

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ТЕКСТИЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ MULTIFUNCTIONAL TEXTILES

**Ясинская Наталья Николаевна, Марущак Юлия Игоревна,
Скобова Наталья Викторовна
Yasinskaya Natalya Nikolaevna, Marushchak Yulia Igorevna,
Skobova Natalya Viktorovna**

*Витебский государственный технологический университет, Беларусь, Витебск
Vitebsk State Technological University, Belarus, Vitebsk
(e-mail: tonk.00@mail.ru, skobova-nv@mail.ru, yasinskaynn@rambler.ru)*

Аннотация: Рассмотрены многофункциональные текстильные материалы, обеспечивающие комфорт человека, и в то же время позволяющие достигать новые художественные эффекты при проектировании изделий. Функциональные свойства материалу придаются путем модификации волокнообразующего полимера, добавления на поверхность волокна смол, модификации текстильных поверхностей функциональными полимерными покрытиями. В статье представлены результаты разработки и исследования свойств экокож и однослойных (интерлок) и двухслойных трикотажных структур с использованием нитей Quick Dry.

Annotation: Multifunctional textile materials are considered that provide human comfort, and at the same time allow to achieve new artistic effects when designing products. Functional properties are imparted to the material by modifying the fiber-forming polymer, adding resins to the fiber surface, and modifying textile surfaces with functional polymer coatings. The article presents the results of the development and research of the properties of eco-leather and single-layer (interlock) and two-layer knitted structures using Quick Dry threads.

Ключевые слова: многослойные материалы, экокожа, микропористое покрытие, полиуретан, функциональные нити, термозащита, трикотажные структуры.

Keywords: multilayer materials, eco-leather, microporous coating, polyurethane, functional threads, thermal protection, knitted structures.

Главным направлением развития текстильной и легкой промышленности является создание инновационных материалов с улучшенными потребительскими свойствами. Такие материалы должны быть нацелены на обеспечение комфорта человека, и в то же время позволять достигать новых художественных эффектов при проектировании изделий. Особую актуальность приобретают многофункциональный текстиль, который обладает комплексными свойствами.

Сфера функциональной одежды обширна и разнообразна, причем каждая функция имеет свой собственный набор спецификаций, материальных потребностей и соответствующих технологий, и методов. Поэтому проектирование функциональной одежды становится сложной задачей из-за ограниченного набора стандартов и меняющихся требований в зависимости от потребностей человека [1].

Функциональный текстиль имеет широкий спектр применений [1]:

- Защитная одежда. Сюда входит функциональная одежда, которая может обеспечить владельцу защиту от ветра, холода, механических воздействий, физических травм, намокания, высокой температуры, дождя и т.д.

- Спорт-функциональная одежда, используется для повышения функциональности спортсменов за счет обеспечения высокого уровня воздухопроницаемости, влагопередачи, теплоизоляции, ветрозащиты, водонепроницаемости и / или защиты от ультрафиолета в зависимости от вида спорта и требований окружающей среды.

- Медицинская функциональная одежда, обеспечивающая такие характеристики, как впитывающая способность, воздухопроницаемость и долговечность, в зависимости от требований потребителя. Сюда входит функциональная одежда, используемая в медицинских целях или для гигиены, хирургическая одежда, терапевтическая одежда и интеллектуальная функциональная одежда.

- Одежда для особых нужд, используется для улучшения качества или облегчения жизни людей с ограниченными возможностями или особыми потребностями, таких как инвалиды-колясочники, парализованные нижние конечности, страдающие артритом, люди с ограниченными возможностями передвижения или пострадавшие от инсульта.

Придать текстильному материалу функциональные свойства можно разными методами. Первый заключается в модификации текстильных поверхностей функциональными биоматериалами, смолами, отделочными материалами, полимерными покрытиями. Второй способ заключается в функционализации волокна путем добавления легирующих добавок в полимер, модификации волокнообразующего полимера, добавления на поверхность волокна некоторых смол [2].

Первый способ модификации (отделка текстиля полимерными композициями) является одним из распространенных и экономически выгодных технологий получения многофункциональных материалов [3]. Модификация поверхности посредством отделки очень универсальна и позволяет получить большое количество эффектов. Такие материалы стали популярными при производстве одежды, обивки мебели и галантерейных изделий. В Республике Беларусь многослойный текстиль для пошива изделий импортируется из-за рубежа, в основном из Китая, Турции и России. Актуальность темы работы обоснована, прежде всего, решением первостепенной задачи, стоящей перед текстильной и легкой промышленностью, и состоящей в повышении конкурентоспособности производимой отраслевыми предприятиями продукции.

