

НАТУРАЛЬНАЯ ОВЕЧЬЯ ШЕРСТЬ КАК СОСТАВЛЯЮЩЕЕ ЗВЕНО МАТЕРИАЛА АНИЗОТРОПНОЙ ХАОТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ДЛЯ ВЕРХА ОБУВИ

И.Н. ЛЕДЕНЕВА, К.Э. РАЗУМЕЕВ, В.С. БЕЛГОРОДСКИЙ

Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)

NATURAL SHEEP WOOL AS A COMPONENT LINK OF MATERIAL OF ANISOTROPIC CHAOTIC STRUCTURE FOR SHOES TOP

I.N. LEDENEVA, K.E. RAZUMEYEV, V.S. BELGORODSKY

Russian State University named after A.N. Kosygin (Technology. Design. Art)

Аннотация. Статья посвящена анализу микрофотографий войлоков разного волокнистого состава, в ней приведены результаты анализа волокон шерстяных войлоков для верха обуви. Результаты анализа позволили оценить объем свободного пространства, не заполненный волокнами. Определена практическая значимость изучения пористости обувных волокнистых материалов.

Ключевые слова: морфология, обувь из войлока, шерстяные волокна, объем свободного пространства.

Summary. The article is devoted to the analysis of microphotographs of felts of different fibrous composition, it presents the results of the analysis of wool felt fibers for the upper of shoes. The results of the analysis allowed us to estimate the amount of free space not filled with fibers. The practical significance of studying the porosity of shoe fibrous materials is determined.

Keywords: morphology, felt shoes, wool fibers, shoe felt, technical felt, free space volume.

Натуральная овечья шерсть – основа любого войлока, обладает уникальными свойствами. Волокно шерсти «дышит», т.е. регулирует влажность изделия в зависимости от влажности окружающей среды. Находясь в свободном состоянии, волокно способно вбирать в себя влагу и отдавать ее из изделия. Шерстяное волокно в своей структуре имеет воздушный канал, который позволяет накапливать тепло внутри обуви, не пропуская его наружу, обеспечивая тем самым хорошие теплозащитные свойства. Войлочная обувь в процессе эксплуатации способна приформовываться строго по контуру стопы, что обеспечивает ее комфортную носку.

Одним из важнейших факторов, определяющих свойства капиллярно-пористых тел, являются их капиллярная структура и поверхностные свойства капилляров. Известно, что физико-механические свойства материалов определяются их микроструктурой, которая зависит от электронного строения, химического состава и технологии их получения. При изучении структурного состояния материалов часто возникают методические трудности при выборе методов и методик исследований, типа прибора и т.д. [1].

Изучение структуры валяльно-войлочных материалов необходимо для прогнозирования поведения материала, применяемого для верха обуви. Особенно это важно, если учитывать условия эксплуатации и назначение обуви с верхом из войлока. Для изучения структуры выбран современный микроскоп S2460N фирмы Hitachi с возможностью исследования в низком вакууме. Микроскоп оснащен энергодисперсионным детектором Noran (EDS) с панелью Norvag и кристаллом SiLi 133 эВ, соединенными с прибором.

Микроскоп является многофункциональным современной сканирующей электронной установкой с возможностью работы как на отражение, так и на просвет. Выбранный прибор предназначен для исследования морфологии поверхности твердых и биологических нанообъектов с определением элементного состава методом сканирующей электронной микроскопии. При проведении оценки структуры применили методику количественного морфологического анализа и измерений линейных размеров микрорельефа поверхности войлоков разного волокнистого состава. Для планирования исследования оценили основные технические характеристики: разрешение (вторичные электроны) – 0,8 нм при 15 кВ, WD4 мм 1,1 нм при 1 кВ в режиме торможения электронов; увеличение: низкое $\times 20$ – $\times 2,000$; высокое $\times 100$ – $\times 1\,000\,000$; ускоряющее напряжение – от 0,5 до 30 кВ (0,1 кВ за шаг); электронная пушка – холодный катод с полевой эмиссией. Ускоряющее напряжение составило 20 Кв.

