

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Научная статья

УДК 677

doi 10.34216/2587-6147-2021-4-54-5-9

Ирина Ивановна Морозова¹

Наталья Васильевна Тихонова²

Юлия Александровна Тимошина³

Эмиль Фаатович Вознесенский⁴

^{1,2,3,4}Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

¹irinarou@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6009-4545>

²nata.tikhonova.81@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6009-4545>

³ybuki@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4684-1510>

⁴how_diss@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7493-1471>

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ СОРБЦИОННО-ФИЛЬТРУЮЩЕГО ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

***Аннотация.** В статье приведены результаты исследования функционализации синтетических текстильных материалов сферическим активированным углем с применением адгезива для создания средств индивидуальной защиты (СИЗ) на основе отечественных компонентов. Особую актуальность данные материалы имеют в производстве сорбционно-фильтрующих СИЗ, которые должны обладать, наравне с высокими защитными характеристиками, высокими эксплуатационными свойствами, паро- и воздухопроницаемостью. В ходе работы исследовано влияние ВЧЕ-плазмы пониженного давления на модификацию материала основы. Доказано, что обработка плазмой нетканого полиэфирного материала (ПЭФ) ускоряет сорбционные процессы, обеспечивает равномерное покрытие волокон связующим, что позволяет сохранить воздухопроницаемость материала. Результаты проведенных экспериментальных исследований времени защитного действия по аммиаку продемонстрировали перспективы разработки отечественного сорбционно-фильтрующего текстильного материала на нетканой ПЭФ основе с закрепленным на полимерном связующем монослоем гранулированного активированного угля.*

***Ключевые слова:** активированный уголь, сорбционно-фильтрующий материал, фильтрующая защитная одежда, нетканый полиэфирный материал, ВЧЕ-плазма, газопроницаемость, адгезия*

***Для цитирования:** Морозова И. И., Тихонова Н. В., Тимошина Ю. А., Вознесенский Э. Ф. Исследование защитных и эксплуатационных свойств сорбционно-фильтрующего текстильного материала // Технологии и качество. 2021. № 4(54). С. 5–9. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-4-54-5-9>.*

Original article

Irina I. Morozova¹

Natalia V. Tikhonova²

Yulia A. Timoshina³

Emil F. Voznesensky⁴

^{1,2,3,4}Kazan National Research Technological University, Kazan, Tatarstan autonomy, Russia

RESEARCH OF PROTECTIVE AND OPERATIONAL PROPERTIES OF SORPTION-FILTERING TEXTILE MATERIAL

***Abstract.** The article presents the results of a study on the functionalisation of synthetic textile materials with spherical activated carbon using an adhesive to create personal protective equipment based on Russian components. These materials are of particular relevance in the production of sorption and filtering personal*

© Морозова И. И., Тихонова Н. В., Тимошина Ю. А., Вознесенский Э. Ф., 2021

protective equipment, which must have, along with high protective characteristics, high performance properties, vapour and air permeability. In the course of the work, the influence of the plasma of a capacitive high-frequency and low-pressure discharge on the modification of the base material was investigated. It has been proven that plasma treatment of polyester nonwoven material accelerates sorption processes, ensures uniform coverage of fibres with a binder, which allows maintaining the material's air permeability. The results of studies of the material for the time of protective action on ammonia demonstrated the prospects for the development of Russian sorption-filtering textile material on a non-woven polyester base with a monolayer of granular activated carbon fixed on a polymer binder.

Keywords: *activated carbon, sorption-active material, filter protective clothing, non-woven polyester material, high-frequency capacitive plasma, gas permeability, adhesion*

For citation: Morozova I. I., Tikhonova N. V., Timoshina Yu. A., Voznesensky E. F. Research of protective and operational properties of sorption-filtering textile material. *Technologies & Quality*. 2021. No 4(54). P. 5–9. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-4-54-5-9>.

Для защиты работников от воздействия химических веществ, оказывающих негативное влияние на здоровье человека (газы, аэрозоли, кислоты и др.), применяются изолирующие или фильтрующие средства индивидуальной защиты (СИЗ). Как известно, защитные свойства любого СИЗ обеспечиваются материалом, используемым для его изготовления, и конструкцией изделия. Разработка фильтрующей защитной одежды представляет собой сложную научно-техническую задачу [1].