На ОАО «Барановичское производственное хлопчатобумажное объединение» авторами и специалистами предприятия освоена технология и

выпущены опытные партии многофункционального текстильного материала – эконокожи с микропористым полиуретановым покрытием. Современные технологии позволяют создать высокотехнологичный материал, имеющий потребительские свойства близкие к натуральной коже (рис. 1). Разработанная технология предусматривает использование вспененного полиуретана для обеспечения требуемых гигиенических показателей конечного продукта. Пенная технология позволяет решать ряд важных задач, связанных непосредственно с особенностями текстильного производства, и позволяющая повысить качество продукции, придать ей новые потребительские свойства, а также получить значительный экономический эффект [4].

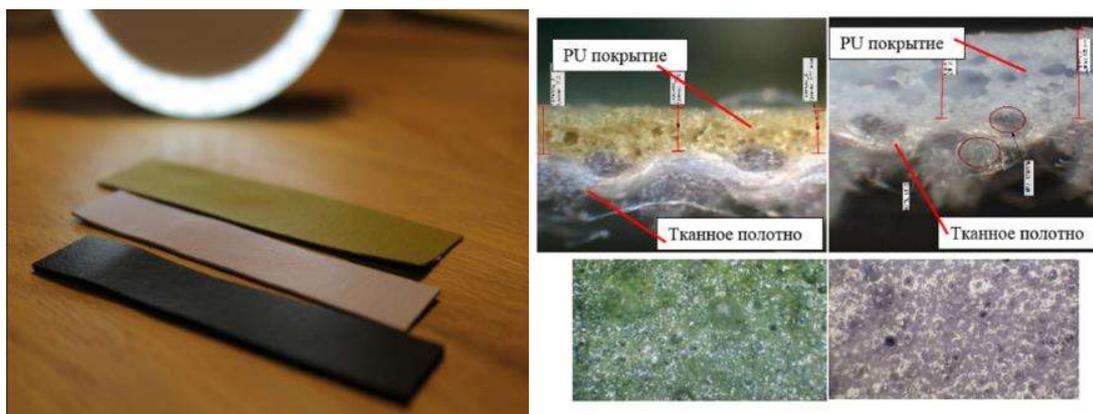


Рис. 1 – Многофункциональный текстильный материал эконокожи

В качестве основы материала используется тканое хлопчатобумажное или хлопкополиэфирное полотно. Полимерный слой предварительно возможно окрасить любым необходимым цветом. Полиуретан является наиболее популярным полимером для формирования покрытий, поскольку мало подвержен старению и имеет высокую устойчивость к воздействию окружающей среды. В отличие от других реактопластов физические связи в полиуретане составляют 50-90% от общего числа поперечных связей в объеме полимера [5], поэтому структура полиуретана обладает способностью разрушаться и перестраиваться при нагревании, то есть эконокожи с микропористым полиуретановым покрытием способны «самозалечивать» дефекты при деформации.

В производственных условиях нанесение полимерного покрытия осуществляется на сушильно-ширильной машине с узлом нанесения покрытий ф. «YAMUNA» (Индия) шаберным способом в два слоя.

Потребительские свойства готового материала и его конечное назначение зависит от технологических режимов формирования полимерного покрытия – температуры и продолжительности сушки, условий термофиксации, а также кратности пены и толщины вязкого полимера, который контролируется шабером. При наличии в материале микропористого полимерного слоя обеспечиваются оптимальные гигиенические свойства, что является необходимым условием для материалов одежного назначения второго слоя.

При нанесении монолитного финишного слоя гигиенические свойства материала снижаются, однако повышается их устойчивость к внешним воздействиям, истиранию, что оптимально для материалов мебельного назначения.

