

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА МОДИФИКАЦИИ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СВОЙСТВ ШЕРСТЯНОГО ВОЛОКНА

В статье представлены результаты исследования влияния химических, биохимического и физического способов модификации шерстяного волокна на физико-механические свойства. Изучено влияние способов модификации на изменение таких показателей свойств волокна, как белизна, потеря массы, относительная разрывная нагрузка, длина, тонины и извитость шерстяных волокон. Определено, что осуществление процесса модификации путем электроразрядной обработки способствует получению высококачественной шерсти, которая характеризуется улучшенными физико-механическими свойствами по сравнению с образцами шерстяного волокна, полученными при обработке классическими химическими и биохимическими способами.

Ключевые слова: шерсть, шерстяное волокно, модификация, электроразрядная обработка.

YULIYA GEORGIEVNA SARIBYEKOVA

Kherson National Technical University

INFLUENCES OF THE WAY OF MODIFICATION ON PHYSICAL AND MECHANICAL INDICATORS OF PROPERTIES OF THE WOOL FIBER

Abstract – In article results of research of influence of chemical, biochemical and physical ways of modification of a wool fiber on physical and mechanical properties are presented. Influence of ways of modification on change of such indicators of properties of a fiber as a whiteness, weight loss, relative explosive loading, length, fineness and tortuosity wool fibers are investigated. It is defined, that realization of process of modification by electro-discharged processing promotes reception of high-quality wool which is characterized by the improved physical and mechanical properties in comparison with the samples of a wool fiber received at processing classical chemical and biochemical ways.

Keywords: wool, wool fiber, modification, electro-discharged processing.

Введение

Шерсть – уникальное природное волокно, из которого можно получить разнообразные по структуре и назначению текстильные материалы. Однако благодаря химическому составу и структуре отдельных волокон шерстьсодержащие ткани и изделия из них обладают небольшой прочностью, значительным усадкой, усадкой, свойлачиваемостью, что приводит к быстрой потере формы одежды в процессе ее эксплуатации. Решением проблемы улучшения технологических и эксплуатационных характеристик изделий из шерсти является модификация шерстяного волокна.

Анализ исследований и публикаций

Традиционно свойства шерстяного волокна изменяют химическими способами: в процессе хлорирования водным раствором гипохлорита натрия и путем обработки пероксидами, а также, но значительно реже, биологическими методами за счет обработки ферментами при подготовке, белении, крашении и заключительной отделке шерстяных текстильных материалов [1–3].

Несомненным достоинством данных методов является простота их применения. Однако данные классические способы обработки шерсти имеют и существенные недостатки. Так, применение хлорсодержащих растворов опасно попаданием газообразного хлора, как в атмосферу цеха, так и в окружающую среду. При этом хлорирование и отбеливание пероксидом водорода также часто негативно сказываются и на качестве сырья, ухудшая его физико-механические свойства, что усложняет дальнейшие операции технологической цепочки производства шерстяных текстильных материалов – прядение, ткачество, крашение, заключительную отделку [4]. Кроме того, условия обработки ферментами строго ограничены, поскольку в результате значительно повышается растворимость шерсти в щелочной среде [5], вследствие того, что такая модификация сопряжена с деструкцией биополимера, приводящей к существенному падению прочностных показателей шерсти.

Наравне с химическими методами модификации шерстяного волокна в текстильной промышленности нашли свое применение и физические методы, которые основаны на применении различных физико-химических эффектов, использующих внутренние и внешние источники энергии [6]. К таким воздействиям относятся: электромагнитное поле, луч лазера, плазма газового разряда (дуговая, тлеющая, барьерная и др.).

В 1959 г. впервые была открыта возможность использования электрических воздействий для обработки шерстяного волокна. После такой обработки шерсть быстрее окрашивалась, улучшались ее прядильные свойства, снижалась валкоспособность и способность к усадке. На сегодняшний день в мире накоплен большой опыт практического промышленного применения электрических воздействий, в частности плазменной технологии, для обработки шерстяных тканей при подготовке их под печать активными и кислотными красителями. Однако плазменная технология из-за сложности технологического исполнения оборудования все же не получила широкого распространения.

