

УДК 677.027

С.А. МЯСНИКОВ, О.Я. СЕМЕШКО
Херсонский национальный технический университет**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАЗРЯДОВ НА СВОЙСТВА ХЛОПЧАТОБУМАЖНОГО ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛА**

В данной работе рассмотрено влияние высоковольтных импульсных электрических разрядов на изменение капиллярности, критической поверхностной энергии, степени удаления воскообразных веществ, а также влагообменных свойств и поровой структуры хлопчатобумажного текстильного материала, подготовленного по холодному способу. Установлено, что под действием высоковольтных импульсных электрических разрядов улучшаются капиллярные и влагообменные свойства хлопчатобумажной ткани и возрастает степень удаления воскообразных веществ.

Ключевые слова: хлопчатобумажная ткань, высоковольтные импульсные электрические разряды, капиллярность, критическая поверхностная энергия, влагообменные свойства, поровая структура.

С.А. МЯСНИКОВ, О.Я. СЕМЕШКО
Херсонський національний технічний університет**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ІМПУЛЬСНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ РОЗРЯДІВ НА ВЛАСТИВОСТІ БАВОВНЯНОГО ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ**

У даній роботі розглянуто вплив високовольтних імпульсних електричних розрядів на зміну капілярності, критичної поверхневої енергії, ступеня видалення воскоподібні речовин, а також вологообінних властивостей і порової структури бавовняного текстильного матеріалу, підготовленого по холодному способу. Встановлено, що під дією високовольтних імпульсних електричних розрядів покращуються капілярні і вологообінні властивості бавовняної тканини і зростає ступінь видалення воскоподібних речовин.

Ключові слова: бавовняна тканина, високовольтні імпульсні електричні розряди, капілярність, критична поверхнева енергія, вологообінні властивості, порова структура.

S.A. MYASNIKOV, O.YA. SEMESHKO
Kherson National Technical University**STUDY OF HIGH-VOLTAGE PULSE ELECTRIC DISCHARGES ON THE PROPERTIES OF COTTON TEXTILE MATERIAL**

In this paper we consider the influence of high-voltage pulse electric discharges to change the capillary, the critical surface energy content remove waxy substances and moisture exchange properties and the pore structure of cotton textile materials, prepared for cold process. It was found that under the influence of high-voltage pulse electric discharges and increased capillary moisture exchange properties of cotton fabric and the degree of removal of waxy materials increases.

Keywords: denim, high-voltage pulse electric discharges, capillarity, the critical surface energy, moisture exchange properties, pore structure.

Постановка проблеми

Пригодность ткани для крашения оценивают капиллярностью ткани, которую она приобретает во время подготовки. Известно, что операции подготовки являются наиболее энерго-, водо- и теплоемкими, что в итоге формирует высокую себестоимость готового текстильного материала, вследствие чего возможность снижения затрат на ее проведение очень важна и должна быть использована.

При крашении субстантивными красителями определяющей стадией процесса крашения принято считать диффузию красителя внутрь волокна, в соответствии с чем, в процессе подготовки обеспечиваются условия для быстрого проникновения красителя в волокно и ускорения его диффузии. Ранее этого достигали путем разрыхления аморфной части волокна в процессе подготовки.

Анализ последних исследований и публикаций

Главным недостатком тканей, подготовленных с помощью холодного пероксидного способа отбеливания, является низкая гидрофильность ($\approx 1-3$ мм за 60 мин.), которая обуславливается двумя

основними факторами – наличием шликты на текстильном материале и воскоподобных примесей в хлопковом волокне. Во время проведения операции отваривания по классическому горячему способу подготовки при температуре 100оС под влиянием щелочи и ПАВ воскоподобные вещества эмульгируются и удаляются с поверхности волокна, чем и обусловлена высокая гидрофильность тканей, подготовленных этим способом.

При подготовке хлопчатобумажной ткани по холодному пероксидному способу во время вылеживания при температуре 30-40оС процессы эмульгирования воскоподобных веществ практически отсутствуют, поскольку для их осуществления необходима температура не менее 70-75оС.

В настоящее время отсутствуют биотехнологии, способные удалить или разложить воск. Удалить воскоподобные вещества возможно только в среде органических растворителей или путем эмульгирования их при высокой температуре в водный раствор, содержащий ПАВ и щелочь. Использование растворителей для выполнения операций подготовки требует специально разработанного герметичного оборудования, которое отсутствует на отечественных текстильных предприятиях.