Авторами были проведены исследования влияния технологических параметров формирования покрытия на потребительские свойства готового материала. С увеличением кратности пены и величины зазора уменьшается объем жидкости в наносимой композиции, что приводит к увеличению жесткости материала по основе и по утку, повышению его паро- и воздухопроницаемости. Рост дисперсности композиции приводит к снижению стойкости к истиранию готового материала. В свою очередь, увеличение зазора в зоне нанесения оказывает положительный эффект на показатель стойкости к истиранию, он достигает максимального значения. Для пошива изделий одежного назначения, требующих хороших показателей паро- и воздухопроницаемости, при формировании композиционного текстильного материала необходимо подготавливать пену с кратностью не менее 2.5, устанавливать зазор в зоне нанесения 0.5 мм и более. При формировании материалов галантерейного или мебельного назначения, требующих повышенную жесткость вдоль основы и утка рекомендуется кратность пены полиуретановой композиции задавать в интервале 2-2.5 и зазор – не более 0.5 мм [6].

Также проведены исследования по устойчивости экокож белорусского производства к внешним воздействиям (повышенные и пониженные температуры, многократные мокрые обработки). По результатам установлено, что современный материал устойчив к действию таких факторов. Пониженные (до -20°C) и повышенные (до $+70^{\circ}\text{C}$) температуры не оказывают существенного влияния на изменение потребительских свойств материала. Окраска экокож устойчива к действию стирок. При увеличении количества стирок (до 15) снижается воздухопроницаемость и устойчивость полимерного покрытия к истиранию, что обусловлено увеличением плотности ткани-основы после мокрых обработок. Влияние стирок на изменение линейных размеров исследуемых материалов по утку минимально – усадка не превышает 1%. По результатам исследований составлены рекомендации по уходу за экокожей с полиуретановым покрытием [7].

Второе направление развития функционального текстиля (функционализация волокна) связано с необходимостью получения материалов из синтетических волокон со свойствами, приближенными к материалам натуральных волокон. Для этого прибегают к различным физическим и химическим модификациям синтетического волокна, включая сополимеризацию с гидрофильными мономерами, гидрофильную модификацию поверхности волокна, увеличение площади поверхности волокна за счет придания пористости или формирования капилляров на поверхности для улучшения водопоглощения и отведения влаги [8].

По этому пути пошел белорусский производитель полиэфирных нитей ОАО «СветлогоскХимволокно», который освоил выпуск функциональных нитей под торговым знаком SohimSmart Yarns. Нити с функцией управления влагой Quick Dry имеют многоканальную структуру нитей, полученную за счет использования профилированных фильер на стадии их производств (рис.2а). Это обеспечивает текстильным материалам способность эффективно управлять влагой за счет мощного капиллярного эффекта, который позволяет быстро впитывать влагу.

Нити Thermo с полым сечением филамента, обеспечивают функцию термозащиты (рис.2б). Внутри элементарных нитей скапливается неподвижный воздух, что обеспечивает отличную теплоизоляцию. Полые волокна обладают более низкой теплопроводностью. Применение нитей с полым сечением позволяют изготавливать облегченные полотна, т.к. данные нити имеет меньший удельный вес по сравнению со стандартными нитями на 25-30%. Микрофиламентные нити SOFT имеют толщину элементарного волокна примерно 5 мкм, что в 10 раз тоньше человеческого волоса. Это позволяет придать комплексной нити более мягкий гриф, тем мягче, шелковистее гриф готовых текстильных изделий, повышаются гигиенические и функциональные свойства готовых изделий: увеличивается их воздухопроницаемость, улучшается влагопоглощение.

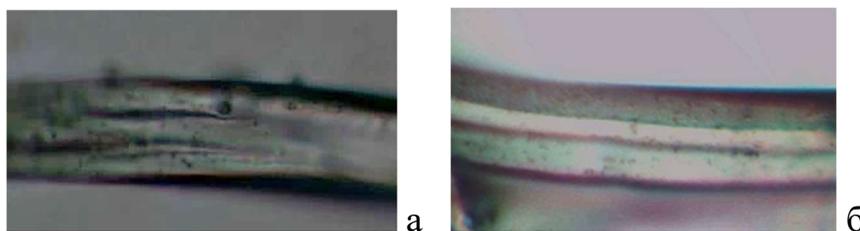


Рис. 2 – Фотография нитей под микроскопом x1000: а) с эффектом управления влагой; б) с полым сечением филамента

Авторами статьи разработаны однослойные (интерлок) и двухслойные трикотажные структуры (комбинированное переплетение на базе ластика, рис.3) с использованием функциональных нитей Quick Dry линейной плотности 18,7 текс (f 144), микрофиламентной нити Soft 17,3 текс (f 288), а также полых нитей PEC 18,4 текс (f 96).