Перед оценкой структурных характеристик войлоков приготовили поперечные и продольные срезы на санном микротоме МС-2, предварительно залитых в парафин в соответствии с методикой приготовления образцов для микроскопического исследования.

Оценка структуры войлока с помощью метода сканирующей световой микроскопии позволило в пределах разрешающей способности электронного сканирующего микроскопа наблюдать общую картину структуры материала: наличие и размер промежутков между волокнами, их расположение,

конфигурацию, взаимосвязанность и др. Проведенные исследования показали, что валяльно-войлочные материалы представляют собой капиллярно-пористые системы (рис. 1), при этом обувные войлоки по своей структуре и свойствам занимают промежуточное положение между тканями и кожей.

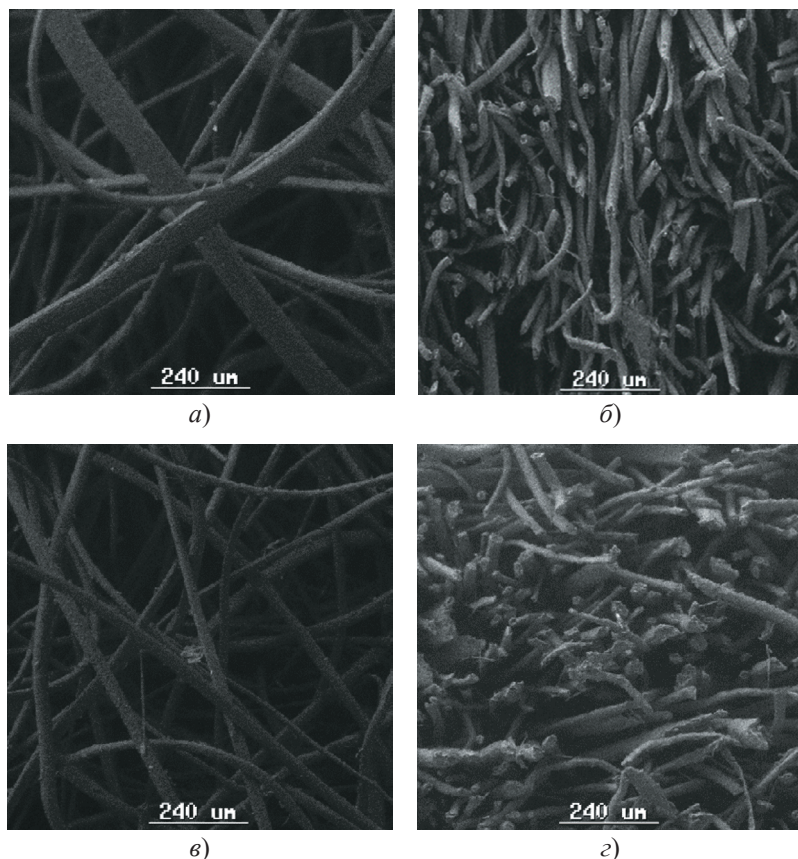


Рис. 1. Микрофотографии войлоков при увеличении $\times 100$:
а) поверхность технического; б) поперечный срез технического;
в) поверхность обувного; г) поперечный срез обувного

Fig. 1. Micrographs of felts at $\times 100$ magnification:
a) technical surface; b) cross section of the technical;
c) the surface of the shoe; d) a cross section of a shoe

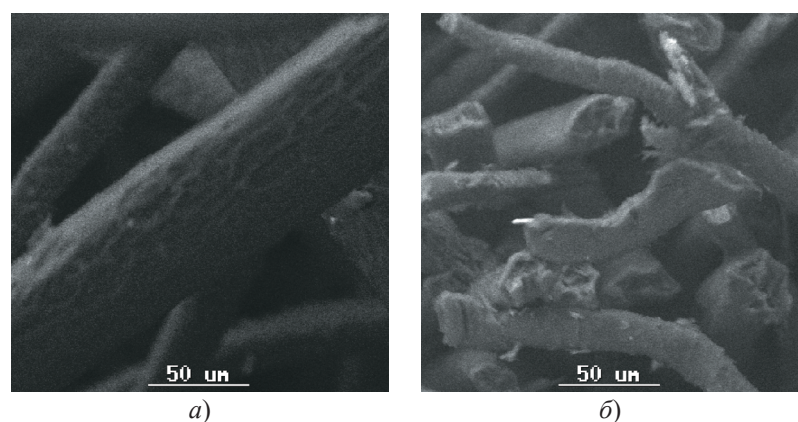


Рис. 2. Микрофотографии обувного войлока при увеличении $\times 500$:
а) поверхность; б) поперечный срез

