

И. Ш. Абдуллин, Р. Г. Ибрагимов, О. В. Зайцева,
В. В. Вишневский, Н. В. Осипов

СОВРЕМЕННЫЕ ТКАНИ С МЕМБРАННЫМ ПОКРЫТИЕМ

Ключевые слова: ткань с мембранным покрытием, модификация, плазма.

Рассмотрено современное состояние тканей с мембранным покрытием, а также перспективы использования новых модифицированных материалов. Проведены исследования по модификации ряда тканей с мембранным покрытием неравновесной низкотемпературной плазмой (ННТП). Установлено, что после обработки ННТП улучшаются показатели эксплуатационных свойств композиционных тканей.

Keywords: fabric with a membrane coating, modification, plasma.

The present state of fabrics with membrane coating and prospects for the use of the new modified materials. The study on the modification of number fabrics with membrane coating nonequilibrium low-temperature plasma (NLTP). Found that after treatment NLTP improves performance properties of composite fabrics.

Основные тенденции развития экономики на мировом рынке требуют обеспечения высокого качества продукции, что невозможно без усовершенствования технологических процессов производства и внедрения новых научных технологий. В настоящее время широкое применение получают ткани с мембранным покрытием, ассортимент изделий из которых очень велик – одежда и обувь для активного отдыха и туризма, специальная одежда для рабочих, пожарных, медработников, форма для военнослужащих, изделия бытового (мебель) и технического (тенты) назначений. Все они должны соответствовать заявленным требованиям и обладать защитными свойствами от неблагоприятных воздействий окружающей среды и обеспечивающие отвод из пододежного пространства продуктов метаболизма, излишней влаги и тепла в зависимости от интенсивности нагрузки.

За последние десятилетия ткани с мембранным покрытием стали очень популярны среди потребителей благодаря расширению ассортимента мембранных материалов. Мембрана – это водозащитная пленка, способная отводить водяной пар от тела человека через поры или за счет диффузии отдельных молекул через сам материал мембраны [1,2]. Мембраны получают экструзионным методом, коагулированием или методом термического биаксиального растягивания. Толщина колеблется от 10 до 30 микрон. По своему химическому составу атмо-активные пленки основаны на базе полиуретана, PTFE (тефлона) или полиэстера. По принципу действия они разделяются на микропористые и гидрофильные.

Микропористые ламинаты – текстильные соединения, способные «дышать» благодаря постоянной воздухопроницаемости через многочисленные поры конструкции мембраны. Размер пор такой, что позволяет свободно проходить молекулам воды (пара), но препятствует прохождению капель или жидкостей.

Гидрофильные ламинаты – конструкции с гидрофильными пленками, которые имеют компактную твердую структуру полимера, исключаящую прохождение воды (жидкости) и одновременно способствующую испарению молекул воды с по-

верхности благодаря гидрофильным группам (механизм на молекулярном уровне: абсорбция – диффузия – испарение).

Для соединения мембраны с тканью используются, в подавляющем большинстве, адгезивные полиуретаны. Как правило, расплав полиуретана наносится на атмо-активную пленку, которая подается вместе с полотном между прижимными валами каландра, что, в свою очередь, обеспечивает соединение («склеивание») двух субстратов. Отличие методов ламинирования состоит только в способе нанесения расплава полиуретана на поверхность пленки. Существуют различные методы нанесения полимера:

- продавливание через перфорированный ротационный шаблон (Caviscreeen);
- перенос из ячеек гравированного вала (Cavimelt).

Конструкции ламинированных материалов подразделяются на дуплексы и триплексы.

Дуплекс (биламинат) – состоит из двух соединенных субстратов: ткань (например, тканое, нетканое полотно или вязальное) и мембрана. Применяется в профессиональной одежде с пониженными требованиями к механико-физическим нагрузкам.

Триплекс (триламинат) – включает в свою конструкцию соединение трех субстратов: тканое полотно, атмо-активная пленка и вязальное полотно (например, «рашильное»). Применяется для изготовления одежды с высокими требованиями на прочность и механико-физические нагрузки.