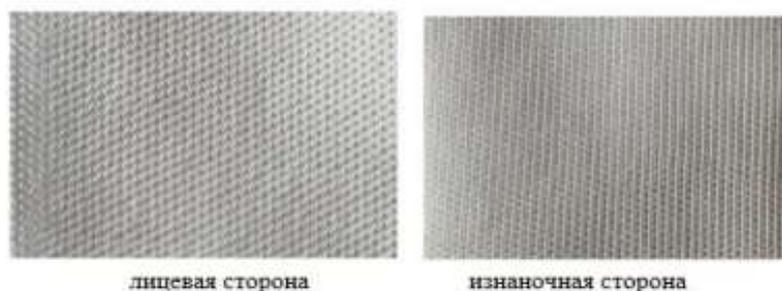


Рис. 3 – Двухслойный трикотажный материал

Учитывая особенности профиля поперечного сечения элементарных нитей, вызывает интерес механизм транспорта влаги в структуре материала в зависимости от морфологии поверхности применяемых нитей. Авторами статьи в течение нескольких лет проведена большая работа по выбору методик и оценке влагорегулирующих свойств полученных текстильных материалов [9, 10].

В результате исследований паропроницаемости и пароемкости однослойных и многослойных трикотажных структур установлено, что однослойные трикотажные полотна из нитей Quick Dry обладают высокой способностью поглощать водяные пары и капельную влагу. Присутствие в составе многослойного материала нитей Quick Dry снижает его паропроницаемость и увеличивает пароемкость. Наилучшую способность транспортировать влагу имеют двухслойные трикотажные структуры Quick+Soft. Вся поглощенная нижним слоем влага с высокой скоростью передается верхнему лицевому слою, с которого происходит ее испарение в атмосферу.

Получены кинетические закономерности испарения влаги в двухслойных материалах при эксплуатационных условиях носки. Экспериментально определено наличие двух характерных участков в периоде падающей скорости испарения, обусловленных особенностями морфологии поверхности функциональных полиэфирных нитей. Анализ кривых изменения коэффициента остаточной влаги при ее испарении показывает, что двухслойные полотна с использованием функциональной нити Quick Dry, имеющих профилированную поверхность элементарных нитей, высыхают медленнее, так как влага удерживается за счет капиллярной конденсации. Применение микрофиламентной нити Soft в структуре одного слоев материала позволяет увеличить скорость испарения пота.

При оценке капиллярных свойств двухслойных материалов, имеющих в своей структуре в одном из слое функциональную нить, во втором – традиционную полиэфирную нить, выявлены особенности в способности транспортировать жидкость: высокую скорость капиллярного подъема и высоту подъема жидкости имеют образцы из микрофиламентных нитей, наличие функциональных нитей в одном из слоев трикотажа позволяет повысить капиллярные свойства второго слоя полотна, благодаря высоким транспортным свойствам физически модифицированных нитей.

Для получения многослойного материала с высокими теплозащитными свойствами рекомендуется применять подкладочный материал – трикотажное двухслойное полотно с вложением функциональной нити Quick Dry или Thermo; при одновременном учете сорбционных и теплозащитных свойств предпочтение отдавать полотну с вложением нити Quick Dry.

В результате проведенных исследований можно утверждать, что полотна с вложением нитей Quick Dry являются быстро впитывающими материалами, однако их нельзя классифицировать как быстро сохнущими. По-

лотна с вложением нитей Thermo повышают теплозащитные свойства готового изделия, материалы с вложением микрофиламентных нитей Soft обладают двойным эффектом: быстро впитывают и быстро испаряют влагу, что позволит применять их для изготовления изделий с заданными термо- и влагорегулирующими свойствами.

Таким образом, полученные материалы имеют высокие показатели гигиенических свойств и могут быть использованы для получения комфортной спортивной, защитной и рабочей одежды и обуви.

Многофункциональный текстиль имеет глобальную цель: придать текстильным структурам (волокнам, тканым и трикотажным материалам, нетканым материалам) новые функциональные свойства, внести вклад в устойчивое развитие текстильных материалов и, наконец, понимать и осваивать взаимосвязь между производственными процессами и свойствами материалов. Повышение таким образом конкурентоспособности продукции предприятий текстильной и легкой промышленности позволит ускорить решение проблемы по импортозамещению указанного материала и по внедрению передовых инновационных технологий в производство на всех его стадиях.

