

Е. Ю. Гоголева, Т. В. Сергадеева, М. В. Антонова

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛА С МЕМБРАННЫМ ПОКРЫТИЕМ

Ключевые слова: полиамидная ткань, полиуретан, композиция, мембрана, технология.

Статья посвящена вопросу использования российского сырья для создания беспоровой мембраны на тканях для повседневной верхней одежды. Кратко описаны виды и свойства, применяемых в текстильной отрасли мембран. Особое внимание уделено мембранам на основе вспененного полиуретана. В данном исследовании в качестве текстильной основы использована полиамидная ткань, российского производителя ООО «Балтекс». Для создания мембраны выбрана полимерная композиция российского производства: водная, не содержащая растворителей, синтетическая дисперсия на основе полиуретана. Композиция представляла собой вспененную готовую пасту, которая непосредственно перед нанесением на текстильный материал дополнительно вспенивается с добавлением шивающего агента Фиксатора Си ОАО «Пигмент». Оценка возможности применения полиуретановой дисперсии определялась по показателям водонепроницаемости, паропроницаемости и стойкости покрытия к истиранию. Определены технологические параметры нанесения композиции на полиамидную ткань. Выявлено, что для достижения требуемых показателей водонепроницаемости, необходимо введение в полимерную композицию шивателя. Введение шивателя приводит к формированию более жесткой и прочной полимерной структуры. Для оценки шивающего действия, после процесса отверждения полиуретановое покрытие исследовано на устойчивость к действию органических растворителей и механических воздействий. Термофиксация проводилась на сушильно-цирельной стабилизационной машине в течение 2 минут при температуре 170 °С. Выявлено, что данный вид обработки способствует уплотнению структуры покрытия, что подтверждается показателем стойкости к истиранию - более 15000 циклов. Пропитанная ткань обладает устойчивостью к действию органических растворителей, приемлемыми показателями паропроницаемости и водонепроницаемости.

Е. Yu. Gogoleva, T. V. Sergadeeva, M. V. Antonova

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR PRODUCTION OF TEXTILE MATERIAL WITH MEMBRANE COATING

Keywords: polyamide fabric, polyurethane, composition, membrane, technology.

The article is devoted to the issue of using Russian raw materials to create poreless membranes on fabrics for everyday outerwear. Types and properties of membranes used in the textile industry are briefly described. Particular attention is paid to membranes based on polyurethane foam. In this study, polyamide fabric, Russian manufacturer LLC 'Balteks' was used as a textile base. To create the membrane, a polymer composition of Russian manufacture was chosen: an aqueous, solvent-free, synthetic dispersion based on polyurethane. The composition was a foamed ready-made paste, which is additionally foamed with addition of cross-linking agent Fixator Si JSC 'Pigment' just before application to the textile material. Assessment of the possibility of polyurethane dispersion application was determined by the indicators of water resistance, vapour permeability and abrasion resistance of the coating. Technological parameters of the composition application on polyamide fabric were determined. It is revealed that in order to achieve the required indicators of water resistance, it is necessary to introduce a crosslinker into the polymer composition. The introduction of crosslinker leads to the formation of a more rigid and durable polymer structure. To evaluate the crosslinking action, after the curing process, the polyurethane coating was investigated for resistance to organic solvents and mechanical effects. Thermofixation was carried out on a dryer-shear stabilization machine for 2 minutes at a temperature of 170 °C. It was revealed that this type of treatment promotes densification of the coating structure, which is confirmed by the abrasion resistance index - more than 15000 cycles. The impregnated fabric has resistance to organic solvents, acceptable indicators of vapour permeability and water resistance.

Введение

Мембранные технологии в текстильном производстве в России используются более 20 лет. Несмотря на то, что текстильные материалы с мембранным покрытием становятся все более востребованными, сырье и материалы, которые используются для производства данных текстильных материалов, почти полностью остаются импортными. На фоне санкций и новых ограничительных мер, отечественные текстильные предприятия испытали трудности, связанные с доставкой необходимого сырья из-за рубежа [1]. Другая проблема – это высокий курс доллара по отношению к рублю, что, в свою очередь, де-

лает нерентабельным любой проект, в котором задействованы импортные реагенты. Поэтому отечественные текстильные предприятия нацелены на поиск альтернатив зарубежным материалам.