Проектирование и создание профессиональной одежды является многогранной комплексной задачей, в которой должны присутствовать все слабые: дизайн и мода, комфортабельный раскрой, светоотражающие элементы оптического распознавания, подбор цветовой гаммы с учетом безопасности труда, применение материалов, увеличивающих срок носки, и, конечно, использование атмо-активных ламинатов, которые напрямую влияют на работоспособность и эффективность персонала в любых климатических условиях [3].

В настоящее время существуют множество видов тканей с мембранным покрытием, основные

свойства которых представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства современных тканей с мембранным покрытием [4,5].

Марка	Водо- непроницаемость, мм в.ст.	Паро- проницаемость, г/м ² /сут	Материал, конструкция	Свойства
1	2	3	4	5
ATX 5000	5000	-	Нейлон, ламинированная ткань	"Дышащая" мембрана.
AWT OSMO-CERAMIC	10000	8000	Нейлон, двухслойная мембрана	Керамический компонент покрытия обладает способностью преобразовывать ультрафиолетовое излучение в инфракрасное тепло, тем самым повышая тепловые возможности изделия на +3 С.
Dermizax- MP EV EV3 DX DX3	 10000 20000 20000 20000 20000	 10000 20000 16000 10000 8000	 двухслойная двухслойная трехслойная двухслойная трехслойная беспоровая полимерная мембрана	Совмещает полную водонепроницаемость и выведение влаги с увеличенной прочностью без ущерба для гладкости и мягкости материала. Водостойкость сохраняется на одном уровне, не зависимо от энергичности и напряженности движений. Свойство ткани "дышать" и выводить влагу обеспечивает уникальная беспоровая мембрана.
Diaplex	20000	-	Нейлон-стрейч, двух- слойная мембрана	Свойство ткани "дышать" и выводить влагу обеспечивает уникальная непористая мембрана. Сведение конденсации к минимуму предотвращает замерзание внутреннего слоя и эффективно дополняет свойство ткани "дышать". Высокая эластичность для легкости движений и ветростойкость.
DRI-ZONE	5000	3000	-	В материале используется микропористая полиуретановая мембрана, снаружи она дополнительно обработана водоотталкивающей пропиткой, за счет чего ткань обладает высокой водоотталкивающей способностью.
Duratex	3000	3000	100% прочный полиэстер	Материал покрыт водонепроницаемой и дышащей мембраной, а снаружи водоотталкивающее покрытие.
ENTRANT GII XT DT type 20000 DT type 10000 DT type 5000 V	 5000 8000 20000 10000 5000 10000	 9000 15000 13000 10000 8000 10000	 Трехслойное покрытие с двумя различными микропористыми слоями	Ткань "дышит", за счет чего сохраняется оптимальный баланс между водонепроницаемостью и способностью пропускать воздух. Это делает материал комфортным при использовании.
Intriplex-Ceramic	20000	15000	-	В материале используется беспоровая керамическая мембрана.
GORE-TEX XCR! Stretch 3L Tex XCR! SNOW 2L Tex 2L (calypso 2L)	 50000 40000 40000	 14000 15000 12000	 Viper (полиамид + лайкра) Garda (полиамид) Calypso (полиэфир), двух, трехслойная ла- минированная мембрана	Мембрана представляет собой биструктурный микропористый материал, прошедший процесс расширения. Все швы изделий с мембранной Gore-Tex проходят изотермическую обработку для обеспечения водоотталкивающих свойств.
Membra-Therm	-	-	Трехслойное покрытие	Материал обладает высокой водонепроницаемостью и хорошими "дышащими" свойствами. Мембрана, используемая в производстве перчаток.
Strata HD II	10000	10000	-	Микропористая мембрана.

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
Sympa Tex 2-ply 3-ply mSM 2,5	15000 30000 -	7000 7000 7000	Двухслойный трехслойный трехслойный материал	Водонепроницаемая и пароотводящая мембрана, используемая как один из слоев во многослойных материалах. Трехслойный материал, состоящий из плотной и легкой ткани снаружи, водонепроницаемой и пароотводящей мембраны SympaTex и гигроскопичной подкладки из микросетки.
Windbloc	-	-	Трехслойный материал (флис+мембрана+флис)	Специальная мембрана делает эту ткань водонепроницаемой, ветронепроницаемой, но при этом "дышащей". Ткань при этом достаточно легкая и не ограничивает движения.
Windstopper	-	-	Трехслойный материал (флис+мембрана+флис)	Водонепроницаемый мембранный материал, 100% политетрафторэтилен (тефлон). С помощью деформации тефлона получается тонкая пористая мембрана.
XT.L	10000	10000	Ультратонкая двух- слойная мембрана	Мембрана обеспечивает тканям высокий уровень растяжимости, который служит гарантией от повреждений мембраны даже после продолжительного интенсивного использования и частых чисток.

