

Библиографический список

1. Евтухов И. Зачем необходимо развивать деревянное домостроение // Российская Газета : официальный сайт. URL: <https://rg.ru/2019/09/12/zachem-neobhodimo-razvivat-dereviannoe-domostroenie-v-rossii.html> (дата обращения: 13.02.2020).
2. Опубликован паспорт национального проекта «Жилье и городская среда» // Правительство Российской Федерации : официальный сайт. URL: <http://government.ru/info/35560/> (дата обращения: 13.02.2020).
3. Рынок деревянного домостроения: проблемы, возможности, перспективы // Лес-проминформ : официальный сайт. URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=5235> (дата обращения: 14.02.2020).
4. 15 трендов в частном домостроении: наглядно сравним 1999 и 2019 гг. // Яндекс. URL: <https://zen.yandex.ru/media/vescoconstruction/15-trendov-v-chastnom-domostroenii-nagliadno-sravnim-1999-i-2019-gg-5dfcd88a0a451800ae91fc81> (дата обращения: 16.02.2020).
5. «Деревянная» ипотека 2.0: как будет работать программа льготных кредитов // РБК. 2019. 26 авг. URL: <https://realty.rbc.ru/news/5d63b71e9a7947bd64a3d3b6> (дата обращения: 14.02.2020).
6. ГОСТ Р ИСО 14040–2010. Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Принципы и структура. Взамен ГОСТ Р ИСО 14040–99; введ. 2010-06-01. М. : Стандартинформ, 2010.

Е. И. Ивашко, Д. К. Панкевич

Витебский государственный технологический университет

ivashkokatrinka@mail.ru, dashapan@mail.ru

УДК 677.017.636

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КОМПОЗИЦИОННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ГИДРОСТАТИЧЕСКИМ ПРИБОРОМ

В статье представлены результаты исследования структуры и водопроницаемости композиционных текстильных материалов, содержащих гидрофобный губчатый мембранный слой. Путем сравнения с результатами сканирующей электронной микроскопии проведена первичная валидация методики определения диаметра наиболее крупных пор мембранного слоя гидростатическим прибором. В ходе проведенной работы установлено, что можно определять диаметр наиболее крупных пор гидрофобного мембранного слоя толщиной от 60 до 75 мкм, входящего в состав композиционных текстильных материалов, расчетным методом по значению водопроницаемости материалов.

Ключевые слова: *композиционные текстильные материалы, гидрофобная мембрана, структура, диаметр пор, водопроницаемость, метод.*

E. I. Ivashko, D. K. Pankevich

Vitebsk State Technological University

RESEARCH OF THE STRUCTURE OF COMPOSITE TEXTILE MATERIALS WITH A HYDROSTATIC INSTRUMENT

The article presents the results of a study of the structure and water permeability of composite textile materials containing a hydrophobic spongy membrane layer. By comparing with the results of scanning electron microscopy, the primary validation of the method for determining the diameter of the largest pores of the membrane layer by a hydrostatic device was carried out.

In the course of the work, it was found that it is possible to determine the diameter of the largest pores of a hydrophobic membrane layer with a thickness of 60 to 75 μm , which is part of composite textile materials, by the calculation method from the value of water permeability of materials.

Keywords: composite textile materials, hydrophobic membrane, structure, pore diameter, water permeability, method.

За последние десятилетия композиционные материалы с мембраной стали очень популярны благодаря уникальным потребительским свойствам – паропроницаемости и высокому уровню водонепроницаемости. Пористые мембраны из гидрофобных полимеров или монолитные диффузионные мембраны из гидрофильных полимеров, входящие в состав композиционного материала, определяют его свойства [1].

Пористые мембраны губчатой структуры представляют собой сплошную твердую фазу полимера, в которой поры и каналы объединены в общую разветвленную систему. От размера пор мембранного слоя зависят основные гигиенические свойства композиционных материалов – водопроницаемость и паропроницаемость [2]. Поэтому информация об особенностях структуры мембраны важна для прогнозирования уровня гигиенических свойств композиционного материала, ее содержащего.