Поэтому интенсифицировать удаление воскоподобных вещества возможно, используя физические методы воздействия на волокно, а именно:

- с помощью традиционно используемого нагрева текстильного материала острым паром или путем нагрева всей белящей ванны (при периодическом способе);
- путем подвода тепла и мгновенного прогрева ткани с помощью ИК и СВЧ-излучения;
- с помощью ультразвукового излучения;
- с помощью электроразрядной обработки.

В работе [1] исследована возможность использования ультразвукового излучения при подготовке хлопкополиэфирных тканей. Установлена возможность сокращения продолжительности процесса в 3 раза в сравнении с традиционными одностадийными технологиями при следующих параметрах: время воздействия ультразвука – 15-20 мин., мощность ультразвука – 3 кВт, значение рН – нейтральное, температура – 60оС.

Автором [2, 3] был исследован процесс промывки хлопчатобумажной ткани с использованием ультразвукового излучения после холодного пероксидного отбеливания. Установлено, что промывка в растворе ПАВ после беления при температуре 85-90оС продолжительностью от 3 до 20 мин. незначительно улучшает гигроскопические свойства подготовленной ткани.

Таким образом, можно сделать вывод, что использование ультразвукового излучения для интенсификации процессов беления и последующей промывки требует достаточно длительного воздействия: при белении до 30 мин., при промывке – от 3 до 20 мин. Необходимость длительной обработки осложняет задачу внедрения в производство технологии интенсификации операций подготовки с помощью ультразвукового излучения, поскольку требует разработки специального оборудования для проведения непрерывных процессов, но может быть применено при минимальной модернизации существующего оборудования при обработке полунепрерывным и периодическим способами.

Ранее установлено [4], что ткань, подвергнутая экстракции в органическом растворителе, характеризуется более высоким водопоглащением по сравнению с тканью после водной обработки при температуре 95°С. Кроме того, микроскопическими исследованиями установлено, что при отваривании в растворах щелочей наблюдается частичное разрушение хлопкового волокна. При классических способах подготовки ткани наблюдается повреждение первичной стенки хлопкового волокна, что обусловлено удалением восков, протеинов и пектиновых веществ.

Согласно вышеизложенному, можно предположить, что воздействие высоковольтных импульсных электрических разрядов (ВИЭР) может привести к повышению капиллярности хлопчатобумажной ткани за счет непосредственного воздействия кавитации на волокно, а также влияния на ткань образованных активных частиц – пероксида водорода и активных радикалов [5].

Формирование цели исследования

Определение влияния ВИЭР на свойства хлопчатобумажного текстильного материала в процессе подготовки холодным способом.

Изложение основного материала исследования

Исследованию подвергалась суровая и отбеленная холодным способом хлопчатобумажная ткань производства ПО «ТК-Донбасс», характеристика которой представлена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика текстильного материала

Ткань	Артикул	Ширина, см	Поверхностная плотность, г/см ²	Масса погонного метра, г	Плотность ткани	
					основа	уток
Бязь	0-157	150±2	131±6	187,6	239±5	196±6

Обработку ВИЭР осуществляли на полупромышленной установке «Вега-6» (рис. 1) на протяжении 180 с.

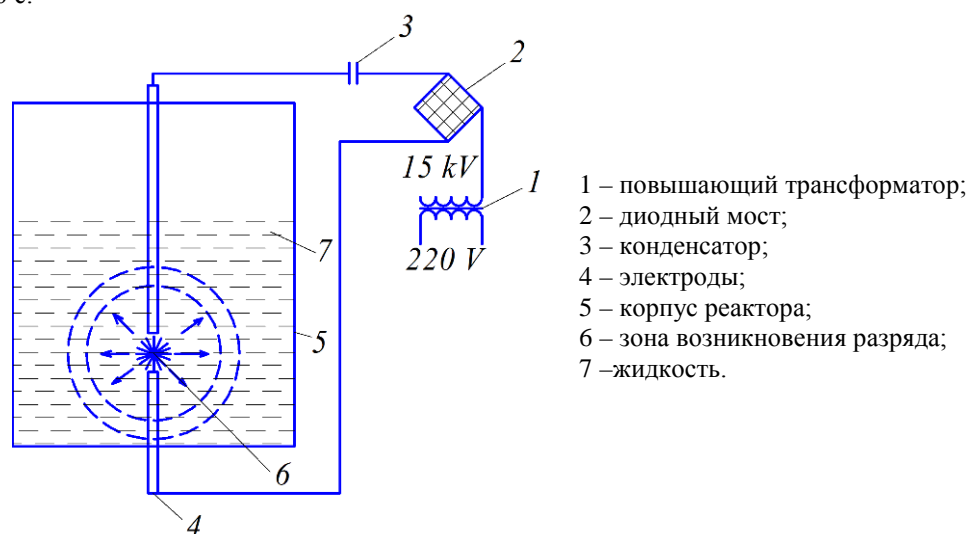


Рис. 1. Принципиальная схема установки «Вега-6» для обработки ВИЭР.

