УДК 677.07
DOI 10.47367/0021-3497_2025_2_136

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРЕТНОЙ ДОБАВКИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФИЛЬТРАЦИИ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ

INVESTIGATION OF ELECTRET ADDITIVE EFFECT ON FILTRATION EFFICIENCY OF NONWOVEN MATERIALS

Н.А. КОВЗУНОВ, Е.С. КОВЗУНОВА, Ю.С. ШУСТОВ, С.В. ПЛЕХАНОВА

H.A. KOVZUNOV, E.S. KOVZUNOVA, YU.S. SHUSTOV, S.V. PLEKHANOVA

(Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(**The Kosygin State University of Russia**)

E-mail: nikolay@kovzunov.ru, kovzunova@wesmir.com, shustov-yus@rguk.ru

В статье рассматривается влияние электретных добавок на качество фильтрации нетканых материалов, особенно мельтблауна, который широко применяется в производстве защитных и медицинских масок. Для решения данной задачи используется метод нанесения заряда с помощью электростатического поля после стадии формирования и скрепления холста при прохождении материала между электродами под действием высокого напряжения. Выработаны три варианта нетканого материала с различной поверхностной плотностью с нанесением и без нанесения электретной добавки. Во всех случаях проанализировано влияние добавок на эффективность фильтрации и сопротивление воздушному потоку при различных скоростях подачи воздуха. Результаты испытаний подтверждают эффективность добавления электретной добавки и нанесения заряда на нетканый материал – мельтблаун.

The article considers the effect of electret additives on the filtration quality of nonwoven materials, especially meltblown, which is widely used in the production of protective and medical masks. To solve this problem, a method of applying a charge using an electrostatic field after the stage of forming and bonding the canvas is used, including the passage of the material between electrodes under the action of high voltage. Three versions of nonwoven material with different surface densities were developed with and without the application of an electret additive. In all cases, the effect of filtration efficiency and air flow resistance at different air flow rates was analyzed. The test results confirm the effectiveness of adding an electret additive and applying a charge to a meltblown nonwoven material.

Ключевые слова: эффективность фильтрации, мельтблаун, нетканые материалы, респираторы, защитные маски, медицинские маски, электростатический заряд, электретные добавки.

Keywords: filtration efficiency, meltblown, nonwoven materials, respirators, protective masks, medical masks, electrostatic charge, electret additives.

Введение

Выбор подходящего фильтрующего слоя играет ключевую роль в производстве респираторов, защитных и медицинских масок. Основным материалом в качестве фильтрующего слоя традиционно служит мельтблаун, который обладает высокой эффективностью фильтрации частиц PFE благодаря своей уникальной структуре.

Для достижения максимальной эффективности и улучшения фильтрационных свойств на мельтблаун наносят электростатический заряд, в результате чего повышается способность материала удерживать микроскопические частицы, включая бактерии, вирусы и другие воздушные примеси, за счет эффективного притяжения заряженных частиц.

Методика нанесения заряда и его тип зависят от специфических требований к фильтру и желаемой эффективности. Одним из наиболее распространенных методов является нанесение заряда с помощью электростатического поля после стадии формования и скрепления холста при прохождении материала между электродами под действием высокого напряжения (рис. 1).