Проанализировав публикации отечественных и зарубежных исследователей за последние десятилетия в данном направлении [7–10], можно заключить, что ни один из разработанных физических методов модификации поверхности волокна не был реализован до конца и не нашел своего широкого

практического применения.

Поэтому были проведены исследования для разработки нового способа модификации шерстяного волокна, который обеспечит получение экологически чистой, экономически конкурентоспособной, качественной готовой продукции. На сегодняшний день перспективным направлением в процессе обработки текстильных материалов является применение высоковольтных импульсных электрических разрядов.

Несмотря на то, что в технической литературе появились публикации о применении высоковольтных импульсных электрических разрядов в текстильной промышленности, для процесса модификации шерсти применение этого метода мало изучено, а потому представляет большой научный интерес.

Нами предложена научная гипотеза модификации шерстяного волокна под действием электроразрядной нелинейной объемной кавитации (ЭРНОК), которая возникает вследствие воздействия импульсно-возникающего высокого давления на надмолекулярную структуру волокна, а также путем изменения химических свойств волокна свободными радикалами и пероксидом водорода, который образуется в воде под действием электроразрядной обработки.

Постановка цели исследования

Целью данной работы было изучение влияния ЭРНОК на физико-механические свойства шерстяного волокна для обоснования выбора электроразрядной обработки как способа модификации.

Методика проведения исследования

Обоснование выбора ЭРНОК как способа модификации шерстяного волокна было проведено путем сравнения данного способа обработки с химическими (хлорированием и обработкой пероксидом водорода) и биохимическим способом с применением фермента щелочной протеазы.

Электроразрядная обработка шерстяного волокна проводилась на установке (рис. 1.).

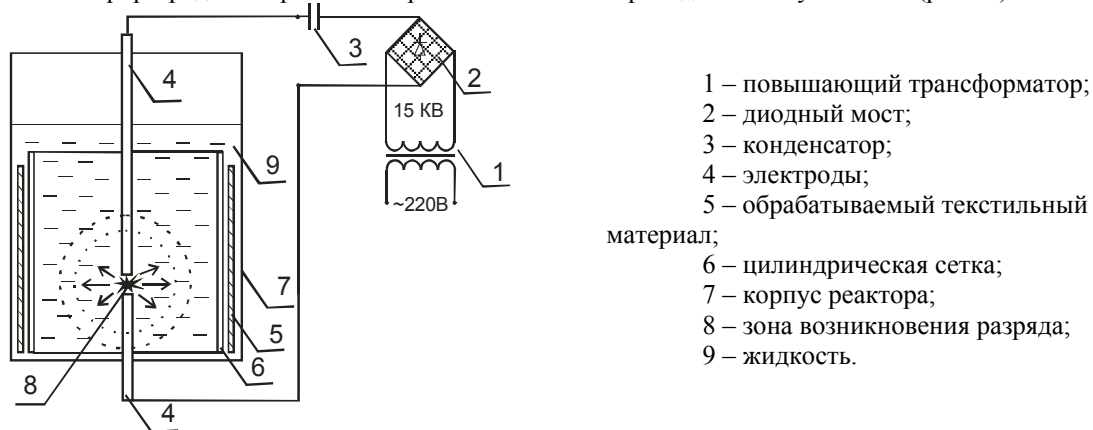


Рис. 1. Схема лабораторной установки для электроразрядной обработки

При хлорировании шерстяное волокно обрабатывали при температуре 18–20°C и модуле ванны $M=50$ кислым раствором гипохлорита натрия, содержащий: активный хлор – 1 г/л; серная кислота (конц.) – 1 мл/л. Обработку проводили в течение 40 мин. при перемешивании. Далее материал промывали холодной водой, затем в растворе серной кислоты при концентрации 5% в течение 2-3 мин. и снова холодной водой. После этого с целью антихлорирования материал подвергали обработке раствором сульфита натрия при концентрации 2%, модуле ванны $M=50$, температуре $T=40^\circ\text{C}$ в течение 15 мин. Затем шерсть промывали и высушивали [11].