Приведенные свойства тканей с мембранным покрытием, являются их достоинством и обеспечивают внеконкурентность таких тканей на мировом рынке. Тем не менее, ткани с мембранным покрытием обладают некоторыми недостатками.

Общими недостатками пористых мембран считаются:

1. Относительно высокая уязвимость для различных загрязняющих агентов, забивающих поры: различные жиры и соли, содержащиеся в поту, остатки моющих средств, "грязь" в общем смысле этого слова. В воздухе современных городов масса очень мелких частиц продуктов сгорания - такого размера частицы забивать эти поры. Как следствие - быстрое снижение паропроницаемости в процессе эксплуатации.

2. Потенциальная возможность протекания, что обусловлено пористой конструкцией мембраны.

Общими недостатками беспористых мембран считаются:

1. Относительно низкая паропроницаемость.

2. «Инертность» - значительная задержка времени достижения максимальной паропроницаемости.

Развитие методов синтеза, модификации и новых технологий изготовления тканей с мембранным покрытием позволяют перейти к решению важнейших задач и исключению недостатков тканей. Функциональные свойства полимерных мембран нового поколения определяются их химической природой, надмолекулярной структурой и свойствами поверхности, находящейся в контакте с тканью. Таким образом, эти свойства тесно связаны с характеристиками полимерной поверхности и определяют методы целенаправленного изменения этих свойств.

Авторами [6] были исследованы дышащие водонепроницаемые ткани, которые были получены путем ламинирования тканей полиуретановым покрытием из политетрафторэтилена (ПТФЭ). Для исследования различных методов нанесения мем-

браны, были проведены исследования: паропроницаемости, водостойкости, гидрофобности и воздухопроницаемости. В случае влажного покрытия тканей была выявлена высокая паропроницаемость и низкий показатель водонепроницаемости, однако сухое покрытие показало противоположные результаты. Так же изменение данных показателей связано с количеством нанесения ПТФЭ на ткань.

В работе [7] установлено, что воздухопроницаемая верхняя одежда содержит первый слой многокомпонентных волокон, второй слой многокомпонентных волокон и водонепроницаемый барьер между ними из полиэтилена с низкой плотностью, имеет скорость проникновения водяных паров 3465 г/м²/24 ч. Однако одежда не имеет изоляционного слоя.

Мембранные ткани производства «Чайковский текстиль» («Премьер Protect 170», «Защита 260 Membrane»), рекомендованные для силовых структур, государственных ведомств и транспортных организаций, — максимальная защита от неблагоприятных погодных условий [8,9]. Уникальные свойства тканей — водонепроницаемость после 24 часов пребывания под дождем (водоупорность 10 000 мм вод. столба), 100%-ная защита от ветра. При этом ткани паропроницаемы, а значит, «дышат». Благодаря масло- и водоотталкивающим свойствам практически не загрязняются.

Авторами [10] был создан изоляционный слоистый материал, который содержит слой функциональной ткани, воздухопроницаемый водоотталкивающий изоляционный слой и слой микропористой мембраны с высокой воздухопроницаемостью, имеющий сеть пор. Функциональная ткань, изоляционный слой с высокой воздухопроницаемостью и слой микропористой мембраны соединены между собой путем ламинирования с образованием водонепроницаемого воздухопроницаемого изоляционного слоистого материала. Изобретение обеспечивает создание водонепроницаемого воздухопроницаемо-

го изоляционного материала, который не набухает и имеет достаточную прочность на разрыв, при этом не является слишком жестким и не производит шума.

