

покрытия. Ширина царапина стала еще больше, наблюдается толстый выразительный край, на самом материале видны микроцарапины.

Обработка в течение 72 часов в жидком азоте покрытия не приводит к существенным изменениям в морфологии поверхности разрушения. Край царапины мало отличается от предыдущего испытания, внутри наблюдаются ярко выраженные поперечные борозды.



Рисунок 4 – Фрагменты морфологии поверхности после проведения скрэтч-анализа: покрытие криогенно обработанное в течение 72 часов

Заключение

Таким образом, установлено, что покрытия после обработки в криогенной среде имеют различную адгезионную стойкость. Об этом свидетельствуют геометрические и морфологические размеры области разрушения. Характерные морфологические особенности областей разрушения вакуумных покрытий зависят от продолжительности криогенной обработки.

В. Ю. Шумская

(ИММС НАН Беларуси, Гомель)

Науч. рук. **А. Я. Григорьев**, д-р техн. наук, профессор

МНОГОСЛОЙНЫЕ ФИЛЬТРУЮЩИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ СРЕДСТВ АНТИБАКТЕРИАЛЬНОЙ И ПРОТИВОВИРУСНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ

Сложившаяся в 2019–2021 гг. неординарная эпидемиологическая ситуация обусловила значительный рост внимания к средствам индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД): именно на их применении основано соблюдение правил так называемого «респираторного этикета», предполагающего предохранение от вирусных инфекций, включая SARS-CoV-2 (2019-nCoV). Защита дыхательных путей человека осуществляется с помощью лицевых масок и респираторов (клапанных и бесклапанных), рабочим компонентом которых является фильтрующий слой, составленный из сорбирующего (как правило, волокнисто-пористого) материала. Последний должен быть способен

пропускать воздух, одновременно захватывая и осаждая на волокнах или в межпоровом пространстве частицы загрязнений.

Цель работы: определить перспективы повышения эффективности новых типов комбинированных фильтров для СИЗОД.

Общее состояние данного вопроса характеризуется дилеммой. С одной стороны, среди разработчиков, ориентированных на широкого потребителя, распространено мнение о необходимости поиска оптимального соотношения «цена – качество», т.е. делается акцент на использовании доступного сырья и недорогих фильтроматериалов. С другой стороны, ввиду необходимости улавливания малоразмерных загрязнений (например, опасной бактериальной пыли и вирусов) этот общий принцип нуждается в конкретизации. Например, в развитых странах в целях эффективной защиты здоровья человека обычно снимаются барьеры для применения более дорогостоящих материалов и технологий в расчёте на выигрыш в качестве. В связи с этим простейшие тканевые фильтры, имеющие низкую степень защиты органов дыхания, граничащую с понятием «эффект плацебо», для достижения целей данной работы интереса не представляют.

В настоящее время анализируется динамика развития технической мысли в данной области, проводится систематизация данных и конкурентный анализ конструкций фильтров для СИЗОД, имеющихся на рынке Беларуси. Анализ отечественных и зарубежных разработок свидетельствует об особом внимании к классу нетканых melt-blown материалов, получаемых пневмоэкструзионным или аэродинамическим методом. Такие материалы имеют развитую систему межволоконных пустот и составлены из волокон диаметром от долей микрометра до единиц или десятков микрометров, причем именно сочетание диаметра волокон и плотности упаковки определяет аэродинамическое сопротивление и коэффициент эффективности фильтрования. Одни из первых технических решений по воздушным melt-blown фильтрам запатентованы в США [1, 2]. Тогда же было высказано предположение, что разработки должны основываться на создании в волокнисто-пористом фильтроматериале электретного состояния – так называемой «электретной фильтрующей среды» – путем электризации волокон. Это может оказаться перспективным разрешением обозначенной дилеммы, поскольку создаётся возможность:

- преодолеть имеющееся противоречие;
- несколько снизить требования к диаметру и параметрам упаковки волокон;

– целенаправленно дополнить механизмы касания, гравитационного осаждения и диффузионного захвата механизмом электростатического осаждения частиц загрязнений на электретенных волокнах.