Пероксидная обработка шерстяного волокна осуществлялась по периодическому способу. Волокно помещали в белящий раствор следующего состава (г/л): пероксид водорода (30%) – 5; силикат натрия – 2; карбонат натрия – 0,5; вода – до 1000 мл. Обработку проводили при $M=30$ при $T=50^\circ\text{C}-55^\circ\text{C}$ в течении 45 мин. По окончании процесса белиения волокно промывали холодной водой. Для нейтрализации остатка щелочи волокно обрабатывали на холоду в течение 10 мин. раствором уксусной кислоты концентрацией 2 г/л, а затем промывали холодной водой и высушивали [11].

Ферментная обработка шерстяного волокна проводилась с применением щелочной протеазы. Образцы шерсти обрабатывали в растворе фермента концентрацией 1 г/л при $T=60^\circ\text{C}$ в течение 60 мин. После этого волокно промывали сначала в теплой воде при $T=40-45^\circ\text{C}$, а затем в холодной воде и высушивали [12].

Эксперимент выполняли на тонком шерстяном волокне в виде чесаной ленты, которая в отличие от немытого шерстяного волокна является более однородной по структуре, а, следовательно, и по физико-механическим и физико-химическим свойствам.

В ходе исследования были определены следующие физико-механические свойства шерсти: белизна по ГОСТ 18054-72, потеря массы весовым методом [11], относительная разрывная нагрузка на динамометре ДШ-3М согласно ГОСТ 20269-93, длина по ГОСТ 21244-75, тонина согласно ГОСТ 17514-93 и извитость по ГОСТ 13411-90.

Результаты исследования и их обсуждение

Показатель потери массы в процессе обработки является характеристикой разрушения шерстяного волокна, которое происходит за счет частичной деструкции мембран клеток чешуйчатого слоя (эпикутикулы), находящегося на поверхности волокна. Показатель белизны также значим, так как наиболее

ценной с технологической точки зрения является белая шерсть из-за возможности окрашивания ее в любой цвет. Относительная разрывная нагрузка характеризует степень разрушения шерсти в процессе обработки. В табл. 1 представлены результаты влияния различных способов модификации на исследуемые показатели качества шерсти.

Таблица 1

Влияние способа модификации на качество шерстяного волокна

Способ модификации	Белизна, %	Масса образцов, м, г	Относительная разрывная нагрузка, P_0 , сН/текс
Необработанное волокно	45,7	1,000	6,56
Хлорирование	46,3	0,975	6,02
Пероксидная обработка	52,4	0,982	5,97
Ферментная обработка	50,8	0,986	6,27
Электроразрядная обработка	49,5	0,990	7,15

Представленные в табл. 1 результаты свидетельствуют о том, что все исследуемые способы модификации оказывают влияние на шерстяное волокно. Для более удобного сравнения и анализа полученные данные представлены на рис. 2 в качестве относительных показателей изменения белизны и массы по сравнению с необработанным волокном.



Рис. 2. Влияние способа модификации на относительное изменение показателей качества шерстяного волокна

Анализ данных, представленных на рис. 2, показывает, что после хлорирования при существенном пожелтении образцов шерстяного волокна, наблюдаются наибольшая потеря массы и падение разрывной нагрузки. Пероксидная обработка, в свою очередь, также приводит к значительной потере массы и падению разрывной нагрузки, но при этом виден наибольший прирост белизны.

Повышение белизны в процессе хлорирования и пероксидной обработки обусловлено удалением с поверхности волокон остатков жировосковых веществ, липопротеинов, искажающих ее натуральный цвет и придающих волокну желтый оттенок. Обесцвечивание шерстяного волокна связано не только с удалением природных пигментов, но также липидов и зольных веществ, включенных в структуру мембраны кутикулярных клеток и межмакрофибрилярного вещества коркового слоя. Известно, что гранулы зумеланина располагаются в паракорткесе в большем количестве, чем в ортокорткесе [13, 14].

При биохимической модификации шерсти ферментами не происходит значительного повышения белизны волокна, по сравнению с обработкой пероксидом водорода, однако потеря массы и падение разрывной нагрузки значительно выше, чем после электроразрядной обработки.

В ходе исследования установлено, что воздействие ЭРНОК хотя и не приводит к значительному приросту белизны, однако способствует существенному повышению разрывной нагрузки при незначительной потере массы обрабатываемой шерсти. Мы предполагаем, что под влиянием действующих факторов ЭРНОК происходит уплотнение надмолекулярной структуры шерсти при одновременном скалывании чешуек кутикулы.

