

НАУЧНАЯ СЕКЦИЯ
«ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ МЕДИЦИНЫ, ИНЖЕНЕРИИ
ПОВЕРХНОСТИ, НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПРИБОРОСТРОЕНИЯ,
МАШИНОСТРОЕНИЯ, ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ
С ЦЕЛЬЮ УВЕЛИЧЕНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СВОЙСТВ

Авдеева Е. В.¹, Михалко А. М.², Рогачев А. А.¹

1 – ГНУ «Институт химии новых материалов
Национальной Академии Наук Беларуси»

2 – Международная Китайско-Белорусская научная лаборатория по вакуумно-
плазменным технологиям, Гомельский государственный
университет им. Франциска Скорины
ichnm@ichnm.by

Аннотация. Методом электронно-лучевого диспергирования из активной газовой фазы на полипропиленовых нетканых и хлопковые материалах сформированы гидрофильные покрытия PTFE. Модифицированные образцы марок AquaSpun, SpunBel, хлопковая ткань, которые были использованы для производства одноразовых трехслойных масок. Установлено повышение фильтрационных свойств материалов с модифицирующими слоями PTFE у конструкции трехслойных материалов SpunBel/PTFE+AquaSpun/SpunBel до 97,5 %.

摘要。通过电子束分散从活性气相对聚丙烯非织造布和棉布材料形成亲水性 PTFE 涂层。Aquaspun、Spunbel、棉布品牌的改性样品用于生产一次性三层面罩。三层材料 Spunbel/PTFE+Aquaspun/Spunbel 的过滤性能提高到 97.5 %。

Решающее значение для снижения уровня биологической опасности оказывает использование медицинских масок и респираторов в качестве средств индивидуальной защиты. Вирусные частицы, или вирионы, являются одним из самых маленьких известных биоаэрозольных агентов с диаметром частиц от 20 до 300 нм [1]. Из-за их небольшого размера вирионы могут легко проникать через дыхательную систему человека, вызывая различные заболевания. Средства защиты органов дыхания обычно тестируются с использованием небологических частиц в качестве контрольного аэрозоля, хотя их использование часто направлено на снижение воздействия биологических частиц. Важнейшим параметром разрабатываемых материалов для СИЗов является эффективность фильтрации аэрозоля, содержащего твердые и жидкие микро- и наночастицы с вирусами (от 0,03 до 0,1 мкм). Наиболее строгий контроль по фильтрационным свойствам предъявляется к материалам, из которых изготавливают медицинские маски [2].

Увеличение барьерных свойств в отношении вирусов также связано с формированием на поверхности нетканых полимерных материалов покрытий препятствующих адсорбции вредоносных микроорганизмов и образованию колоний бактерий [3].

Нанесение модифицирующих покрытий осуществляли из активной газовой фазы, образованной рассеиванием электронного пучка PTFE (Sigma Aldrich) в вакууме. Использованы нетканые полипропиленовые материалы AquaSpun с поверхностной плотностью 80 г/см², SpunBel с поверхностной плотностью 40 г/см² («СветлогорскХимволокно», Беларусь) и хлопковая ткань (Артикул 10302222).

Оценка эффективности воздушной фильтрации (ЭВФ) со средним диаметром 10 мкм (PM₁₀), 2,5 мкм (PM_{2,5}), 1,0 мкм (PM_{1,0}) проводилась на экспериментальном лабораторном стенде (ИХНМ НАН Беларуси) для водных частиц аэрозоля. ЭВФ фиксировались по показателю PM_{2,5}, рассчитывалась как отношение абсолютного изменения концентрации частиц при фильтрации к концентрации частиц до фильтрации.

Поверхностные свойства исходных и модифицированных образцов оценивали по краевому углу смачивания воды объемом 5 мкл, нанесенной с помощью дозатора (Brand Transferpette S). Изображение лежащей капли жидкости было получено с помощью камеры (разрешение 600 × 800 точек на дюйм) при 100-кратном увеличении. Определение краевого угла смачивания образцов по изображениям проводилось в программе ImageJ для 5 измерений с определением среднего значения.

В результате поверхностного модифицирования материалов PTFE наблюдалось увеличение краевого угла смачивания, SpunBel с 124,4°±2,5° до 138,6°±2,2°, AquaSpun с 137,2°±2,4° до 148°±2,5°, хлопковая ткань с 0° до 133,6°±2,4°. Углы смачивания более 148,2°±2° свидетельствуют о высокогидрофобных свойствах данных поверхностей [4]. При использовании подобных материалов реализуется эффект самоочистения, при котором капли с частицами загрязнений легко скатываются с поверхности.