Капиллярность и содержание воскообразных веществ на ткани определяли согласно стандартных методик [5].

Определение критической поверхностной энергии (КПЭ) ткани проводили методом, предложенным Зисманом. Согласно методу волокно будет смачиваться в том случае, если его поверхностное натяжения будет больше, либо равно поверхностному натяжению смачивающей жидкости с известным поверхностным натяжением. В процессе определения КПЭ устанавливают состояние, когда $\sigma_{p-ра} = \sigma_{волокна}$. В качестве смачивающей жидкости используют ряд водно-этанольных растворов с заранее известным поверхностным натяжением [6].

Показатели влагоемкости текстильных материалов была изучена термогравикалориметрическим (ТГК) методом. Для проведения опыта подготавливают образцы хлопчатобумажной ткани определенной массы. Образец помещается на дно кюветы и максимально увлажняется под вакуумом. Затем кювета с образцом помещается в баротермостат и проводится сушка в требуемом режиме и при определенных, но постоянных в течение опыта, параметрах среды. После проведения опыта проводится обработка кинетических кривых $m_b(t)$, $T(t)$ и рассчитываются соответствующие характеристики материалов. При сушке образца в режиме термогравиметрии на ленте потенциометра КСП-4 одновременно записываются кривая температуры образца или термограмма сушки $T(t)$ и кривая убыли массы образца или кривая сушки $m_b(t)$. На термограмме выделяются критические точки по времени сушки и влагосодержанию образца, соответствующие границам периодов последовательного удаления при сушке из дисперсного тела влаги, различной по формам и видам связи и положению ее в порах. Проектируя выделенные критические точки термограммы на кривую сушки, определяют количество влаги в образце, соответствующее различным формам и видам связи [8].

На начальном этапе работы было определено влияние ВИЭР на капиллярность и КПЭ хлопчатобумажной ткани, отбеленной холодным способом. Сведения о КПЭ волокна позволят осуществлять более объективную оценку качества подготовки ткани, поскольку показатель капиллярностизависит от множества факторов и не всегда дает объективную оценку качества ее подготовки. В частности, этот показатель зависти от наличия на ткани ПАВ, которое при недостаточной промывке ткани и низкой истинной капиллярности обуславливает высокий показатель смачиваемости. В табл. 2 отражено влияние электроразрядной обработки на показатели качества текстильного хлопчатобумажного материала.

Таблица 2

Показатели качества хлопчатобумажной ткани

Способ обработки	Капиллярность, мм/ч	КПЭ, мН/м
Холодное беление	0	31,2
ВИЭР	72	34,7

Согласно полученным данным (табл. 1), ВИЭР способствуют повышению капиллярности суровой хлопчатобумажной ткани до 72 мм/ч. Поверхностная энергия ткани при этом увеличивается до 34,7 мН/м.

Полученные данные по капиллярности текстильного материала создают предпосылки для проведения дальнейших исследований по вопросу количественного содержания гидрофобных примесей, в частности воскоподобных соединений в волокне.

Для подготовки ткани под крашение субстантивными красителями необходимо придать волокну гидрофильные свойства – капиллярность и смачиваемость, что достигается путем удаления гидрофобного поверхностного слоя волокна. Удаление нецеллюлозных соединений, содержащихся в поверхностном слое, приводит к высоким качественным показателям получаемых окрасок. Низкая гидрофильность ткани обусловлена наличием этих примесей, которые при высокой температуре сушки будут способствовать образованию гидрофобной пленки гемицеллюлоз на поверхности ткани.

Само по себе воздействие ВИЭР несмотря на целый комплекс механических, физических и химических процессов, происходящих во время электрического разряда в воде, не способно значительно повлиять на гигроскопические свойства хлопкового волокна. Поэтому была исследована возможность проводить ее при температуре выше плавления восков, т.е. при 85°C. После обработки ткань исследовали на наличие воскообразных веществ (табл. 3).

Таблица 3

Содержание воскообразных веществ в волокне

Способ обработки	Содержание восков, %	Степень удаления, %
Суровая ткань	1,49	-
Холодное беление	1,49	0
Высокотемпературный способ подготовки	0,18	87,92
ВИЭР	0,55	63,09

Установлено (табл. 3), что предварительное воздействие ВИЭР перед холодным отбеливанием повышает степень удаления воскообразных веществ из хлопкового волокна до 63,09%.