Потеря массы шерсти при всех исследуемых способах модификации не превышает 2,5%, что находится в пределах нормы.

Комплексный технический анализ полученных результатов показал, что электроразрядная обработка обеспечивает модификацию волокна без существенного нарушения структуры кератина. Повышение относительной разрывной нагрузки, по нашему мнению, обусловлено влиянием ЭРНОК на надмолекулярное строение шерстяного волокна. При этом происходит незначительное разрушение поверхности, о чем свидетельствует невысокие показатели потери массы.

Известно, что длина, тонины и извитость волокна оказывают существенное влияние на

потребительские свойства материала и определяют выбор системы прядения: короткое волокно перерабатывают по аппаратной системе прядения, длинное и тонкое используют в тонкогребенной системе прядения, длинное и грубое – в грубогребенной системе [15]. В свою очередь абсолютная прочность волокна также находится в прямой зависимости от его тонины и извитости.

Далее необходимо было определить влияние способа обработки на такие геометрические свойства волокна как истинная длина, тонины и степень извитости, поскольку именно они определяют деформационные изменения в волокнистом материале и его технические свойства, а следовательно конечный результат и эффект технологической операции. Результаты исследования приведены в табл. 2.

Таблица 2

Влияние способа модификации на геометрические свойства шерстяного волокна

Способ модификации	Среднее значение истинной длины, мм	Средняя тонины, мкм	Среднее значение степени извитости, %
Необработанное волокно	123,8	19,40	20,53
Хлорирование	88,0	18,94	22,15
Пероксидная обработка	84,2	19,08	21,76
Ферментная обработка	103,7	19,15	22,69
Электроразрядная обработка	116,4	19,24	24,02

Анализ геометрических свойств волокна выявил отличительные особенности воздействия электроразрядной обработки от действия хлора, пероксида водорода и фермента (табл. 2). Установлено, что наиболее значительное изменение длины и тонины волокна шерсти наблюдается после пероксидной обработки и хлорирования, а менее заметное – после ферментного гидролиза и электроразрядной обработки. Степень извитости, характеризующая упруго-эластические свойства волокна, наиболее существенно повышается вследствие электроразрядной обработки. Влияние способов модификации на изменение геометрических свойств шерстяного волокна представлено на рис. 3.

Результаты исследования позволяют заключить, что приобретаемые свойства высокой извитости при незначительном утонении и укорочении волокна после воздействия ЭРНОК позволяют рекомендовать электроразрядную обработку для модификации шерстяного волокна и прогнозировать его упруго-эластические свойства, определяя при этом технологию дальнейшей переработки шерсти. Увеличение извитости волокна будет способствовать повышению объемных свойств пряжи или ткани и, следовательно, положительно влиять на теплоизоляционные потребительские характеристики материала, в частности, его пушистость.