Fig. 2. Micrographs of shoe felt at $\times 500$ magnification:
a) surface; b) cross section

Одним из важнейших факторов, определяющих свойства капиллярно-пористых тел, являются их капиллярная структура и поверхностные свойства капилляров. Можно отметить наличие во всех типах материалов широкого набора размеров пор: от макропор через мезопоры до микропор. Структура войлока менее плотная по сравнению с кожей и характеризуется сдвигом кривой распределения капилляров по размерам в сторону более высоких значений. Поверхностные свойства капилляров войлока и кожи определяются химической природой белковых веществ, лежащих в основе их микроструктуры (кератина и коллагена).

Материалы для верха обуви представляют собой капиллярно-пористые системы, при этом обувные войлоки по своей структуре и свойствам занимают промежуточное положение между тканями и кожей [2].

Изучение основных типов шерстяных волокон и процесса их формирования позволили дать объективную оценку структуре войлока и выбрать метод исследования его пористости [3].

Пористость характеризует отношение объема пор, имеющих между элементами структуры образца материала, к общему (кажущемуся) объему образца и выраженное в процентах. Введем понятие объема свободного пространства, так как применительно к войлоку понятие пористость неверно: большую часть свободного объема составляют межволоконные промежутки. Для определения объема свободного пространства использовали расчетный метод. Определение удельной поверхности войлоков, установленных с применением метода низкотемпературной сорбции азота. При измерении объема свободного пространства образцы предварительно обмеряли для вычисления геометрического объема (V_1), а затем помещали в станцию дегазации, в которой выдерживали их в течение суток при давлении 5-6 Па и температуре 60°C. При этом с поверхности и из пор образцов удалялись адсорбированные на них влага и газы. Затем каждый дегазированный образец помещали в анализатор, в котором кроме пробирки с образцом устанавливали пустую балансную пробирку. Далее пробирки вакуумировали и в них подавали гелий. Вычитая измеренные объемы гелия, пошедшего на заполнение каждой пробирки, можно вычислить объем плотного вещества войлока (V_2).

Расчет объема свободного пространства осуществлялся по формуле:

$$V_{\text{свп}} = (V_1 - V_2) / V_1$$

Обувные материалы обладают значительным объемом свободного пространства, который варьируется в зависимости от вида материала, а для материалов одного вида – от используемого сырья, технологии изготовления и отделки. От объема свободного пространства зависят многие механические и физические свойства материалов, определяющие, в свою очередь, конструкторско-технологические и эксплуатационные свойства изделий. Кроме того, ряд важных показателей физико-механических свойств, хотя и не зависит от объема свободного пространства однозначно, тесно с ними связан (водопроницаемость, водо-, воздухо- и паропроницаемость и др.). Войлок представляет собой пространственную сетку, характер расположения волокон которой определяет макроструктуру материала и ее подвижность при деформирующих воздействиях. Установлено, что войлок – это бесструктурное хаотичное пористое тело, доля свободного объема, не заполненного волокнами, составляет 77-83%. Наблюдали преимущественно горизонтальную ориентацию волокон, около 60% составляют волокна размером 20-25 мкм. Межволоконные пустоты имеют различную форму и конфигурацию, поэтому определение их размеров проводили по наибольшей и наименьшей протяженности между наиболее и наименее удаленными точками в мкм. Средние размеры межволоконных промежутков по длине (100-250 мкм) превосходят их глубину (90-120 мкм), оцененную по расстоянию между волокнами поперечных срезов, что в значительной степени характерно для анизотропных хаотических материалов.