В случае модифицирования материала PTFE наблюдается значительное увеличение ЭВФ SpunBel от 45 % до 76 %, AquaSpun от 78,9 % до 89,6 %. Для хлопкового материала изменение ЭВФ было незначительным (рис. 1).

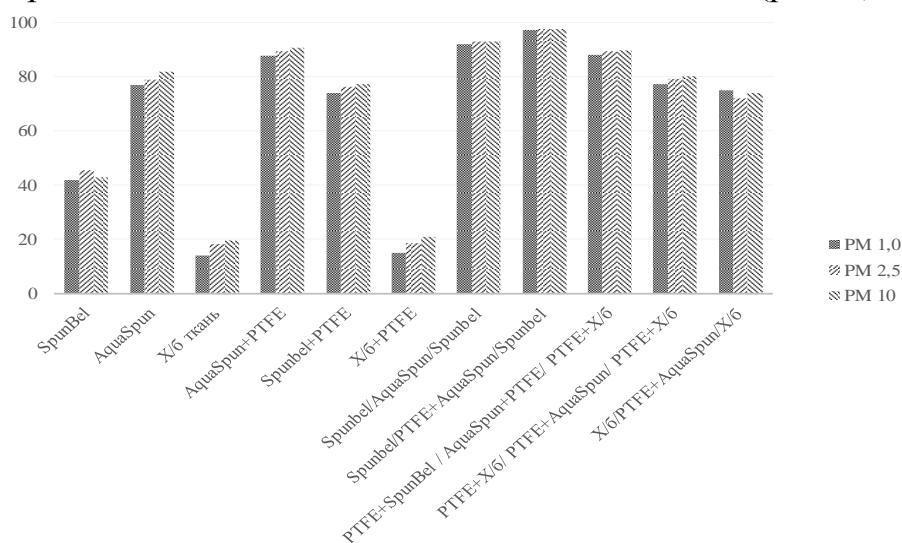


Рисунок 1 – Диаграмма эффективности воздушной фильтрации для исходных и модифицированных материалов SpunBel, AquaSpun и хлопковая ткань для фильтруемых частиц размером 1, 2,5 и 10 мкм

В целом, нанесение на полипропиленовые нетканые материалы различных марок покрытия PTFE значительно увеличивает эффективность воздушной фильтрации. Эффект достигается, в основном, за счет высоких гидрофобных (высокогидрофобных) свойств материала, препятствующего проникновению в объем фильтрующего материала капелек аэрозольных частиц размером от 1 до 10 мкм.

Проведены испытания трехслойных модифицированных материалов для медицинских масок на ЭВФ (рисунок). Из рассмотренных выше модифицированных материалов был определен трехслойный материал для масок. Образцы представляют собой различные комбинации слоев материалов на основе SpunBel, AquaSpun и хлопковой ткани. Наибольший показатель ЭВФ (97,5 %) у конструкции трехслойных материалов с гидрофильной модификацией: SpunBel/PTFE+AquaSpun/SpunBel.

Полипропиленовые нетканые материалы являются наиболее распространенной основой для защитных медицинских масок. Модифицирование поверхности таких материалов из активной газовой фазы, образованной электронно-лучевым диспергированием исходных компонентов позволяет управлять химическим составом, структурой и свойствами фильтрационных материалов. Установлено, что гидрофобизация поверхности материалов за счет PTFE увеличивает эффективность воздушной фильтрации.

Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ X21УЗБГ-030.

Список использованных источников

1. Reponen T. Biological particle sampling. / T. Reponen [et al.]; ed. P. A. Baron, K. Willeke // *Aerosol measurement. principles, techniques and applications*. New York: Wiley-Interscience; 2001. p. 751-79.
2. Progress and Perspective of Antiviral Protective Material / J. Zhou [et al.] // *Adv. Fiber Mater.* – 2020. – Vol. 2, № 3. – P. 123–139.
3. Superhydrophobic antibacterial cotton textiles / M. Shateri Khalil-Abad, M. E. Yazdanshenas // *J. Colloid Interface Sci.* – 2010. – Vol. 351, № 1. – P. 293–298.
4. Superhydrophobic surfaces review : Functional application , fabrication techniques and limitations / K. Manoharan, S. Bhattacharya // *J. Micromanufacturing.* – 2019. – Vol. 2, № 1. – P. 59–78.