Производство тканей с мембранным покрытием является одним из современных направлений в области инновационных технологий в текстильной промышленности [2]. Применение мембран в текстильном производстве имеет своей целью изготовление непромокаемых и, в то же время, «дышащих» текстильных материалов, т.е. обладающих такими основными потребительскими свойствами как водонепроницаемость и паропроницаемость.

Основной задачей при создании текстильного материала с мембранным покрытием является выбор

полимерной композиции, на основе которой можно получить пленку, обладающую требуемым уровнем функциональности и соответствовать условиям эксплуатации.

Мембраны, которые используются в текстильном производстве, классифицируют по таким признакам как структура, применяемые в их производстве материалы, механизм влагопереноса и способ соединения с текстильным материалом.

По структуре выделяются два типа мембран: микропористые и беспоровые. Микропористая мембрана представляет собой пленку, уникальные свойства которой обусловлены ее строением. В ней существует система сквозных пор (на надмолекулярном или морфологическом уровне), которые обеспечивают проницаемость водяных паров. Поры могут быть изолированными друг от друга или образуют лабиринтообразную систему связанных между собой каналов [3]. Для производства микропористых мембран используются политетрафторэтилены и полиуретаны [4, 5].

Беспоровые мембраны представляют собой пленку или покрытие, не имеющие пор или микроскопических отверстий. Вместо этого она имеет микроскопические каналы, которые позволяют молекулам пара проходить через нее, но блокируют капли воды [6-8].

По химическому составу такие мембраны могут быть полиэфирными и полиуретановыми.

Полиуретановые беспоровые мембраны не являются мембранами как таковыми (т.е. пленками), а являются очень тонкими слоями полимера с особыми свойствами. Беспоровые полиуретановые мембраны содержат множество микроячеек со сложной, извилистой формой, напоминающей структуру губки. Для получения беспоровой полиуретановой мембраны используется вспененный полиуретан (ППУ).

Долгое время мембранные ткани выпускались исключительно за рубежом. Российский текстильный рынок освоил мембранные технологии относительно недавно. В настоящее время отечественный рынок производителей текстильных мембранных материалов значительно отстает от зарубежных рынков.

На отечественном рынке для производства верхней повседневной одежды, а также обуви преимущественно используются текстильные материалы с беспоровым мембранным покрытием [9,10]. Это, прежде всего, связано с малозатратным производством подобных материалов, их высокой прочностью и стойкостью к агрессивным химическим соединениям. Они долговечны, не требуют бережного ухода, исправно работают в широком диапазоне температур [10].

Актуальность работы связана с необходимостью разработки технологии получения текстильного материала с мембранным покрытием с использованием отечественных полимеров, с высокими эксплуатационными свойствами и рыночной ликвидностью.

Целью работы являлось исследование возможности применения пенополиуретановой композиции отечественного производства, для создания текстильных материалов с беспоровым мембранным покрытием.

Объекты и методы исследования

В качестве текстильной основы использована полиамидная ткань с поверхностной плотностью - 125 г/м², производства ООО «Балтекс», Россия. Для получения текстильного материала для верхней повседневной одежды использовалась беспоровая мембрана, для получения которой применялась полимерная готовая паста компании ОАО «Пигмент». Паста представляла собой водную, не содержащую растворителей, синтетическую дисперсию на основе полиуретана. Это многофазная система, состоящая из диспергированных пузырьков газа, непрерывной жидкой фазы и поверхностно-активных веществ. Точный состав композиции производитель не сообщает. Содержание активного вещества в пасте 47%±2.

В качестве сшивающего агента выбран Фиксатор Си, ТУ 2484-186-05800142-2.004, производитель ОАО «Пигмент». Текстильно-вспомогательное вещество Фиксатор Си, представляет собой метиловый эфир N-оксиметилового производного меламина.

Нанесение пенополиуретанового покрытия осуществлялось на сушильно-ширильной машине «Элитекс», дополнительно оборудованной узлом нанесения и пеногенератором.

Паста закачивалась в емкость пеногенератора. Одновременно в пеногенератор подавался сжатый воздух, который дополнительно вспенивал ППУ.