Для исследования пористой структуры мембранных материалов используются различные методы: электронная микроскопия, ртутная порометрия и метод «точки пузырька», который является наименее дорогим и простым в реализации. Он обеспечивает простой путь определения в мембране сквозных пор максимального размера: измеряется давление, необходимое для проскока воздуха через мембрану, заполненную водой [3]. Связь между давлением и диаметром поры определяется уравнением Лапласа (1):

$$P = \frac{4\sigma \cos \theta}{d}, \quad (1)$$

где σ – коэффициент поверхностного натяжения на границе жидкость-воздух, дин/см. Для воды при 20 °С $\sigma = 72$ дин/см; θ – краевой угол смачивания (в момент проникания жидкости в пору $\theta = 0^\circ$); d – диаметр поры, мкм; P – давление, необходимое для проникания жидкости через пору, см. рт. ст [3].

Приведенное к единицам системы СИ и при условии использования в качестве жидкости воды уравнение (1) приобретает вид (2):

$$P = \gamma \frac{c}{d}, \quad (2)$$

где γ – коэффициент перехода к единицам системы СИ ($\gamma = 1,3333 \cdot 10^{-3}$ МПа/см рт. ст.); c – константа ($c = 221,3$ мкм·см рт. ст.) [4].

Использование известного уравнения Лапласа позволяет определять диаметр наиболее крупных сквозных пор мембранных пористых материалов одновременно с измерением их водопроницаемости методом высокого гидростатического давления. Это означает, что водопроницаемость мембранных материалов с гидрофобной пористой мембраной можно прогнозировать по известным параметрам пористой структуры и наоборот.

При исследовании водопроницаемости приборами, рекомендованными стандартами на текстильные материалы для одежды и обуви, при подаче

высокого гидростатического давления образец материала, закрепленный в зажимном устройстве, деформируется. В данном случае уравнение Лапласа не работает, поскольку диаметр пор изменяется в процессе испытания, о чем подробно изложено в источниках [4, 5].

Для исследования пористой структуры мембраны необходим гидростатический прибор, исключающий деформацию образца во время испытания. Такой прибор и методика определения диаметра наиболее крупных пор мембранного гидрофобного слоя композиционных текстильных материалов методом «точки пузырька» разработаны сотрудниками УО «Витебский государственный технологический университет» [6].

Целью данного исследования является первичная валидация методики определения диаметра наиболее крупных пор композиционных текстильных материалов с гидрофобной мембраной гидростатическим прибором.

Исследовали материалы, содержащие гидрофобный губчатый мембранный слой толщиной от 60 до 75 мкм, нанесенный на текстильную основу. Все материалы используются предприятиями Республики Беларусь для изготовления водозащитных курток.

С целью получения достоверных данных о структуре исследуемых материалов проводилась их сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) с помощью микроскопа TESCAN VEGA. По микрофотографии поверхности и продольного сечения мембранного слоя с применением программного обеспечения микроскопа определяли параметры его структуры. Результаты этого исследования представлены в таблице 1. Для целей валидации в качестве эталонного значения принято значение диаметра наиболее крупной поры.

Таблица 1

Результаты исследования структуры материалов

| Номер образца | Производитель | Толщина мембранного слоя, мкм | Толщина мембранного слоя, мкм | Общая толщина, мкм | Диаметр наиболее крупной поры, мкм |
|---------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|------------------------------------|
| 1 | Taslan, Корея | 67,1 | 128,1 | 195,2 | 1,14 |
| 2 | ОАО Моготекс, РБ | 65,9 | 142,6 | 208,5 | 1,43 |
| 3 | Taslan, Корея | 73,3 | 129,5 | 202,8 | 1,14 |
| 4 | Ultrex, Корея | 70,7 | 125,1 | 195,8 | 2,15 |
| 5 | Ultrex, Корея | 74,4 | 179,4 | 253,8 | 0,85 |
| 6 | Hipora, Корея | 60,6 | 168,3 | 228,9 | 1,14 |
| 7 | ОАО Моготекс, РБ | 66,9 | 145,9 | 212,8 | 1,14 |
| 8 | Hipora, Корея | 72,8 | 158,5 | 231,3 | 1,43 |
| 9 | ОАО Моготекс, РБ | 70,2 | 167,2 | 237,4 | 2,86 |
| 10 | Ultrex, Корея | 67,9 | 153,6 | 221,5 | 0,85 |

При определении водопроницаемости материалов использовался гидростатический прибор и методика, характеристика которых представлена в источниках [6, 7].

