

Е. В. Слепнева, И. Ш. Абдуллин, В. В. Хамматова

ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАЦИИ ШЕРСТЯНОГО СЫРЬЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ РАЗРЫВНОЙ НАГРУЗКИ ВОЛОКОН

Ключевые слова: шерстяное волокно, разрывная нагрузка, математическое моделирование.

Представлены результаты исследования влияния плазменной обработки на показатели разрывной нагрузки и сопоставление их данными, полученными методом математического моделирования.

Keywords: wool fiber, the breaking load, mathematical modeling.

The effect of plasma treatment on the performance of the breaking load and comparison data obtained by mathematical modeling.

Введение

Вступление нашей страны во Всемирную торговую организацию (ВТО) предъявляет дополнительные требования к производству качественного шерстяного сырья для отечественной текстильной и легкой промышленности. Исходя из этого, в настоящее время в области текстильного материаловедения возникла новая важная задача – придание конкурентоспособных преимуществ отечественным текстильным материалам.

Для сохранения природных и улучшения технологических свойств волокна необходимы определенные методы текстильного материаловедения. Оптимальным является воздействие электрофизическими методами, в частности, плазмой ВЧЕ разряда пониженного давления на шерстяное волокно с целью улучшения их свойств. Поэтому сначала необходимо всестороннее изучение функциональных механических свойств шерстяного волокна и выявление основных факторов, влияющих на эти свойства, а затем разработка модели «параметры-свойства», позволяющей предсказывать потребительские свойства шерстяных текстильных материалов. Затем с учетом материаловедческих показателей разработать комплекс электрофизических методов воздействия на шерстяное волокно, позволяющие получать экологически чистую продукцию с заданными свойствами.

Экспериментальная часть

Подготовка образцов осуществлялась в соответствии с ГОСТ 20269 – 93 [1]. Модификация шерстяного сырья выполнялась на высокочастотной плазменной установке [2], разработанной на базе Казанского национального исследовательского технологического университета. Технологические параметры потока плазмы ВЧЕ разряда пониженного давления для гидрофильного режима изменялись в следующих пределах: мощность разряда $W_p=0,1-2,1$ кВт, расход газа G от безрасходного до 0,08 г/с. Неизменными оставались: вид плазмообразующего газа – аргон и давление в рабочей камере $P=26,6$ Па. Продолжительность плазменной обработки варьировалась $t=1-9$ минут. Критерием оценки механических свойств модифицированных шерстяных волокон является показатель разрывной нагрузки.

Таблица 1 – Показатель разрывной нагрузки шерстяных волокон в зависимости от мощности разряда (ВЧЕ разряд: $t=5$ мин, $G_{Ar}=0,04$ г/с, $P=26,6$ Па, $f=13,56$ МГц).

Мощность разряда, кВт	Показатель разрывной нагрузки шерстяных волокон					
	мериновосовые		полутонкие		полугрубые	
	P_o , сН/текс	ΔP_o , %	P_o , сН/текс	ΔP_o , %	P_o , сН/текс	ΔP_o , %
1	2	3	4	5	6	7
Контр.	6,38	-	7,13	-	9,15	-
0,1	6,45	1,09	7,21	1,12	9,22	0,76
0,2	6,52	2,19	7,30	2,38	9,29	1,53
0,3	6,63	3,92	7,46	4,63	9,46	3,39
0,4	6,75	5,80	7,63	7,01	9,64	5,35
0,5	6,85	7,37	7,79	9,26	9,81	7,21
0,6	7,02	10,03	7,96	11,64	9,98	9,07
0,7	7,19	12,69	8,12	13,88	10,16	11,04
0,8	7,34	15,05	8,27	15,99	10,36	13,22
0,9	7,49	17,39	8,43	18,23	10,56	15,41
1,0	7,61	19,28	8,62	20,89	10,77	17,70
1,1	7,75	21,47	8,81	23,56	10,98	20,00
1,2	7,90	23,82	8,98	25,95	11,22	22,62
1,3	8,05	26,17	9,16	28,47	11,49	25,57
1,4	8,21	28,68	9,35	31,14	11,82	26,99
1,5	8,42	31,97	9,51	33,13	11,92	30,27
1,6	8,58	34,48	9,63	35,06	11,42	24,81
1,7	8,76	37,30	9,77	37,03	10,92	19,34
1,8	8,88	39,18	9,34	30,99	10,38	13,44
1,9	8,50	33,23	8,81	23,56	9,78	6,88
2,0	8,12	27,27	8,28	16,13	9,18	0,33
2,1	7,81	24,60	7,98	11,92	9,02	-1,42

Для установления оптимального параметра мощности разряда, при котором достигаются наилучшие показатели разрывной нагрузки, выполнено математическое моделирование вышеприведенных экспериментов. Обработку результатов экспериментов осуществляли методом регрессионного анализа, а расчеты производились в программе «Statistica 6.0».