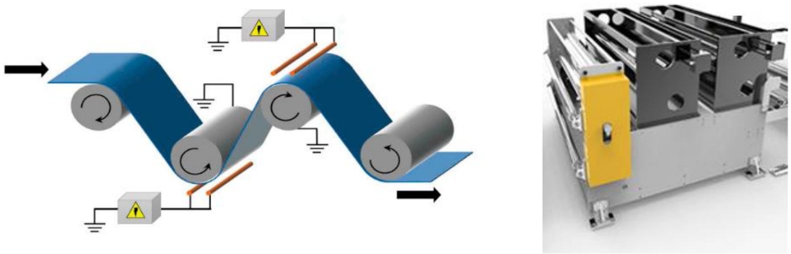

Рис. 1

Для равномерного распределения заряда по всему объему материала и для обеспечения его долгосрочного сохранения применяются электретные добавки, которые интегрируются непосредственно в полимер до стадии его формования. Электретные добавки представляют собой полимерные материалы, способные накапливать и удерживать электростатический заряд более длительный срок, обеспечивая постоянное распределение заряда по всему объему материала. Применение электретных добавок также помогает достичь более высоких показателей эффективности фильтрации при сохранении поверхностной плотности мельтблауна, что в свою очередь положительно сказывается на эксплуатационных свойствах готового изделия (респиратор, защитные и медицинские маски). Такой подход позволяет максимально использовать потенциал мельтблауна и значительно увеличивает его эффективность в защите от вирусов, бактерий и других микрочастиц. Настоящее исследование направлено на изучение влияния электретных добавок и нанесения электростатического заряда на фильтрационные характеристики мельтблауна.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования выбраны 3 варианта нетканого полотна мельтблаун, предназначенные для изготовления респираторов класса FFP1 и FFP2. Полотна выработаны с применением разных методов нанесения электростатического заряда. Характеристики полотен представлены в табл. 1.

Таблица 1

Варианты	Поверхностная плотность, г/м^2	Нанесение заряда	Наличие электретной добавки	Состав
Вариант 1	20	Нет	Нет	100% полипропилен
	25			
	40			
Вариант 2	20	Да	Нет	100% полипропилен
	25			
	40			
Вариант 3	20	Да	Да	100% полипропилен + добавки
	25			
	40			

Образцы каждого варианта проходили тестирование на лабораторном оборудовании PALAS PMFT 1000 M на показатели:

1) эффективность фильтрации по ГОСТ EN 13274-7-2012;

2) сопротивление воздушному потоку при 30, 95 и 160 л/мин по ГОСТ 12.4.294-2015.

Показатели эффективности фильтрации и сопротивления воздушному потоку мельтблауна поверхностной плотностью 20 г/м², 25 г/м² и 40 г/м² представлены в табл. 2, 3 и 4 соответственно.

Таблица 2

Параметр	Вариант 1 мельтблаун 20 г/м² без заряда			Вариант 2 мельтблаун 20 г/м² с зарядом			Вариант 3 мельтблаун 20 г/м² с зарядом + добавка		
	обр. 1	обр. 2	обр. 3	обр. 1	обр. 2	обр. 3	обр. 1	обр. 2	обр. 3
Эффективность фильтрации PFE, %	80	72	75	85	69	69	95	93	95
Сопротивление воздушному потоку, Па:									
30 л/мин	21	27	25	24	31	20	28	27	22
95 л/мин	109	92	97	85	113	76	95	93	80
160 л/мин	150	147	153	145	159	132	161	158	139

Таблица 3

Параметр	Вариант 1 мельтблаун 25 г/м² без заряда			Вариант 2 мельтблаун 25 г/м² с зарядом			Вариант 3 мельтблаун 25 г/м² с зарядом + добавка		
	обр. 1	обр. 2	обр. 3	обр. 1	обр. 2	обр. 3	обр. 1	обр. 2	обр. 3
Эффективность фильтрации PFE, %	82	78	80	91	82	73	96	90	96
Сопротивление воздушному потоку, Па:									
30 л/мин	27	24	28	29	28	23	33	33	30
95 л/мин	107	96	90	100	97	85	112	98	104
160 л/мин	175	168	172	171	167	146	190	167	178

Таблица 4

Параметр	Вариант 1 мельтблаун 40 г/м² без заряда			Вариант 2 мельтблаун 40 г/м² с зарядом			Вариант 3 мельтблаун 40 г/м² с зарядом + добавка		
	обр. 1	обр. 2	обр. 3	обр. 1	обр. 2	обр. 3	обр. 1	обр. 2	обр. 3
Эффективность фильтрации PFE, %	80	84	79	97	96	95	98	97	98
Сопротивление воздушному потоку, Па:									
30 л/мин	52	45	40	49	43	44	55	49	48
95 л/мин	154	146	159	161	148	153	179	162	163
160 л/мин	264	249	255	272	253	260	302	275	277

Результаты и обсуждения

Результаты испытаний подтверждают эффективность добавления электретной добавки и нанесения заряда на мельтблаун. Наблюдается улучшение показателей эффективности фильтрации при сохранении сопротивления воздушному потоку, наилучшие результаты демонстрирует образец с зарядом и электретной добавкой.