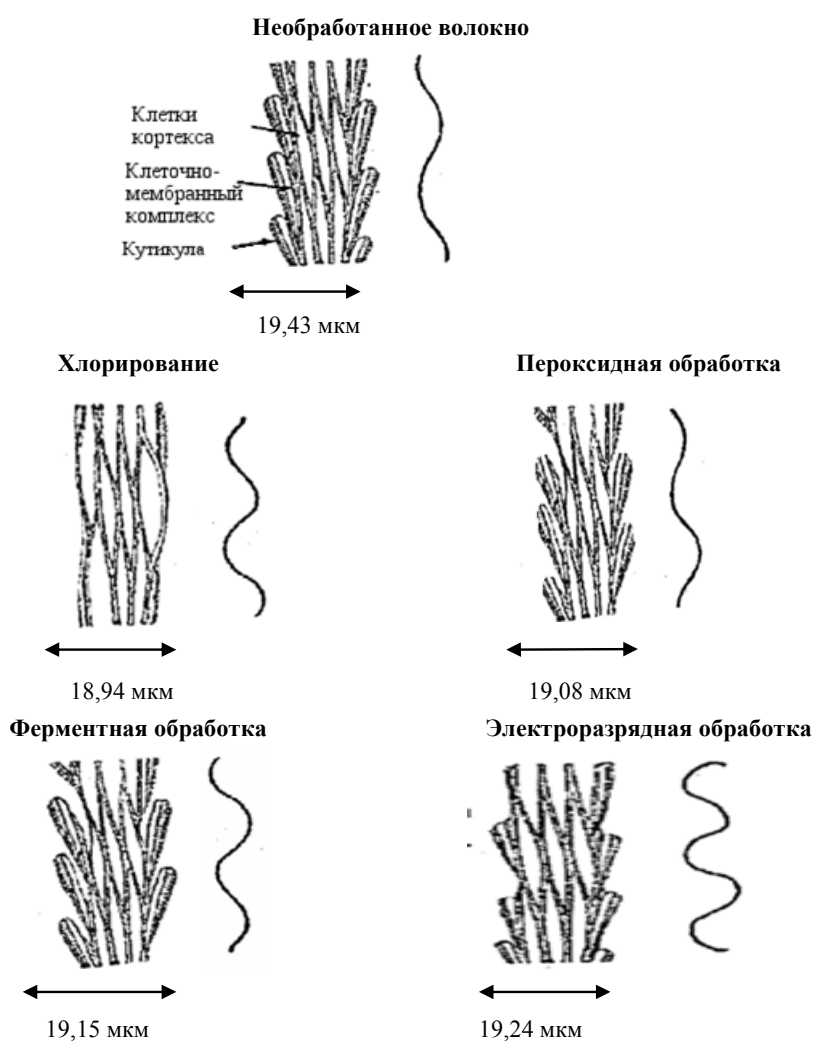


Рис. 3. Влияние способа модификации на геометрические свойства шерсти

Выводы

Определено, что осуществление процесса модификации способом электроразрядной обработки способствует получению высококачественной шерсти, которая характеризуется улучшенными физико-механическими свойствами по сравнению с образцами шерстяного волокна, полученными при обработке классическими химическими и биохимическим способами. Шерстяное волокно после электроразрядной обработки характеризуется высокой прочностью, извитостью, низкой степенью свойлачивания при

Литература

1. Jovic D., Jovancic P., Trajkovic R., Seles G. Influence of a chlorination treatment on wool dyeing. *Textile Research Journal*. 1993. № 63 (11). P. 619–626.
2. Taki F. Surface treatments of wool by potassium hydroxide in dehydrated butanol. *Sen'i Gakkaishi*. 1996. № 9. P. 500–503.
3. Das T., Ramaswamy G.N. Enzyme treatment of wool and specialty hair fibers. *Textile Research Journal*. 2006. № 76 (2). P. 126–133.
4. Кричевский Г.Е. Прошлое, настоящее и будущее биотехнологий в отделке текстильных материалов и смежных отраслях / Г.Е. Кричевский // *Текстильная химия*. – 1998. – № 2. – С. 41–57.
5. Mandovska B., Prendzova M. The effect of enzyme treatments of wool yarns and their products. *Proceeding of the 10th International Wool Textile Research Conference, DWI, Aachen, Germany, 2000*. P. 56.
6. Разработка научных основ и промышленного освоения новых технологий, направленных на повышение конкурентоспособности продукции шерстяной и смешанных отраслей текстильной и легкой промышленности / [под ред. К.Э. Разумеева]. – М. : Оргсервис, 2006. – 236 с.
7. Сафонов В.В. Интенсификация химико-текстильных процессов отделочного производства / Сафонов В.В. – М. : МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2006. – 405 с.
8. Абдуллин И.Ш. Влияние потока низкотемпературной плазмы на свойства текстильных материалов / И.Ш. Абдуллин, В.В. Хамматова. – Казань : Изд-во Казанского университета, 2004. – 428 с.
9. Rakowski W. Plasma treatment of wool today. Part 1 – Fibre properties, spinning and shrinkproofing. *Journal of the Society of Dyers and Colourists*. 1997. №113. P. 250–255.
10. Gupta S. Enzyme applications in chemical processing of textiles. 19-th IFATCC Congress, Paris, 2002. P. 309.
11. Лабораторный практикум по химической технологии текстильных материалов / [под ред. Г.Е. Кричевского]. – М., 1994. – 400 с.
12. Чешкова А.В. Теория и практика ферментативного облагораживания волокнистых и текстильных материалов / А.В. Чешкова, В.И. Лебедева, Б.Н. Мельников // *Текстильная химия*. – 1998. – № 2. – С. 57–65.
13. Кричевский Г.Е. Теория и практика подготовки текстильных материалов / Г.Е. Кричевский, В.А. Никитков. – М. : Легпромиздат, 1989. – 208 с.
14. Бендер М. Биоорганическая химия ферментативного катализа / М. Бендер, Р. Бергерон, М. Комияма ; [по ред. И.В. Березина]. – М. : Мир, 1987. – 352 с.
15. Афанасьев В.К. Справочник по шерстопрядению / В.К. Афанасьев, Г.О. Лежебрух, И.Г. Рашкован ; [под ред. В.К. Афанасьева]. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1993. – 488 с.