В ФГУП «ИвНИИПИК» проведены работы по изучению возможности переработки термопластичных полиуретанов по каландровой технологии с целью получения новых видов армированных и пленочных материалов [11]. Установлены технологические параметры и проведена оптимизация режимов переработки полимерных композиций, содержащих различные марки полиуретана. Обнаружено значительное влияние температуры обработки, природы и содержания композиций на изменение вязкости в условиях сдвиговых деформаций. Найденные закономерности позволяют прогнозировать поведение полимерных композиций в диапазоне, охватывающем температурные режимы смещения, а также регулировать уровень физико-механических свойств полимерных материалов за счет оптимизации режимов переработки смеси.

Исследование теплоизоляционных свойств мембранных материалов [12-16] одежды в работе [17], показало, что лучшими свойствами термоизоляции обладает материал Sympatex покрытый двухслойной мембраной из полибутилентерефталата. Материал имеет низкую теплопроводность, высокую термическую устойчивость при толщине, равной толщине остальных испытываемых ламинатов.

В работе [18] представлены результаты исследования структуры, основных функциональных свойств и физиологического комфорта микропористых полиуретановых мембран. В результате исследования электронной микроскопией (СЭМ), мембраны с толщиной около 50 мкм показали низкий уровень жесткости, высокую пористость и наличие помимо сквозных микропор еще и закрытые (рис 1). ДСК-анализ мембран показал стабильные результаты, что говорит о возможности рекомендации изготовления из многослойных материалов защитной одежды.

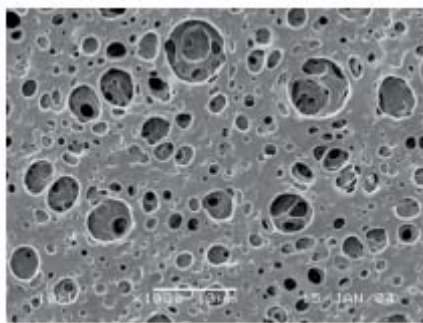


Рис. 1 – СЭМ-изображение микропористой поверхности полиуретановой мембраны x1000 [19]

Успешное изготовление smart-текстиля с применением мембран для получения эффекта лотоса представлено в работах [20,21]. В результате сверхгидрофобной отделки (мембрана или покрытие) композиционный материал отталкивает и воду, и масляные продукты. Одежда из полученного материала не пачкается, так как становится гидрофобной ко всем продуктам. Авторами [22] были использованы покрытия из производных политетрафторэ-

тилена, которые имеют аналогичные свойства с эффектом лотоса.

Из работы [23] известен способ введения различных добавок в полимерную матрицу, исключая воздействие высокой температуры на вводимую добавку. Способ заключается в вытяжке полимерного волокна в адсорбционно-активной среде в присутствии вводимой добавки. При этом в структуре полимера образуются микро- и наноразмерные полости, которые заполняются жидкой средой, в которой осуществляется вытяжка. После удаления растворителя высушиванием в полученном модифицированном полимерном материале добавка находится не только на поверхности полимерной основы, но и в объеме полимера, при этом существенно уменьшается скорость потери компонентов в процессе эксплуатации материала, например при стирке. Основным недостатком способа, является то, что при необходимости придания волокну комплекса дополнительных свойств, например пониженной горючести и, одновременно, биоцидности, антипирен и биоцидный препарат могут оказаться несовместимыми друг с другом как по своей химической природе, так и из-за особенностей внедрения различных добавок в полимерную матрицу на этапе вытяжки. Авторы [24] смогли решить эту проблему с помощью получения труднгорючих полимерных изделий на основе полиэтилентерефталата с биоцидными свойствами согласно изобретению включает вытяжку полимерного изделия на основе полиэтилентерефталата в адсорбционно-активной жидкой среде, содержащей модифицирующие добавки, и сушку изделия, при этом, по крайней мере, одна модифицирующая добавка является биоцидным препаратом и, по крайней мере, одна модифицирующая добавка является антипиреном.

Большинство методов модификации мембран имеет ряд недостатков. По сравнению с другими методами модификации тканей с мембранным покрытием, плазменная технология имеет следующие преимущества:

- экологичность, т.к. вредные вещества не используются для обработки и не образуются в виде побочных продуктов;
- обеспечение воспроизводимых результатов благодаря использованию программируемого регулятора процесса;
- автоматизация и интегрируемость в технологические линии;
- щадящее воздействие на композиционные мембраны из-за отсутствия значительной температурной нагрузки;
- отсутствие воздействия агрессивных химикатов на материалы [25-30].