Оценка возможности применения ППУ определялась по показателям его водонепроницаемости на тестере гидростатического давления EU-1500 «Sporttex» по ГОСТ 28486-90 и паропроницаемости ГОСТ 22900-78. Стойкость покрытия к истиранию оценивалась согласно ГОСТ Р ИСО 5470-2-2017 на приборе ДИТ-М.

Результаты экспериментов и обсуждение

Соединение текстильного материала с беспоровой полиуретановой мембраной осуществлялось наносным способом. Технологический процесс включает в себя следующие стадии: подготовка пасты; механическое вспенивание; сушка; формование и отверждение; окончательная обработка композиции.

Емкость с полимерной композицией помещалась под механическую мешалку со скоростью перемешивания 1000 оборотов в минуту. Далее, с помощью центробежного насоса полимерная масса подавалась в миксер, в котором осуществлялось интенсивное перемешивание и дополнительное вспенивание композиции сжатым воздухом. Плотность композиции регулировалась мощностью и продолжительностью перемешивания. Вязкость композиции измерялась методом вращающегося вискозиметра. Вязкость полимерной композиции составила 15 дПас, она обладала текучестью и хорошо проникала в текстильный материал при нанесении покрытия.

Вспененный полиуретан наносился на текстильный материал ножом-раклею, с помощью которого осуществлялось выравнивание покрытия, частичное вдавливание полимерной массы в капиллярно-пористую структуру ткани и удаление избытка полимерной массы с поверхности материала.

После формирования полимерного слоя композиционный материал сушился при температуре 100 °С в течение 4 минут. Далее материал подвергался каландрированию при температуре 80°С в течение 2 минут для фиксации и отверждения покрытия.

После отвержения покрытия проведены промежуточные испытания на водонепроницаемость текстильного материала с беспоровым пенополиуретановым покрытием.

Выявлено, что давление воды, которое выдержал текстильный материал с беспоровой мембраной составило 900 мм в.ст, что не соответствует нормативно технической документации для данного текстильного материала. Кроме того, пенополиуретановое покрытие налипало на фиксирующее кольцо и после контакта с водой истиралось при механическом воздействии.

Одной из возможных причин плохой прочности и липкости покрытия может быть недостаточная сшивка полимерных цепей, вызванная недостатком количества сшивающего агента в композиции. Сшивающими агентами называют вещества, молекулы которых взаимодействуют с функциональными группами в молекулярных цепях полимеров, образуя поперечные связи, и используются для сшивки линейных макромолекул в единую трехмерную сетку на стадии отверждения. Эти дополнительные химические связи соединяют молекулярные цепи друг с другом, ограничивая их подвижность, что приводит к формированию более жесткой и прочной полимерной структуры [11,12].

Выбор сшивателя обусловлен тем, что меламиноформальдегидные смолы имеют высокую реакционную способность, обусловленную наличием нескольких реакционноспособных групп в одной молекуле [13]. Компонент добавлялся в пасту при постоянном перемешивании механической мешалкой перед подачей её в пеногенератор. Чтобы определить эффективность сшивающего действия, после процесса отверждения, ткани с покрытием исследованы на водонепроницаемость, устойчивость к действию растворителя и механические воздействия.

Рекомендуемая производителем концентрация Фиксатора Си для пленочных покрытий составляет от 0,7% до 6% от массы полимера. При введении в пасту сшивателя в количестве 0,7-2% промежуточные испытания на водонепроницаемость текстильного материала не показали достаточных значений водоотталкивания. При концентрации Фиксатора Си 3- 6% от массы полимера увеличился показатель водостойкости покрытия. Сшиватель реагирует с реакционноспособными группами полимерной матрицы. В результате происходит сшивание линейных макромолекул в единую трёхмерную пространственную структуру, которая имеет более плотное строение.

Исследования на водонепроницаемость показали увеличение сопротивления давлению воды (рис.1).

Результаты проведенных испытаний показали, что дополнительное введение сшивающего агента значительно увеличило водостойкость покрытия до 1600 мм.вод.ст.

Испытание на стойкость к органическим растворителям проводилось с помощью металлической кюветы с крышкой, в которую помещался текстильный материал с покрытием и ацетон, в качестве растворителя. Образцы выдерживались в ацетоне в течение 3 часов, после чего стойкость покрытия оценивалась визуально, по наличию видимых повреждений. Выявлено, что покрытие с добавлением сшивателя не растворилось в ацетоне, не имеет трещин и повреждений, растворитель вызвал лишь незначительное набухание ППУ. Стойкость покрытия к истиранию оценивали по количеству циклов истирания, а также визуально после 500 циклов. Покрытие на образце, не обработанном растворителем, осталось без повреждений, покрытие, обработанное ацетоном, имело незначительное повреждение поверхностного слоя.