Защитная одежда фильтрующего типа изготавливается из одного или нескольких слоев специальных материалов, пропускающих воздух, но не пропускающих пары и газы токсичных веществ.

Защитные свойства СИЗ фильтрующего типа определяются в основном используемыми сорбентами. В качестве сорбентов применяются природные или искусственные материалы с развитой поверхностью, которые хорошо поглощают (сорбируют) вещества из окружающей среды. Их сорбционные свойства зависят от химического состава, физического состояния поверхности, параметров микро- и мезопор, площади удельной поверхности и др.

В мировой практике при создании эффективных химзащитных материалов для защитной одежды широко используется активированный уголь (АУ). Перспективным направлением разработки защитных материалов за рубежом многие годы считаются технологии с использованием АУ, включая волокна и сферические сорбенты, где несомненным лидером в производстве остается фирма Blücher GmbH (Германия) [2].

Требование обеспечения высокого уровня защитных свойств зачастую противоречит требованиям обеспечения комфортных условий эксплуатации защитной одежды. Немаловажным аспектом в создании сорбционно-фильтрующих материалов для СИЗ является обеспече-

ние комфортного уровня паро- и воздухопроницаемости, что определяет фильтрующие свойства материала.

В связи с вышеизложенным с целью импортозамещения и повышения конкурентоспособности отечественных СИЗ актуальна разработка технологий получения сорбционно-фильтрующих защитных материалов, обладающих паро- и воздухопроницаемостью, с устойчиво закрепленным АУ на поверхности, с высокими сорбционно-фильтрующими характеристиками [3].

В настоящее время в АО «ВНИИСВ» (г. Тверь) разработана технология получения высоконаполненных сорбционно-активных волокнистых материалов путем введения мелкодисперсного активного наполнителя внутрь и на поверхность полиакрилонитрильного волокна в процессе аэродинамического формования из раствора полимера [4]. АО «КазХимНИИ» является автором технологии производства химзащитного материала, содержащего в качестве основы угленасыщенную крепированную¹ бумагу, армированную с двух сторон материалом с дискретным термостойким покрытием [5].

В рамках представленной работы экспериментально исследована возможность функционализации синтетического текстильного материала сферическим АУ с применением адгезива для создания сорбционно-фильтрующих СИЗ на основе отечественных компонентов.

На первом этапе исследовано влияние адгезива на пористость и газопроницаемость текстильной основы с целью обеспечения эксплуатационных и гигиенических свойств СИЗ, для поддержания термофизиологического комфорта работников в течение рабочей смены.

Объекты и методы исследования. В качестве промышленного аналога разрабатывае-

¹ Способ отделки бумаги, который применяется для повышения относительного удлинения и придания мягкости и эластичности.

мого материала использовали волокнистый угленасыщенный материал (ВУМ) производства АО «ВНИИСВ».

В качестве текстильной основы разрабатываемого материала использовали нетканый полиэфирный (ПЭФ) материал. В качестве клеевого состава использовали водную дисперсию сополимера эфиров акриловой и метакриловой кислот «Акрилан 421» (ООО «Акрилан», г. Владимир). В качестве адсорбента использован активированный уголь в виде сферических гранул производства НПО «Неорганика» (Россия).

На первом этапе исследований образцы текстильного материала обрабатывали клеевым составом по методике, аналогичной описанной в патенте [5], нанесение клеевой композиции проводилось в один слой с расходом 1 г/см^2 .

Одним из перспективных методов повышения адгезионных свойств текстильных волокон к полимерным связующим является обработка в плазме высокочастотного емкостного (ВЧЕ) газового разряда пониженного давления. Для улучшения равномерности нанесения адгезива на текстильную основу образцы исходного материала обрабатывали ВЧЕ-плазмой пониженного давления в экспериментальной плазменной установке [6] в следующем режиме: мощность разряда $W_p = 2,0 \text{ кВт}$; рабочее давление в рабочей камере $P = 30 \text{ Па}$; расход плазмообразующего газа (воздух) $G = 0,06 \text{ г/с}$; время обработки материала $\tau = 10 \text{ мин}$.