Плазменная модификация позволяет регулировать показатели физико-химических, механических и эксплуатационных свойств ткани с мембранным покрытием. В результате модификации неравновесной низкотемпературной плазмой мембранная ткань приобретает равномерную структуру, повышает адгезионные свойства, а также становятся более устойчивыми к суровым климатическим условиям. Повышение этих свойств позволит вывести про-

изводство тканей с мембранным покрытием на более высокий качественный уровень.

Работа выполнена на оборудовании ЦКП «Наноматериалы и нанотехнологии» при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы» по госконтракту 16.552.11.7060.

Литература

1. Покровская Е.П., Метелева О.В. Создание нового герметизирующего материала для защитных швейных изделий // Научный поиск. 2011. N 1. С.75-79.
2. Покровская Е.П., Метелева О.В., Бондаренко Л.И. Расширение функциональных возможностей герметизирующего материала при производстве защитных изделий // Тез. докл. межд. науч.-практ. конф. «Сегодня и завтра медицинского, технического и защитного текстиля. Роль традиционных и высоких технологий». 2012. С 88.
3. Кубеко. А. Функциональные ткани в профессиональной одежде нового поколения // Рабочая одежда и СИЗ. 2005. N 1(28). С.20.
4. <http://snowpro.ru/board/tkani.html>
5. <http://www.rasc.ru/gear/skiarticle12.shtml>
6. W. Y. Jeong, S. K. An. The transport properties of polymer membrane-fabric composites// Journal of materials science. 2001. Vol. 36. P. 4797 – 4803.
7. Patent US 6100208 A. Brown T.B., DeLucia M.L., Hudson R.L. Outdoor fabric. - pub. 2000.
8. Ткани «Чайковский текстиль» - контроль над стихиями // Рабочая одежда и СИЗ. 2008. N 4. С.2.
9. Новые ткани Чайковский текстиль // Рабочая одежда и СИЗ. 2008. N 1. С 8. 9. Патент RU 2357865. Мейсон В., Румиеш Д. Синтетическая изоляция с микропористой мембраной. – опубл. 2009.
10. Пискунова Е.Е., Васильев Д.М., Сорокина В.А., Кузнецова С.В., Кузнецов В.Б. Полиуретановые мембраны для защиты от рентгеновского излучения // Тез. докл. межд. науч.-практ. конф. «Сегодня и завтра медицинского, технического и защитного текстиля. Роль традиционных и высоких технологий». 2012. С 89.
11. Kutlu B., Cireli A. Thermal Analysis and Performance Properties of Thermal Protective Clothing// Fibres & Textiles in Eastern Europe. 2005. Vol. 3(51). P. 58-62.
12. Nadzeikienė J., Milašius R., Deikus J., Eičinas J., Kerpauskas P.; Evaluating thermal insulation properties of garment packet air interlayer, Fibres & Textiles in Eastern Europe. 2006. Vol. 1(55) P. 34-46.
13. Jasińska I., Frydrych I., Sybilska W. Thermoinsulation parameters of Gore-tex fabrics – part 2// Przegląd Włókienniczy. 2005. Vol. 7. P. 34-37.
14. Uçar N., Yilmaz T.; Thermal properties of 1×1, 2×2, 3×3 rib knit fabrics // Fibres & Textiles in Eastern Europe. 2004. Vol. 3 (47). P.
15. Le C.V., Ly N.G., Postle R. Heat and Moisture Transfer in Textile Assemblies. Part I: Steaming of Wool, Cotton, Nylon and Polyester Fabric Beds // Text. Res. J. 1995. Vol. 4(65), P.
16. Frydrych I., Sybilska W., Wajszczyk M. Analysis of Selected Physical Properties of Membrane Fabrics Influencing the Utility Comfort of Clothing// Fibres & Textiles in Eastern Europe. 2009. Vol. 6 (77). P. 50-55.
17. Brzezinski S., Malinowska G., Nowak T., Schmidt H., Marcinkowska D., Kaleta A. Structure and Properties of Microporous Polyurethane Membranes Designed for Textile-Polymeric Composite Systems// Fibres and Textiles in Eastern Europe. 2005. Vol. 13(6). P. 53-58.
