

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЛОКОН В ПРОЦЕССЕ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ШЕРСТИ

Ключевые слова: шерстяное волокно, свойлачивание, структура волокна, кератин, набухание волокон.

Показано, что образование новых межмолекулярных связей в кератине способствует увеличению прочности волокон шерсти, а также снижению способности ее к свойлачиванию. Структура волокон, характер расположения макромолекул, степень их упорядоченности определяют сорбционные свойства шерсти.

Keywords: wool fiber, felting, the fiber structure, keratin, fibers swell.

It is shown that the formation of new intermolecular bonds in keratin helps to increase the strength of the wool fibers, as well as its ability to reduce felting. Fiber structure, the nature of the location of the macromolecules, the degree of ordering determine the sorption properties of wool.

Производство шерсти в России исторически является неотъемлемой частью народного хозяйства, обеспечивающей его потребности в шерстяном сырье. Это обусловлено суровыми природно-климатическими условиями. Экономическая и социальная значимость шерсти определяется потребностями народного хозяйства, возможностью производства, экономической эффективностью отрасли, ее способностью использовать имеющиеся в стране природные и материально-технические ресурсы. На современном этапе развития производства шерстяных материалов все активнее для изготовления дорогостоящей и эксклюзивной одежды предлагаются валяные шерстяные ткани и трикотажные полотна, которые в процессе их производства подвергаются дополнительному механическому воздействию.

В процессе первичной обработки шерсти при приложении внешних сил наибольшее значение имеют механические свойства волокон, которые оказывают влияние на технологический цикл дальнейшей ее переработки, так как отечественное шерстяное сырье, поставляемое на предприятия первичной обработки шерсти, в основном, низкого качества. Немаловажное значение в процессе переработки шерстяного сырья имеют сорбционные свойства. Увеличение показателей сорбционных свойств в процессе первичной обработки шерсти способствует более легкому проникновению моющего раствора вглубь волокна, что определяет параметры и качество выполнения технологического процесса промывки шерстяного сырья.

Анализ механических свойств шерсти показал, что волокна могут сильно растягиваться до 100%. В работе [1] по исследованию характеристик вторичного преобразования структуры под действием растяжения установлено, что при растяжении вторичная или складчатая структура шерстяного волокна превращается из α -формы в β -структуру, при участии белковых молекул матрицы. Структура альфа-и бета-спирали кератина шерсти представлена на рисунке 1.



Рис. 1 – Структура α -и β -спирали кератина шерсти: а – α -спираль; б – β -спираль

В результате растяжения α -спираль начинает «разворачиваться» в основном за счет расщепления внутримолекулярных водородных связей и межмолекулярных дисульфидных связей. При снятии напряжения β -форма кератина постепенно переходит в α -форму с восстановлением межмолекулярного взаимодействия, при этом первоначальная длина волокна полностью восстанавливается.

Длина главных молекулярных цепей, наличие в кератине шерсти различных межмолекулярных связей, в том числе дисульфидных влияют на прочность шерстяных волокон. Прочность шерсти в сухом и в мокром состоянии в первую очередь зависит от разрыва пептидных связей в главных цепях. Создание новых межмолекулярных связей в кератине способствует увеличению прочности волокон шерсти, а также снижению способности шерсти к свойлачиванию.

Кроме того, в результате возникновения поперечных связей происходит повышение устойчивости шерсти к действию сильных щелочей в процессе технологической переработки, в частности, к повреждению шерсти бактериями, ферментами, плесенью и молю. Полимеризация мономеров внутри волокон шерсти позволяет увеличить прочность волокна. Недостатками методов привитой сополимеризации является необходимость применения специального оборудования, создания систем рекуперации не вошедших в реакцию мономеров, образование гомополимера и т.д. Указанные недостатки сдерживают широкое внедрение метода в промышленность, поэтому в данной работе не приводятся [2].