Исследования пористости и газопроницаемости проводили на аппарате POROLUX™100 – газожидкостной порометр. Для анализа размера пор применялся метод сканирующего давления. Стандартный анализ пористости методом газо-

динамической порометрии состоит из измерений двух кривых: мокрая кривая измеряется после пропитки образца смачивающей жидкостью, а сухая кривая измеряется на том же, не смоченном образце. Давление воздуха устанавливается в пределах выбранных границ. Расходомер контролирует поток газа, проходящего через образец. Смачивающая жидкость вытесняется из больших пор при меньшем давлении, а для опустошения меньших пор требуется более высокое давление [7].

На втором этапе текстильная основа после подготовки в ВЧЕ-плазме пониженного давления пропитывалась адгезивом с последующим закреплением на поверхности монослоя сферических гранул АУ по методике [5].

Защитные свойства опытного образца сорбционно-фильтрующего материала оценивали по времени защитного действия (ВЗД) образцов при воздействии газообразного аммиака (конц. $10,3 \pm 0,05 \text{ мг/л}$). Газообразный аммиак получен в лабораторных условиях АО «КазХимНИИ». Контроль содержания аммиака в газовой среде проводился по ГОСТ Р 12.4.286–2013. Газовоздушная смесь подавалась на образцы со скоростью $0,01 \dots 0,02 \text{ л/мин}$, площадь воздействия $20,0 \text{ см}^2$, воздух над образцами постоянно контролировался индикаторными трубками, согласно ГОСТ Р 21712–2001, секундомером фиксировалось время от начала до окончания воздействия аммиака.

Результаты и обсуждения. Параметры пористой структуры и газопроницаемости исследуемых образцов текстильной основы до и после нанесения адгезива, а также сопоставление этих параметров с аналогом российского производства представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты газожидкостной порометрии текстильных материалов

Образец	Наименьшая пора, мкм	Средний гидравлический диаметр пор, мкм	Максимальная пора (точка пузырька), мкм	Газопроницаемость, л/мин
ВУМ	3,05	16,05	66,97	90,67
Исходный нетканый ПЭФ материал	5,37	90,88	176,00	94,94
Нетканый ПЭФ материал, обработанный плазмой ВЧЕ разряда пониженного давления	3,66	25,44	179,00	94,93
Нетканый ПЭФ материал с нанесенным адгезивом	0,59	2,12	3,05	18,95
Нетканый ПЭФ материал, обработанный плазмой ВЧЕ разряда с последующим нанесением адгезива	0,47	5,38	6,26	47,86

Результаты газожидкостной порометрии (см. табл. 1) показывают, что по значениям размеров пор и газопроницаемости выбранный в качестве текстильной основы ПЭФ нетканый

материал превосходит отечественный аналог ВУМ. ВЧЕ плазменная обработка ПЭФ нетканого материала вызывает, предположительно, релаксационные процессы в материале, что

проявляется в перераспределении размеров малых и средних пор без существенного изменения значений газопроницаемости.

Нанесение клеевой композиции на нетканый ПЭФ материал приводит к заполнению пор и снижению значений газопроницаемости на 80 %. Нанесение адгезива на нетканый материал, предварительно обработанный в плазме ВЧЕ-разряда пониженного давления, приводит к снижению газопроницаемости на 50 %, что в 2,5 раза выше, чем у образца без плазменной подготовки текстильной основы. Обработка плазмой ПЭФ нетканого материала ускоряет

сорбционные процессы, обеспечивает равномерное покрытие волокон связующим, что позволяет сохранить большую часть пор незаполненными [8].

Для определения защитного действия получаемого сорбционно-фильтрующего материала образец текстильной основы обрабатывался плазмой ВЧЕ-разряда пониженного давления, наносился адгезив и монослой гранулированного АУ. Значения показателей ВЗД при воздействии газообразного аммиака для полученного образца сорбционно-фильтрующего материала и промышленного аналога представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Значения показателей ВЗД исследуемых образцов

Наименование образца	Результаты испытаний, мин
ВУМ	19
Нетканый ПЭФ материал, обработанный ВЧЕ-плазмой пониженного давления, с нанесением монослоя гранулированного АУ на полимерном связующем	19

ВЫВОД

Таким образом, результаты проведенных экспериментальных исследований продемонстрировали перспективы разработки отечественного сорбционно-фильтрующего текстильного материала на нетканой ПЭФ основе с закрепленным на полимерном связующем монослоем гранулированного АУ. ВЧЕ плазменная обра-