Математическое уравнение второго порядка, описывающее соотношение между значениями разрывной нагрузки (P_o , сН/текс) и исследуемыми факторами мощности разряда (W , кВт) и продолжи-

тельности плазменной обработки (t , мин) имеет следующий вид:

для волокон мериносовой шерсти

$$P_o = 1,447 + 1,9332 \cdot t + 3,595 \cdot W - 0,1723 \cdot t^2 - 0,2545 \cdot t \cdot W - 0,7073 \cdot W^2 \quad (1)$$

для волокон полутонкой шерсти

$$P_o = 1,4444 + 2,061 \cdot t + 4,3326 \cdot W - 0,1868 \cdot t^2 - 0,2052 \cdot t \cdot W - 1,0838 \cdot W^2 \quad (2)$$

для полугрубой шерсти

$$P_o = 0,9368 + 2,4643 \cdot t + 5,2467 \cdot W - 0,2355 \cdot t^2 - 1,436 \cdot t \cdot W - 1,6946 \cdot W^2 \quad (3)$$

Изменения значений мощности и продолжительности обработки в виде поверхности отклика (а) и контура поверхности отклика (б) представлены на рисунках 1 – 3.

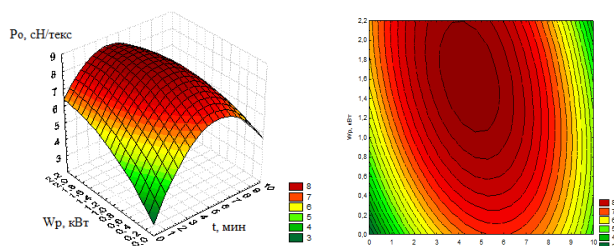


Рис. 1 – Поверхность отклика (а) и контуры поверхности отклика на плоскости (б) при изменении мощности и времени воздействия для мериносовой шерсти ($G_{Ar} = 0,04$ г/с, $f = 13,56$ МГц, $P = 26,6$ Па)

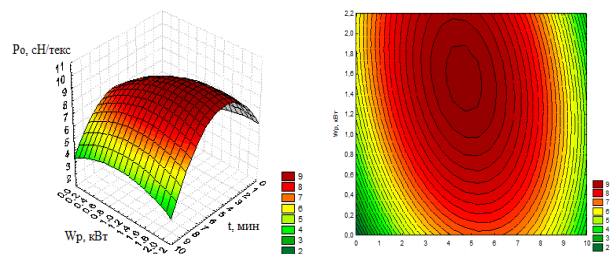


Рис. 2 – Поверхность отклика (а) и контуры поверхности отклика на плоскости (б) при изменении мощности и времени воздействия для полутонкой шерсти ($G_{Ar} = 0,04$ г/с, $f = 13,56$ МГц, $P = 26,6$ Па)

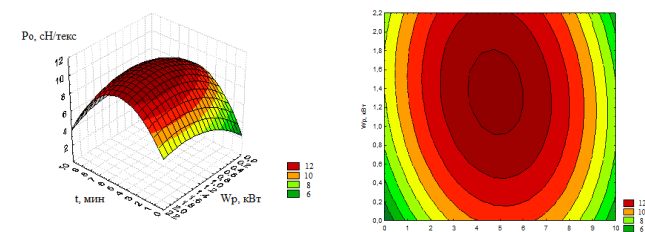


Рис. 3 – Поверхность отклика (а) и контуры поверхности отклика на плоскости (б) при изменении мощности и времени воздействия для полугрубой шерсти ($G_{Ar} = 0,04$ г/с, $f = 13,56$ МГц, $P = 26,6$ Па)

Обсуждение результатов

Как показали результаты экспериментальных исследований (табл. 1), образцы шерстяных волокон, обработанные плазмой ВЧЕ разряда пониженного давления, имеют показатель разрывной нагрузки выше, чем контрольные образцы. При фиксированных значениях давления и расхода газа, с повышением показателя мощности ВЧЕ разряда до 1,0 кВт возрастает энергия ионов и плотность ионного потока на поверхность, что обуславливает увеличение показателя разрывной нагрузки от 17,7 % до 20,9 % в зависимости от вида волокна.