Капиллярно-пористое тело, к которым можно отнести валяльно-войлочные материалы, представляет собой систему сообщающихся капилляров. Оно является капиллярно-анизотропным, т.е. капиллярная структура, капиллярная проницаемость в таком теле во всех направлениях одинакова. Капиллярно-пористое тело представляет собой систему ориентированных капилляров, сообщение между которыми либо незначительно, либо затруднено. Капиллярная структура такого волокнистого материала, как войлок складывается из микроструктуры вещества волокна и макроструктуры материала, причем диаметры капилляров обеих структур имеют различный порядок. Исследование свойств войлоков показало, что их можно отнести к высокопористым системам. Они характеризуются значительной диффузионной проницаемостью, высокими адсорбционными свойствами и развитой внутренней поверхностью, низкими звуко- и теплопроводностью.

Изучение пористости и размера пор войлоков представляет практический интерес, поскольку их размерами, с одной стороны, и структурными характеристиками (толщиной, поверхностной плотностью, диаметром волокон) существует определенная связь. При этом важно знать геометрические параметры пор, характер их распределения, число пор на единицу поверхности и объем материала, занимаемого порами.

Знание структуры различных шерстяных волокон, входящих в состав войлоков для обуви, позволит обоснованно подойти к выбору не только волокнистого состава материала для деталей верха разной степени ответственности, но разработать методы улучшения потребительских свойств обуви с учетом условий ее эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леденева И.Н., Белгородский В.С. Валяльно-войлочные материалы: строение, свойства, перспективы использования: Монография. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина. – 2021. – 199 с.
2. Леденева И.Н. Аналитическая оценка морфологии валяльно-войлочных обувных материалов. – М.: Фундаментальные и прикладные научные исследования в области инклюзивного дизайна и технологий: опыт, практика и перспективы. Сб. науч. трудов Междун. научно-практ. конференции. РГУ им. А.Н. Косыгина. – 2022.
3. Разумеев К.Э., Пашин Е.Л., Плеханов А.Ф. Классификация и методы испытаний отечественного натурального текстильного сырья: Учебное пособие для вузов. – Одинцово: АНОО ВПО «Одинцовский гуманитарный институт». – 2013. – 375 с.
4. Bradbury J.H. The morphology and chemical structure of wool. – *Pur & Appl. Chem.*, Vol. 46, pp. 247-253. Pergamon Press, 1976. Printed in Great Britain.
5. Vinod K., Ammayappan L. Microscopy and spectroscopy of wool fiber / *Wool Fiber Reinforced Polymer Composites*. – 2022.

REFERENCES

1. Ledeneva I.N., Belgorodsky V.S. Felting and felt materials: structure, properties, prospects of use. Monograph/ – Moscow: Kosygin Russian State University. – 2021. – 199 p.
2. Ledeneva I.N. Analytical assessment of the morphology of felted-felt shoe materials. – M.: Fundamental and applied scientific research in the field of inclusive design and technology: experience, practice and prospects. Collection of scientific papers of the International Scientific and Practical Conference. RSPU named after A.N. Kosygin. – 2022.
3. Izumaev K.E., Pashin E.L., Plekhanov A.F. Classification and testing methods of domestic natural textile raw materials. Textbook for universities/ – Odintsovo: ANOO HPE "Odintsovo Humanitarian Institute". – 2013. – 375 p.
4. Bradbury J.H. The morphology and chemical structure of wool. – *Pur & Appl. Chem.*, Vol. 46, pp. 247-253. Pergamon Press, 1976. Printed in Great Britain.
5. Vinod K., Ammayappan L. Microscopy and spectroscopy of wool fiber / *Wool Fiber Reinforced Polymer Composites*. – 2022.

Леденева Ирина Николаевна, канд. техн. наук, профессор РГУ им. А.Н. Косыгина;

Разумеев Константин Эдуардович, доктор техн. наук, профессор РГУ им. А.Н. Косыгина;

Белгородский Валерий Савельевич, доктор соц. наук, профессор РГУ им. А.Н. Косыгина

119071, г. Москва, ул. Малая Калужская д.1; Тел.: (985) 432-39-77