВЧЕ (аргон), 120 с $G=0,04$ г/с, $I_A=0,5$ А, $P=13$ Па	9,4	2,82

С увеличением времени обработки в ВЧЕ-разряде коэффициенты диффузии возрастают при использовании плазмообразующего газа воздуха в 1,23...1,7 раза, а аргона – в 1,05...1,32 раза. Наиболее высокие значения D найдены для образцов, обработанных в среде воздуха в течение

120 с, которые составили 4,41 и 3,48 см²/мин для красного и синего красителя соответственно.

Определение прочностных характеристик проводили в соответствии с принятыми стандартами (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

№ образца	Характеристика образца И условий обработки	Разрывная нагрузка, сН		Разрывное удлинение, %	
		основа	уток	основа	уток
1	Исходная шерсть	163,0	159,6	6,7	8,2
2	Обработанная ВЧЕ (воздух), 20 с $G=0,04$ г/с, $I_A=0,5$ А, $P=13$ Па	164,7	161,2	6,7	8,2
3	Обработанная ВЧЕ (воздух), 60 с $G=0,04$ г/с, $I_A=0,5$ А, $P=13$ Па	167,9	164,4	6,9	8,4
4	Обработанная ВЧЕ (воздух), 120 с $G=0,04$ г/с, $I_A=0,5$ А, $P=13$ Па	170,4	166,8	6,9	8,5
5	Обработанная ВЧЕ (аргон), 60 с $G=0,04$ г/с, $I_A=0,5$ А, $P=13$ Па	171,2	167,6	7,0	8,6
6	Обработанная ВЧЕ (аргон), 120 с $G=0,04$ г/с, $I_A=0,5$ А, $P=13$ Па	179,2	183,0	7,6	9,4

Поскольку испытаниям подвергали полоски тканей, которые являются сложной системой, образованной переплетением

нитей основы и утка, то повышение разрывной нагрузки связано с увеличением сил адгезии нитей в ткани, как это ранее

было установлено для шерстяных тканей, обработанных в тлеющем разряде.

Определение устойчивости окрасок к различным физико-химическим воздействиям (сухому и мокрому трению, мылу, поту), выполненное по принятым методикам [2], показало, что устойчивость окрасок плазмообработанных образцов выше, чем у исходных.

ВЫВОДЫ

Обработка шерстяных материалов потоком плазмы ВЧЕ-разряда пониженного давления является новым перспективным способом модификации, позволяющим улучшить физико-механические свойства, повысить сорбционные характеристики материалов, получить более интенсивные

окраски без ухудшения показателей их устойчивости к различным физико-химическим воздействиям.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абдуллин И.Ш., Желтухин В.С., Кашанов Н.Ф.* Высокочастотная плазменно-струйная обработка материалов при пониженных давлениях. Теория и практика применения. – Казань.: Изд-во Казанск. ун-та, 2000.

2. Базовый лабораторный практикум по химической технологии волокнистых материалов: Учеб. для вузов / Под ред. Н.Е. Булушевой. – М.: РИО МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2000.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов МГТУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 24.04.09.