Эффективность воздействия ВИЭР, на наш взгляд, также связана с влиянием на капиллярно-пористую структуру волокна, проявляющемся в усиленном его набухании, увеличении объемов макро- и микропор.

В связи с этим было исследовано влияние предварительной обработки ВИЭР на объемные свойства полимерного субстрата путем изучения капиллярно-поровой структуры хлопчатобумажного текстильного материала методом ТК. В табл. 4 представлены результаты определения дифференциального влагосодержания и удельной поверхности хлопчатобумажного текстильного материала.

Таблица 4

Влагообменные свойства хлопчатобумажного текстильного материала

Способ обработки	Дифференциальное влагосодержание, W, %			
	гигроскопическая влага	полная влагоемкость	адсорбированная влага	
			полислой	монослой
Холодное беление	23,0	92,3	11,6	4,2
ВИЭР	25,0	105,3	14,8	5,5

Как показывают результаты исследования, приведенные в табл. 4, воздействие ВИЭР способствует повышению влагоемкости.

Характеристика влияния ВИЭР на поровую структуру хлопчатобумажных текстильных материалов приведена в табл. 5.

Таблица 5

Характеристика поровой структуры хлопчатобумажного текстильного материалов

Способ обработки	Объем, ΔV , м ³ /г				Удельная поверхность, м ² /г
	макропоры $r > 10^{-7}$ м	микропоры $10^{-8} < r < 10^{-7}$ м	ультрамикропоры		
			полислой, $10^{-9} < r < 10^{-8}$ м	полислой, $10^{-9} < r < 10^{-8}$ м	
Холодное беление	69,3	11,4	7,4	4,2	153,5
ВИЭР	80,3	10,2	9,3	5,5	201,0

На основании полученных данных (табл. 5) установлено, что в образцах под воздействием ВИЭР наблюдается увеличение объема макропор.

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что ТК метод позволяет получить общую характеристику макро- и микропоровой структуры хлопчатобумажных тканей. Полученные данные дают

основание считать, что интенсифицирующее влияние электроразрядной обработки на хлопчатобумажную ткань обусловлено ее воздействием на структуру волокна.

Таким образом, предварительная обработка ВИЭР приводит к интенсификации удаления гидрофобных примесей хлопчатобумажного волокна благодаря действующим факторам и возникшим активным частицам. На наш взгляд, воздействие ВИЭР будет способствовать дальнейшему более глубокому проникновению отделочных растворов в структуру волокна.

Выводы

Определено, что предварительная обработка ВИЭР способствует повышению капиллярности и КПЭ хлопчатобумажного волокна, увеличению степени удаления воскообразных веществ, улучшению влагообменных свойств и улучшения пористой структуры хлопчатобумажного волокна благодаря действующим факторам ВИЭР и возникающим в воде под их действием пероксида водорода и свободным радикалам.

Список использованной литературы

1. Шибашов А. В. Интенсификация процессов пероксидного беления целлюлозосодержащих тканей ультразвуковыми полями: автореф. ... канд. техн. наук: спец. 05.19.02 „Технология и первичная обработка текстильных материалов и сырья“ / А. В. Шибашов. – Иваново: 2010. – 16 с.
2. Кулігін М.Л. Використання ультразвуку для інтенсифікації процесів підготовки бавовняних тканин. Частина 1 / М.Л. Кулігін, Г.А. Чумаков // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2011. – №1(40). – С. 233-238.
3. Кулігін М.Л. Використання ультразвуку для інтенсифікації процесів підготовки бавовняних тканин. Частина 2 / М.Л. Кулігін, Г.А. Чумаков // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2011. – № (43). – С. 138-143.
4. Сафонов В.В. Облагораживание текстильных материалов / В.В. Сафонов. – М.: Легпромбытиздат, 1991. – 288 с.
5. Semeshko O. The influence of electrical discharge nonlinear bulk cavitation on the structural and chemical changes in water during the wool fiber bleaching / O. Semeshko, J. Saribekova, T. Asauliyuk, S. Myasnikov // Chemistry & chemical technology (Ch&ChT). – 2014. – Volume 8, Number 4. – P. 410-415.
6. Семенченко О.О. Вплив умов підготовки бавовняних тканин і пряжі на критичну поверхневу енергію волокна / О.О. Семенченко, І.Г. Чечина // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2006. – №2 (28). – С. 98-100.
7. Лабораторный практикум по химической технологии текстильных материалов: [под ред. Г.Е. Кричевского]. – М., 1994. – 400 с.
8. Луцки Р.В. Тепломассообмен при обработке текстильных материалов / Р.В. Луцки, Э.С. Малкин, И.И. Абаржи. – К.: Наукова думка, 1993. – 344 с.