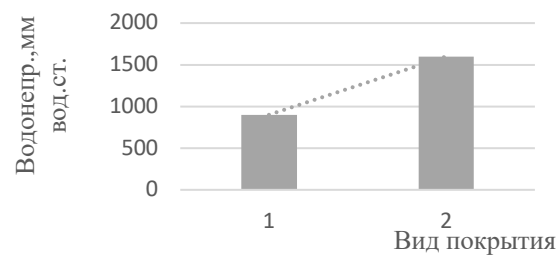


Рис. 1 – Изменение водонепроницаемости ткани с покрытием: 1- ППУ; 2 – ППУ со сшивателем

Fig. 1 – Variation of water resistance of coated fabric: 1 - polyurethane foam (PU); 2 - PU with stapler

В таблице 1 представлены характеристики полученной ткани с беспоровым мембранным покрытием.

Таблица 1 – Некоторые характеристики полученной ткани с беспоровой мембраной

Table 1 – Some characteristics of the obtained fabric with poreless membrane

Наименование показателей	Норма по НД/НПА	Фактическое значение
Ширина ткани, см	150±2	150,7
Поверхностная плотность, г/м ²	125-6, плюсовой допуск не ограничивается	139,2
Стойкость к истиранию, циклы, не менее	6000	15325
Водонепроницаемость, мм вод.ст. не менее	1500	1600
Паропроницаемость, кг/м ² в сутки, не менее	2,5	2,8

После каландра материал подвергался дополнительной термической обработке для окончательной фиксации полимеризации полиуретанового покрытия. Последующая термофиксация необходима для структурирования полимерной пленки на поверхно-

сти тканого материала [14,15]. Термофиксация проводилась на сушильно-ширильной стабилизационной машине при температуре 170°C, 2 минуты.

Вывод

Исследована возможность применения пенополиуретановой композиции отечественного производства, для создания текстильных материалов с беспоровым мембранным покрытием. Определены параметры технологического процесса получения беспорового мембранного покрытия.

Установлено, что применение вспененного пенополиуретана возможно в композиции со сшивающим агентом на основе меламинаформальдегидной смолы при концентрации последней 3 - 6%. Ткань с покрытием обладает устойчивостью к действию органических растворителей, приемлемыми показателями паропроницаемости 2,8 кг/м² в сутки и водонепроницаемости 1600 мм водн.ст.

Применение российских препаратов в отделке текстильных материалов может привести к снижению зависимости от импорта и повышению конкурентоспособности отечественных производителей текстильной продукции.

Литература

1. Е. Г. Любовцева, И. А. Гордеева, *Oeconomia et Jus.*, 3, 8-14 (2022).
2. А. Ю. Кутняков, *Легкая промышленность. Курьер*, 1, 14-19 (2023).
3. Д. К. Панкевич, *Материалы и технологии*, 1 (7), 35-42 (2021).
4. Э. А. Хамматова, Р. Ф. Гайнутдинов, *Технология текстильной промышленности*, 5(395), 18-22 (2021).
5. Qiang Guo, Yan Huang, Mengdi Xu, Qinglin Huang, Jinxue Cheng, Shiwen Yu, Yuxin Zhanga, Changfa Xiao. *Journal of Membrane Science*, 664, (2022). DOI:10.1016/j.memsci.2022.121115.
6. А. Н. Буркин, Д. К. Панкевич, В. Г. Кудрицкий, *Полимерные материалы и технологии*, 6, 3, 12 (2020).
7. F.-L. Zhu, *Thermal Science*, 17, 5, 1293-1298 (2013).
8. J. E. Ruckman, *International Journal of Clothing Science and Technology*, 1, 9, 10-22 (1997).
9. О. И. Одинцова, Е. В. Румянцев, О. В. Козлова, В. Е. Румянцева, Е. Г. Полушин, А. Н. Русакова, *Технология текстильной промышленности*, 6 (390) 127-134 (2020).