Список литературы

1. Kumar B. and Somkuwar V. Introductory Chapter: Functional Textiles. Textiles for Functional Applications, 2021. – Available at: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.100212>.
2. Park, Juhyun (2020). Functional Fibers, Composites and Textiles Utilizing Photothermal and Joule Heating. *Polymers*. 12. 189. https://www.researchgate.net/publication/338520249_Functional_Fibers_Composites_and_Textiles_Utilizing_Photothermal_and_Joule_Heating
3. Ясинская Н.Н. Композиционные текстильные материалы: [монография] / Н.Н. Ясинская, В.И. Ольшанский, А.Г. Коган. – Витебск: УО «ВГТУ», 2016. – 299 с.; Бесшапошникова В.И. Текстильные материалы в производстве одежды / учеб. пособие. – Саратов, СГТУ, 2010. – 208 с.
4. Павутницкий В.В. Развитие теории и практики получения и применения низкократных пен в технологических процессах текстильного производства, Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора техн. наук по специальности 05.19. Санкт-Петербург. 2004. – 44 с.
5. Каблов В.Ф. Технология переработки полимеров: учеб. пособие / В.Ф. Каблов, О.М. Новопольцева, В.Г. Кочетков. – ВолгГТУ. – 2018. – 244 с.
6. Марущак Ю.И., Ясинская Н.Н., Скобова Н.В. Прогнозирование потребительских свойств и глубины пропитки тканей с покрытием. – Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности №2 (410), Иваново. – 2024.
7. Марущак Ю.И., Ясинская Н.Н. // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2024. – № 3(46). – С. 9-17

8. Juhyun Park, Functional Fibers, Composites and Textiles Utilizing Photothermal and Joule Heating/ *Polymers* 2020, 12, 189; doi:10.3390/polym12010189
9. Скобова Н.В., Ясинская Н.Н. Исследование транспорта влаги в двухслойных трикотажных структурах из полиэфирных нитей под действием внешней нагрузки, *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, 2022, № 6 (402). – С. 39-45.
10. Скобова Н.В., Ясинская Н.Н. Оценка функциональных свойств модифицированных полиэфирных нитей и текстильных материалов из них, *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, 2023, № 1 (403). – С. 69-75.

© Ясинская Н.Н., Марущак Ю.И., Скобова Н.В., 2024

УДК 677.024

ПЕРСПЕКТИВЫ И ТРУДНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ 3D ТКАЧЕСТВА PROSPECTS AND CHALLENGES OF 3D WEAVING TECHNOLOGY

**Киселев Андрей Михайлович, Киселев Михаил Владимирович
Kiselev Andrey Mikhailovich, Kiselev Mikhail Vladimirovich**

*ООО НПО «Программируемые композиты», Россия, Кострома
ООО NPO "Programmable Composites" LLC, Russia, Kostroma
(e-mail: kisselev50@mail.ru)*

Аннотация: В статье представлены задачи в направлении развития технологии 3D ткачества, решение которых позволит ускорить внедрение данной инновационной текстильной технологии в промышленность страны. Рассмотрены отдельные трудности на пути развития технологии 3D ткачества, включая не только сырьевые факторы, факторы технологической оснащённости, но и отсутствие специализированного программного обеспечения всех базовых уровней CAD-CAE-CAM систем.

Annotation: The article presents tasks in the direction of development of 3D weaving technology, the solution of which will accelerate the introduction of this innovative textile technology into the country's industry. Certain difficulties in the development of 3D weaving technology are considered, including not only raw material factors, factors of technological equipment, but also the lack of specialized software for all basic levels of CAD-CAE-CAM systems.

Ключевые слова: технология 3D ткачества, композиционные материалы, цельнотканые преформы.

Keywords: 3D weaving technology, composite materials, seamless preforms.

Направление технического текстиля в текстильной промышленности уже давно признано как «локомотив» движения данной отрасли вперед. Изготовление технических тканей, тканых каркасов и композитов на их основе становятся вектором высокотехнологичного развития не только текстильной, но и других отраслей промышленности. Сегодня уже широко известно, что на базе армирующих текстильных структур на основе технологии 3D