В процессе первичной обработки шерсти под влиянием механических воздействий, температуры, влаги и химических реагентов повышается способность волокон к свойлачиванию. Свойлачивание волокон шерсти зависит от строения кутикулы, упругости, извитости, длины и толщины волокна. Строение кутикулы обеспечивает аномалию во фрикционных свойствах шерсти: величина трения максимальна при движении волокна в направлении против чешуек (μ_2) и минимальная вдоль чешуек (μ_1). Установлено [3], что значения их разности $\mu_2 - \mu_1$ и чешуйчатый фактор P_T [$P_T = (\mu_2 - \mu_1) / \mu_2$] непосредственно связаны со способностью шерсти к свойлачиванию. В настоящее время разработать стройную теорию зависимости свойлачивания от фрикционных свойств шерсти пока не удалось. Определенные трудности связаны с тем, что значения μ_1 и μ_2 зависят от природы и состояния волокна, влажности среды и степени набухания волокна, наличия электролита, температуры и др. В основе способов придания несвойлачиваемости шерсти лежит изменение фрикционных свойств шерсти и в первую очередь снижение P_T . Существует определенная связь между свойлачиваемостью шерсти и ее тонинной и извитостью: мериновская тонкая и более извитая шерсть при равных условиях подвержена свойлачиванию лучше, чем менее извитая.

На различных технологических этапах первичной обработки шерстяное волокно подвергается воздействию влаги. *Физические свойства* шерстяного волокна имеют существенное значение, определяющие параметры и качество выполнения технологических процессов. Одним из важнейших свойств является способность волокна поглощать и отдавать воду. Физические свойства представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физические свойства овечьей шерсти

Наименование свойства	Показатель
Гигроскопичность волокна, %	17
Набухаемость волокна в воде, %	33
Содержание в волокне связанной влаги, %	5
Увеличение размеров волокна, %: диаметр длина	17-18 1,2-1,8
Термостойкость волокна, °C	100-105
Температура деструкции волокна, °C	120-180

Структура волокон, характер расположения макромолекул, степень их упорядоченности определяют сорбционные свойства шерсти. Критерием их оценки является высокие показатели гигроскопичности равные 17% при относительной влажности воздуха 65%, набухаемости в воде до

33% [4]. Анизотропное набухание шерстяного волокна происходит вследствие адсорбции воды. Диаметр шерстяного волокна увеличивается на 17-18%, а длина - на 1,2-1,8% [5].

Считается, что внутри кристаллических областей шерстяных волокон молекулы воды проникать не способны. Взаимодействие молекул воды с гидрофильными группами на поверхности глобул матрицы приводит к увеличению межмикрофибриллярного пространства и как следствие набуханию волокна [6]. Увеличение содержания свободной влаги в волокне может сопровождаться как разрушением водородных и ионных связей в системе микрофибриллы – матрицы, так и пластифицирующим действием свободной влаги. Для шерстяного волокна к легко обратимым структурным изменениям относятся разрыв – образование водородных связей (в основном типа $NH \cdots OC$) и α - β -переход полипептидных цепей фибриллярной структуры. Водоотталкивающие свойства зависят преимущественно от природы поверхности волокон [7].

В процессе первичной обработки шерстяного сырья волокна подвергаются температурному воздействию, что существенно сказывается на механических свойствах шерсти. Волокна, высушенные при температуре 100 – 105° С, теряют влагу, обнаруживая при этом повышенную жесткость и пониженную прочность. Повторное увлажнение приводит к новому поглощению шерстью влаги и постепенному восстановлению исходных свойств [8].

При сухом нагреве шерстяные волокна подвергаются значительно меньшим изменениям, чем в присутствии воды. Например, скоростная сушка при температуре 120° С приводит к повреждению и снижению прочности волокон наружного слоя шерсти, имеющей абсолютную влажность около 70 %. При указанной температуре начинается активное разложение кератина, происходит гидролиз шерсти с разрушением дисульфидных связей и выделением аммиака [9].

Шерстяное волокно, в основном, сохраняет физические и химические свойства после нагревания в течение 24 ч при температуре 120°С. К резкому снижению его прочности и удлинению при разрыве приводит нагревание кератина волокна при температурах 180 - 200°С [10].