Из проведенных тестов видно, что наличие заряда и электретной добавки в составе материала не повлияли на показатель сопротивления воздушному потоку. Также отмечено, что введение в смесь электретной добавки не отразилось на процессе холстоформирования, технологические режимы оборудования и температурные параметры не изменялись.

ВЫВОДЫ

1. Для высокорискованных сред, где важна максимальная защита, предпочтительнее использовать более плотный и эффективно заряженный материал. Вариант №3 с добавками и наибольшей плотностью обеспечивает наилучшую фильтрацию, но также требует большего сопротивления воздуху, что может снизить комфорт при ношении респиратора.

Для производителей респираторов важно тщательно выбирать материалы фильтрующего слоя, соответствующие стандартам безопасности и обеспечивающие нужный уровень защиты при минимальном дискомфорте для пользователя. Полученные данные помогут определить, какой вариант лучше всего подходит для конкретных условий использования: требуется ли высокая производительность фильтрации или важнее комфорт пользователя и уменьшение утомляемости.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Шустов Ю.С., Курденкова А.В., Плеханова С.В.* Текстильные материалы технического и специального назначения. М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2012. 149 с.
2. *Шустов Ю.С., Кирюхин С.М.* Текстильное материаловедение и управление качеством. М.: ИНФРА-М, 2022. 386 с.
3. *Варьян И.А., Тюбаева П.М.* Биосовместимость и антимикробная активность волокнистых материалов на основе поли-3-гидроксибутирата, модифицированных гемином // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. № 6 (408). С. 150…154.
4. *Быков Ф.А., Владимирцева Е.Л., Овчинников Н.Л. и др.* Модификация волокнистых материалов для повышения их сорбционной активности // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. № 5 (407). С. 123…128.
5. *Климова Н.С.* Оценка функциональности полимерных текстильных материалов с целью повышения их конкурентоспособности // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. № 4 (406). С. 110…116.
6. *Кенжибаева Г.С., Сулейменова Т.Н., Иманкулова М.Н. и др.* Математическое моделирование влияния технологических параметров на процесс изготовления нетканого полотна // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 2 (398). С. 109…114.
7. *Киселев А.М., Румянцев Е.В., Одинцова О.И., Румянцева В.Е.* Современные технологии получения текстильных материалов со специальными свойствами и области их применения // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 2 (398). С. 121…133.

REFERENCES

1. *Shustov Yu.S., Kurdenkova A.V., Plekhanova S.V.* Textile materials for technical and special purposes. M.: MSTU im. A.N. Kosygina, 2012. 149 p.
2. *Shustov Yu.S., Kiryukhin S.M.* Textile materials science and quality management. M.: INFRA-M, 2022. 386 p.
3. *Varyan N.A., Tyubaeva P.M.* Biocompatibility and antimicrobial activity of fibrous materials based on poly-3-hydroxybutyrate modified with hemin // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023. No. 6 (408). P. 150…154.
4. *Bykov F.A., Vladimirtseva E.L., Ovchinnikov N.L. etc.* Modification of fibrous materials to increase their sorption activity // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023. No. 5 (407). P. 123…128.
5. *Klimova N.S.* Assessment of the functionality of polymer textile materials in order to increase their competitiveness // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023. No. 4 (406). P. 110…116.
6. *Kenzhibaeva G.S., Suleimenova T.N., Imankulova M.N. etc.* The mathematical modeling of the influence of technological parameters on the manufacturing process of nonwoven fabric // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 2 (398). P. 109…114.
7. *Kiselev A.M., Rumyantsev E.V., Odintsova O.I., Rumyantseva V.E.* Modern technologies for obtaining textile materials with special properties and their fields of application // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 2 (398). P. 121…133.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товарной экспертизы РГУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 30.12.24.