18. Report on the realization of the research project: «Modern multi-layer textile-polymeric systems designed for special types of protective and sports clothing», (in Polish), Research Report by ITME No 4 T08E 02122, 24.
19. Barthlott W., Neinhuis C. Special-Lotus Effect: Nature's model for self-cleaning surfaces// International Textile Bulletin-English Edition. 2001 Vol. 50(9), P. 461-465.
20. Barthlott W., Neinhuis C. Purity of the sacred lotus, or escape from contamination in biological surfaces// Planta. 1997. Vol. 208. P.1.
21. Patent EP 1652995 A1. Chen Y.C., Chung H. Method of preparing fabrics having lotus leaf effect and fabrics having lotus leaf effect. - pub. 2006.
22. Patent US 4055702 A. Guthrie R.T., Hirshman J.L., Littman S., Sukman E.L., Ravenscroft P.H. Additive-containing fibers. - pub. 1977.
23. Патент RU 2418016. Баранов В.Д., Мишаков В.Ю., Баранова О.Н., Золина Л.И. Способ получения трудногорючих полимерных изделий на основе полиэтилен-рефталата с биоцидными свойствами. – опубл. 2010.
24. Абдуллин И.Ш., Ибрагимов Р.Г., Парошин В.В. ВЧЕ-плазма в технологии изготовления трубчатых ультрафильтров// Вестник Казанского технологического университета. 2012. N 15. С. 63-66.
25. Абдуллин И.Ш., Ибрагимов Р.Г., Парошин В.В., Зайцева О.В. Композиционные мембраны// Вестник Казанского технологического университета. 2012. N 15.С. 67-75.
26. Абдуллин И.Ш., Ибрагимов Р.Г., Парошин В.В., Зайцева О.В. Регенерация модифицированных композиционных мембран ВЧЕ-плазмой пониженного давления// Вестник Казанского технологического университета. 2013. N 3. С. 35-40.
27. Абдуллин И.Ш., Ибрагимов Р.Г., Зайцева О.В., Вишневский В.В., Осипов Н.В. Исследование регенерированных в ННТП полиэфирсульфоновых мембран методом ИК-спектроскопии// Вестник Казанского технологического университета. 2013. N 21. С. 168-170.
28. Abdullin I.S., Ibragimov R.G., Paroshin V.V., Zaitseva O.V. Regeneration of polymeric membranes of high-frequency capacitive plasma of low pressure // 5th CESPC, 25-29 August 2013, Balatonalmadi, Hungary, 2013. P 35.
29. Abdullin I.S., Gafarov I.G., Ibragimov R.G., Paroshin V.V., Zaitseva O.V. Surface modification of different materials in RF plasma discharge // 5th CESPC, 25-29 August 2013, Balatonalmadi, Hungary, 2013. P 34.
30. Абдуллин И.Ш. Регенерация модифицированных композиционных мембран ВЧЕ-плазмой пониженного давления/ И.Ш. Абдуллин [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. - 2013. - №3. -С.35-40.

© **И. Ш. Абдуллин** – д.т.н., проф., зав. каф. плазмохимических и нанотехнологий высокомолекулярных материалов КНИТУ, abdullin_i@kstu.ru; **Р. Г. Ибрагимов** к.т.н. доцент кафедры ТОМЛП КНИТУ, modif@inbox.ru; **О. В. Зайцева** – асп. каф. плазмохимических и нанотехнологий высокомолекулярных материалов КНИТУ, olesya-zef@yandex.ru; **В. В. Вишневский** – студ. той же кафедры; **Н. В. Осипов** – студ. той же кафедры.

© **I. Sh. Abdullin** – Ph.D., Plasma Technology and Nanotechnology of High Molecular Weight Materials Department, KNRTU, abdullin_i@kstu.ru; **R. G. Ibragimov** - Ph.D. associate professor the department of TEMLI KNRTU, modif@inbox.ru; **O. V. Zaitseva** - postgraduate student the department PNTMC KNRTU, olesya-zef@yandex.ru; **V. V. Vyshnevskiy** - student, the department PNTMC KNRTU; **N. V. Osipov** - student, the department PNTMC KNRTU.