10. Д. И. Скороходова, А. Е. Ролдугина, *Вестник магистратуры*, 8(83), 9-11 (2018).
11. М. В. Пасечник, Е. А. Кучер, *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, 2/6 (80), 4-12 (2016).
12. И.Н. Слепчук, О. Я. Семешко, Ю. Г. Сарибекова, И. Н. Кулиш, *Вестник Херсонского национального технического университета*, 2 (61), 199-205 (2017).
13. А. А. Мещерякова, *Лесотехнический журнал*, 2, 141-146, (2012).
14. Н. Н. Ясинская, В. И. Ольшанский, А. Г. Коган. *Термообработка при формировании композиционных текстильных материалов*, УО «ЛВоГТУ», Витебск, 2019. 162 с.
15. Н. Н. Ясинская, В. И. Ольшанский, Е. В. Чекасова-Ильюшкина, *Текстильная промышленность*, 3, 16-18 (2010).

References

1. E. G. Lyubovtseva, I. A. Gordееva, *Oeconomia et Jus.*, 3, 8-14 (2022).
2. A. Y. Kutnyakov, *Light Industry. Courier*, 1, 14-19 (2023).
3. D. K. Pankevich, *Materials and Technologies*, 1 (7), 35-42 (2021).
4. E. A. Khammatova, R. F. Gainutdinov, *Technology of textile industry*, 5(395), 18-22 (2021).
5. Qiang Guo, Yan Huang, Mengdi Xu, Qinglin Huang, Jinxue Cheng, Shiwen Yu, Yuxin Zhanga, Changfa Xiao. *Journal of Membrane Science*, 664, (2022). DOI:10.1016/j.memsci.2022.121115.
6. A. N. Burkin, D. K. Pankevich, V. G. Kudritsky, *Polymeric materials and technologies*, 6, 3, 12 (2020).
7. F.-L. Zhu, *Thermal Science*, 17, 5, 1293-1298 (2013).
8. J. E. Ruckman, *International Journal of Clothing Science and Technology*, 1, 9, 10-22 (1997).
9. O. I. Odintsova, E. V. Rumyantsev, O. V. Kozlova, V. E. Rumyantseva, E. G. Polushin, A. N. Rusakova, *Technologiya textilnoy promyshlennosti*, 6 (390) 127-134 (2020).
10. D. I. Skorokhodova, A. E. Roldugina, *Vestnik magistratura*, 8(83), 9-11 (2018).
11. M. V. Pasechnik, E. A. Kucher, *East European Journal of Advanced Technologies*, 2/6 (80), 4-12 (2016).
12. I. N. Slepchuk, O. Y. Semeshko, Y. G. Saribekova, I. N. Kulish, *Bulletin of Kherson National Technical University*, 2 (61), 199-205 (2017).
13. А. А. Meshcheryakova, *Lesotechnicheskiy Zhurnal*, 2, 141-146, (2012).
14. N. N. Yasinskaya, V. I. Olshansky, A. G. Kogan. *Heat treatment in the formation of composite textile materials*, UE 'IVoGTU', Vitebsk, 2019. 162 p.
15. N. N. Yasinskaya, V. I. Olshansky, E. V. Chekasova-Ilyushkina, *Textile Industry*, 3, 16-18 (2010).

© **Е. Ю. Гоголева** – магистрант кафедры Технологии химических и натуральных волокон и изделий (ТХНВИ), Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), Казань, Россия, gogoleva17@yandex.ru; **Т. В. Сергадеева** – магистрант кафедры ТХНВИ, КНИТУ, sergadeevatv@newbaltex.ru; **М. В. Антонова** – к.т.н, доцент кафедры ТХНВИ, КНИТУ, marisha.10@list.ru.

© **E. Yu. Gogoleva** – Master-Student, the department of Technology of Chemical and Natural Fibers and Products (TCNFP), Kazan National Research Technological University (KNRTU), Kazan, Russia, gogoleva17@yandex.ru; **T. V. Sergadeeva** – Master-Student, the TCNFP department, KNRTU, sergadeevatv@newbaltex.ru; **M. V. Antonova** – PhD (Technical Sci.), Associate Professor, the TCNFP department, KNRTU, marisha.10@list.ru.

Все статьи номера поступили в редакцию журнала в период с 15.11.24 по 15.12.24.