References

1. D. Jovic, P. Jovancic, R. Trajkovic and G. Seles, „Influence of a chlorination treatment on wool dyeing“, *Textile Research Journal*, Vol. №63 (11), 1993 pp. 619-626.
2. F. Taki, „Surface treatments of wool by potassium hydroxide in dehydrated butanol“, *Sen'i Gakkaishi*, Vol. 9, 1996 pp. 500-503.
3. T. Das and G.N Ramaswamy, „Enzyme treatment of wool and specialty hair fibers“, *Textile Research Journal*, Vol. 76 (2), 2006 pp. 126-133.
4. Krichevskiy G.Ye. Proshloye, nastoyashcheye i budushcheye biotekhnologii v otdelke tekstil'nykh materialov i smezhnykh otraslyakh, *Tekstil'naya khimiya*, 1998, No 2, pp. 41-57.
5. B. Mandovska and M. Prendzova, „The effect of enzyme treatments of wool yarns and their products“ in 10th International Wool Textile Research Conference, DWI, Aachen, Germany, 2000 pp. 56.
6. Razrabotka nauchnykh osnov i promyshlennogo osvoyeniya novykh tekhnologiy, napravlennykh na povysheniye konkurentosposobnosti produktov shterstanoy i smeshannykh otrasley tekstil'noy i legkoy promyshlennosti. Ed. by K.E. Razumeyev. Moscow, Orgservis, 2006, 236 p.
7. Safonov V.V. Intensifikatsiya khimiko-tekstil'nykh protsessov otdelochnogo proizvodstva. Moscow, MGTU im. A.N. Kosygina, 2006, 405 p.
8. Abdullin I.Sh., Khammatova V.V. Vliyanie potoka nizkotemperaturnoy plazmy na svoystva tekstil'nykh materialov. - Kazan', Izdatel'stvo Kazanskogo universiteta, 2004, 428 p.
9. W. Rakowski, „Plasma treatment of wool today. Part 1 – Fibre properties, spinning and shrinkproofing“, *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, Vol. 113, 1997 pp. 250-255.
10. S. Gupta, „Enzyme applications in chemical processing of textiles“ in 19-th IFATCC Congress, Paris, France, 2002 p. 309.
11. *Laboratory praktikum po khimicheskoy tekhnologii tekstil'nykh materialov*. Ed. by G.Ye. Krichevskiy. Moscow, 1994, 400 p.
12. Cheshkova A.V., Lebedeva V.I., Mel'nikov B.N. Teoriya i praktika fermentativnogo oblagorazhivaniya voloknistykh i tekstil'nykh materialov, *Tekstil'naya khimiya*, 1998, No. 2, pp. 57-65.
13. Krichevskiy G.Ye., Nikitkov V.A. Teoriya i praktika podgotovki tekstil'nykh materialov. Moscow, Legpromizdat, 1989, 208 p.
14. Bender M., Bergeron R., Komiyama M. Bioorganicheskaya khimiya fermentativnogo kataliza. Ed. by I.V. Berezin. Moscow, Mir, 1987, 352 p.
15. Afanas'yev V.K., Lezhebrukh G.O., Rashkovan I.G. Spravochnik po sherstopryadeniyu. Ed. by V.K. Afanas'yev. Moscow, Legkaya i pishcheyaya promyshlennost', 1993, 488 p.

Рецензія/Peer review : 2.3.2015 p. Надрукована/Printed : 15.4.2015 p.
Рецензент: д.т.н., професор, Валько М.І.