При дальнейшем увеличении мощности разряда от 1,5 до 1,8 кВт происходит рост энергии ионов при постоянной плотности ионного тока, доля мощности, вкладываемой в разряд возрастает и расходуется на увеличение теплового потока в рабочей камере [3]. При этом, показатель разрывной нагрузки достигает максимальных значений, который составляет для мериносового волокна 39,18%, для полутонкого 37,7% и для полугрубого 30,27%. Соответственно оптимальные значения мощности разряда для мериносовой шерсти 1,8 кВт, для полутонкой 1,7 кВт и для полугрубой 1,5 кВт.

При дальнейшем увеличении мощности разряда до 2кВт энергия ионов и плотность ионного тока не изменяются, а вся дополнительно вкладываемая в разряд мощность расходуется на увеличение теплового потока, поступающего из плазмы на поверхность шерстяных волокон, расположенных в плазме. В результате показатель разрывной нагрузки снижается от 11 до 30% в зависимости от вида волокна. Максимальное уменьшение показателя относительной разрывной нагрузки (P_o , cN/текс) наблюдается у полугрубого волокна, что связано с его морфологическим строением. Дальнейшее повышение мощности разряда до 2,1 кВт приводит к термической деструкции волокон [4].

Заключение

Сопоставив экспериментальные данные с результатами оптимизации параметров плазменного воздействия, установлено, что наибольшее увеличение показателя разрывной нагрузки достигается:

- в аргоновой плазме:
 - у мериносового волокна в режиме $G_{Ar} = 0,04$ г/с, $P = 26,6$ Па, $W_p = 1,8$ кВт, $t = 5$ мин, в котором показатель разрывной нагрузки возрастает на 39,18%;
 - у полутонкого волокна в режиме $G_{Ar} = 0,04$ г/с, $P = 26,6$ Па, $W_p = 1,7$ кВт, $t = 5$ мин разрывная нагрузка увеличивается на 37,03 %;
 - у полугрубого в режиме $G_{Ar} = 0,04$ г/с, $P = 26,6$ Па, $W_p = 1,5$ кВт, $t = 5$ мин, показатель разрывной нагрузки возрастает до 30,27 %.

Литература

1. Слепнева, Е.В. Модификация наноструктуры шерстяных волокон в процессе их первичной обработки [Текст] /Е.В. Слепнева, И.Ш. Абдуллин, В.В. Хамматова //

Вестник Казанского технологического университета.- 2012.- т.15, № 15 –С.93-94.

2. Слепнева, Е.В. Влияние плазменной модификации мериновой шерсти в процессе ее первичной обработки на структуру волокон [Текст] / Е.В. Слепнева, И.Ш. Абдуллин, В.В. Хамматова // Вестник Казанского технологического университета.-2013.- т.16, № 3 –С.53-54.

3. Абдуллин, И. Ш. Высокочастотная плазменная обработка в динамическом вакууме капиллярно-пористых материалов. Теория и практика применения [Текст] // И.

Ш. Абдуллин, Л. Н. Абуталипова, В. С. Желтухин, И. В. Красина. – Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 2004. – 428 с.

4. Абдуллин, И. Ш. Высокочастотная плазменно-струйная обработка материалов при пониженных давлениях [Текст] / И. Ш. Абдуллин, В. С. Желтухин, Н. Ф. Кашапов. – Казань: Изд-во Казан. Ун-та, 2000. – 348 с.

© **Е. В. Слепнева** – ст. препод. каф. дизайна КНИТУ, elenaslep@mail.ru; **И. Ш. Абдуллин** – д.т.н., профессор, лауреат государственной премии РТ в области науки и техники, заслуженный деятель науки РТ, академик Российской медицинской академии, проректор по научной работе КНИТУ, зав. каф. плазмохимических и нанотехнологий высокомолекулярных материалов КНИТУ; **В. В. Хамматова** – д.т.н., профессор, зав. каф. дизайна КНИТУ.