В технологическом процессе первичной обработки шерсти применяются различные химические реагенты, в частности, на этапе промывки в моющий раствор добавляются мыло или ПАВ, а так же кальцинированная сода, которые воздействуя на волокно, изменяют его качественные характеристики (прочность, упругость, цвет, теплопроводность) [11]. При действии химических реагентов происходят реакции, связанные с химическим превращением молекулярных цепей и прежде всего с деструкцией и сшиванием макромолекул. В результате промывки шерсти свободная жирная кислота адсорбируется на волокне [12]. При этом едкий натрий вступает в реакцию с

кератином шерсти, что приводит к образованию микротрещин в эпикуттикуле волокон, а также разрушению солевых и цистиновых поперечных межмолекулярных связей кератина. При более интенсивном воздействии происходит изменение внутримолекулярных связей в главных полипептидных цепях, что сказывается на прочностных характеристиках волокон. В сильнощелочной среде верхушки волокон растворяются, и потеря массы мытой шерсти составляет 1 – 2% [13].

Литература

1. Yao, J. Characterization of secondary structure transformation of stretched and slenderized wool fibers with FTIR spectra [Текст] / J. Yang, Y. Liu, S. Yang, J. Liu // Journal of Engineered Fibers and Fabrics. – V. 3, Issue 2, 2008.
2. Новорадовская, Т. С. Химия и химическая технология шерсти [Текст] / Т. С. Новорадовская, С. Ф. Садова. – М.: Легпромышлениздат, 1986. – 200 с.
3. Гусев, В. Е. Сырье для шерстяных и нетканых изделий и первичная обработка шерсти [Текст] / В. Е. Гусев. – М.: Легкая индустрия, 1977. – 206 с.
4. Полинг, Л. Химия [Текст]: [пер. с англ.] / Л. Полинг. – 1978 — 686с.
5. Александер, П., Физика и химия шерсти [Текст]: [пер. с англ.] / П. Александер, Р. Хадсон - М.: Гизлегпром, 1958. - 391 с.
6. Слепнева, Е.В. Исследование сорбционных свойств шерстяных волокон, модифицированных потоком плазмы ВЧЕ-разряда пониженного давления [Текст] / Е.В. Слепнева, И.Ш. Абдуллин, В.В. Хамматова// Вестник Казанского технологического университета. – 2011.- № 16.- С.106- 110.
7. Feughelman, M. // Journal of Applied Polymer Science. – V. 83, 2002. P. 489.
8. Кричевский, Г. Е. Химическая технология текстильных материалов [Текст] / Г. Е. Кричевский. – М.: Изд. РосЗИТЛП. т. 1. – 2000. – 436 с.
9. Aksakal, B. The effect of temperature and water on the mechanical properties of wool fibres investigated with different experimental methods [Текст] / B. Aksakal, V. Alekberov // J. Fibers and Polymers. – 2009 – V.10, № 5 – P. 673 – 680.
10. Walawska, A. Physiochemical changes on wool surface after an enzymatic treatment [Текст] / E. Rybicky, B. Filipowska // Progr Colloid Sci. – 2006 — V.132 — P.131 – 137.
11. Абдуллин И. Ш. Влияние моющих веществ на промывку шерстяных волокон в процессе их первичной обработки [Текст] / И.Ш. Абдуллин, В.В. Хамматова, Е.В. Слепнева // Вестник Казанского технологического университета.-2012.- т.15, № 14 – С.79-81
12. Gaffar Hossain, Kh. M. Multifunctional modification of wool using an enzymatic process in aqueous-organic media [Текст] / Kh. M. Gaffar Hossain, Maria Diaz Gonzalez, Guillem Rocasalbas Lozano, Tzanko Tzanov // Journal of Biotechnology. 141. – 2009 – P. 58 – 63.
13. Новорадовский, А. Г. Применение ферментов концерна «Клариант» в отделке текстильных материалов [Текст] / А. Г. Новорадовский // Текстильная химия. № 2. – 1998. – С.73 – 86.

© **Е. В. Слепнева** – ст. преподаватель кафедры 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 медико-технической академии, проректор по научной работе КНИТУ, зав. каф. «Плазмохимические и нанотехнологии высокомолекулярных материалов»; **В. В. Хамматова** – д.т.н., профессор, зав. каф. Дизайна КНИТУ.