ботка текстильной основы перед нанесением полимерного связующего обеспечивает достаточно высокие показатели газопроницаемости. Гранулированный углеродный сорбент отечественного производства позволяет достичь уровня защитных свойств российского аналога, производимого промышленно.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Семочкин В. Н. Фильтрующие угленаполненные материалы для специальной одежды, защищающие от воздействия высокотоксичных и химически опасных веществ : дис. ... канд. техн. наук / Казан. гос. технол. ун-т. Казань, 2008. 140 с.
2. Синькелев А. П., Горошкин М. В., Дзюбенко А. П. Перспективы развития средств индивидуальной защиты кожи // Военная мысль. 2017. № 3. С. 59–65.
3. Разработка методики получения фильтрующе-сорбирующего текстильного материала / И. И. Морозова, Н. В. Тихонова, Ю. А. Тимошина, Э. Ф. Вознесенский // Известия вузов. Технология легкой промышленности. 2020. Т. 50, № 4. С. 68–71.
4. Разработка и производство сорбционно-активных нетканых материалов // Офиц. сайт АО «ВНИИСВ». URL: http://www.vniisv.com/proizvodstvo_sorbcionnoaktivnye_netkanye_materialov.aspx (дата обращения: 3.11.2020).
5. Патент РФ № 2388511 Российская Федерация, МПК А62D 5/00. Химзащитный термоклеевой композиционный материал для изготовления химзащитной одежды : № 2008140235/15; заявл. 09.10.08 : опубл. 10.05.10, Бюл. № 13 / Фатхутдинов Р. Х. ; заявитель и патентообладатель АО КазХимНИИ. 7 с.
6. Абдуллин И. Ш., Желтухин В. С., Кашапов Н. Ф. Высокочастотная плазменно-струйная обработка материалов при пониженных давлениях. Теория и практика применения. Казань : Изд-во Казан. у-та, 2000. 348 с.
7. Порометр POROLUX™ 100 : проспект // Porometer.ru : офиц. сайт компании ООО «ПромЭнерго-лаб». URL: https://www.porometer.ru/porometer_porolux_100 (дата обращения: 26.02.2021).
8. Гришанова И. А., Азанова А. А. Исследование свойств модифицированных полимерных текстильных материалов // Вестник Казанского технологического университета. 2012. № 21. С. 63–66.

REFERENCES

1. Semochkin V. N. Filtering carbon-filled materials for special clothing that protect against the effects of highly toxic and chemically hazardous substances: dissertation of a candidate of technical sciences. Kazan State Technological University, Kazan, 2008. 140 p.
2. Sinkelev A. P., Goroshkin M. V., Dzyubenko A. P. Prospects for the development of individual skin protection means. *Voennaya mysl'* [Military Thought]. 2017;3:59–65. (In Russ.)
3. Morozova I. I., Tikhonova N. V., Timoshin Yu. A., Voznesensky E. F. Development of a method for obtaining a filtering-sorbing textile material. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya legkoj promyshlennosti* [Proceedings of higher educational institutions. Light industry technology]. 2020;50,4:68–71. (In Russ.)
4. Development and production of sorption-active nonwovens. URL: http://www.vniisv.com/proizvodstvo_sorbcionnoaktivnye_netkanye_materialov.aspx (date of access: 3.11.2020).
5. Patent 2388511 Russian Federation, IPC A62D 5/00. Chemical protective hot-melt composite material for the manufacture of chemical protective clothing. Application: 2008140235/15, 10/09/08; publ. 10.05.10, Bul. No 13 / Fatkhutdinov R. Kh.; applicant and patentee of Aktsionernoe obshchestvo “Kazanskij khimicheskij nauchno-issledovatel'skij institut” (RU). 7 p.
6. Abdullin I. Sh., Zheltukhin V. S., Kashapov N. F. High-frequency plasma jet treatment of materials at reduced pressures. Theory and practice of application. Kazan, Kazan. State Univ. Publ., 2000. 348 p. (In Russ.)
7. POROLUX™ 100 : Prospectus // Porometer.ru. URL: https://www.porometer.ru/porometer_porolux_100 (date of access: 02.26.2021).
8. Grishanova I. A., Azanova A. A. Study of the properties of modified polymer textile materials. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University]. 2012; 21:63–66. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 14.10.2021
Принята к публикации 18.11.2021