Полученные с помощью СЭМ значения диаметра поры подставляли в выражение (2) и получали теоретические значения величины давления, необходимого для проникания воды через пору. Теоретическое значение давления, рассчитанное по формуле Лапласа для каждого образца, сравнивали с величиной

гидростатического давления, выдерживаемого образцом без промокания, полученной экспериментально в результате испытания гидростатическим прибором, и рассчитывали отклонение экспериментального значения от теоретического. Результаты представлены в таблице 2.

Анализ данных таблицы 2 показал, что отклонения теоретических значений от экспериментальных находятся в диапазоне от 0,45 % до 3,71 %, что свидетельствует о высокой сходимости результатов исследования.

Таблица 2

Сравнительный анализ результатов исследования

| Номер образца | Диаметр наибольшей поры, мкм | Давление, необходимое для проникания жидкости через пору, МПа | | Отклонение, % |
|---------------|------------------------------|---|-------------------|---------------|
| | | Теоретическое | Экспериментальное | |
| 1 | 1,14 | 0,259 | 0,260 | 0,45 |
| 2 | 1,43 | 0,206 | 0,200 | 3,07 |
| 3 | 1,14 | 0,259 | 0,260 | 0,45 |
| 4 | 2,15 | 0,137 | 0,140 | 2,01 |
| 5 | 0,85 | 0,347 | 0,340 | 2,05 |
| 6 | 1,14 | 0,259 | 0,260 | 0,45 |
| 7 | 1,14 | 0,259 | 0,260 | 0,45 |
| 8 | 1,43 | 0,206 | 0,200 | 3,07 |
| 9 | 2,86 | 0,103 | 0,100 | 3,07 |
| 10 | 0,85 | 0,347 | 0,360 | 3,71 |

На основании проведенного исследования можно заключить, что используя разработанную методику, можно определять диаметр наиболее крупных пор мембранного слоя толщиной от 60 до 75 мкм, входящего в состав композиционных текстильных материалов, не прибегая к сложному дорогостоящему методу сканирующей электронной микроскопии. Это позволит прогнозировать свойства композиционного водозащитного материала на этапе выбора его составляющих.

Библиографический список

1. Буркин А. Н., Махонь А. Н., Панкевич Д. К. Эксплуатационные свойства текстильных материалов : монография / под общ. ред. А. Н. Буркина. Витебск : ВГТУ, 2019. 218 с.
2. Рейтлингер С. А. Проницаемость полимерных материалов. М. : Химия, 1974. 272 с.
3. Мулдер М. Введение в мембранную технологию : пер. с англ. М. : Мир, 1999. 513 с.
4. Панкевич Д. К. Оценка эксплуатационных свойств композиционных слоистых текстильных материалов для водозащитной одежды : дис. ... канд. техн. наук. Витебск, 2017. 244 с.
5. Ивашко Е. И., Панкевич Д. К. Проблемы исследования водопроницаемости текстильных материалов // Материалы Междунар. науч.-технич. конф. молодых ученых «Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности» (г. Могилев, 24–25 октября 2019 г.). Могилев : Белорусско-Российский ун-т, 2019. С. 158.
6. Прибор для определения водонепроницаемости материалов методом гидростатического давления : пат. 10690 Республика Беларусь, МПК G 01N 15/08. № u 20150006; заявл. 2015.01.05; опубл. 30.06.2015.
7. Буркин А. Н., Панкевич Д. К. Водонепроницаемость текстильных материалов. Разработка методики и прибора для исследования // Стандартизация. 2016. Вып. 4. С. 52–59.