Фильтры в виде нетканых полотен из полимерных волокон в составе СИЗОД используются достаточно широко [3–5]. Среди крупнейших разработчиков и производителей этой продукции – «Minnesota Mining and Manufacturing Company» (США, имеет филиалы во многих странах), «Du Pont Engineering Technology» (США), «Kimberly-Clark Corp.» (США), а также ряд предприятий Германии и Китая. Экспериментальные разработки белорусских исследователей в данной области могут быть проиллюстрированы источниками [6, 7]. Также апробированы способы получения «электретенной фильтрующей среды» путем формирования в полимере «ловушек», способных аккумулировать электретенный заряд и повышать его стабильность. Таким образом, современный уровень разработок фильтров для СИЗОД определяется тем, в какой мере и с какой эффективностью удастся создать многоуровневую фильтрационную среду путем комбинирования melt-blown волокнистых структур как друг с другом, так и с волокнистыми структурами другого типа. Достаточно популярными являются сочетания «спан-бонд – melt-blown – спан-бонд» (S–M–S). При этом причем слои спан-бонд-материала, имея невысокую собственную фильтрационную значимость, преимущественно служат протекторным и формирующим элементом. В ОАО «СветлогорскХимволокно» в настоящее время осваивается производство melt-blown полотен поверхностной плотностью от 20 до 80 г/м² для получения композиций с материалом «СпанБел» (т.е. S–M–S), на основе которых предполагается изготовление медицинских масок и респираторов с декларируемым классом эффективности фильтрации FFP2 (отсев частиц размером 0,3 микрона с эффективностью не менее 94%).

Новым, ранее не использовавшимся при создании СИЗОД, является волокнисто-пористый материал «Грифтекс», получаемый методом лазерной абляции политетрафторэтилена (ПТФЭ). Он отличается в высокой степени развитой поверхностью (до 4 м²/г, что эквивалентно материалу из мононити), которая достигается на порядок более тонкими волокнами, чем melt-blown. Т.к. ПТФЭ является одним из лучших диэлектриков, то материал «Грифтекс» может нести высокий и стабильный электретенный заряд [8]. По-видимому, существуют сочетания волокнистых материалов различных типов, в которых на разных масштабных уровнях обеспечивается эффективная многоуровневая и многостадийная очистка воздуха от загрязнений широкого спек-

тра дисперсности, включая бактерии и вирусы. Одним из компонентов такого многоуровневого «суперфильтра» может стать оптимизированное по критерию технологичности полотно из сверхтонких волокон ПТФЭ, совмещающее несмачиваемость и ультрамикронную структурную организацию [9]. Его сочетание с более грубыми melt-blown полотнами должно обеспечить градиент плотности в объеме фильтра и, за счет этого, приемлемый уровень фильтрации воздуха в составе ряда СИЗОД. Перспективу дальнейших исследований составляет поиск оптимальных сочетаний полимерных волокнистых систем различного происхождения и структуры, в которых достигается взаимное дополнение их достоинств.

Работа выполняется по договору с БРФФИ № T21КОВИД-023 и по гранту для аспирантов НАН Беларуси на 2021 г.

Литература

1. Pat. US 4007114. Fibrous filter medium and process / E. A. Ostreicher. Appl. 597931, filed 1975.07.22, published 1977.02.08.
2. Pat. US 4536440. Molded fibrous filtration products / H. J. Berg, St. Paul, Minn. Appl. 593937, filed 1984.03.27, published 1985.08.20.
3. Pat. US 4807619. Reslent shape-retaining fibrous filtration face mask / J. F. Dyrud, N. Richmond, Wis, H. J. Berg, St. Paul; A. C. Murray, Maplewood, Minn.. Appl. 848757, filed 1986.04.07, published 1989.02.28.
4. Pat. US 2010/0266824A1. Elastic meltblown laminate constructions and methods for making same / A. D. Westwood, G. C. Richeson. Appl. 12/723336, filed 2010. 03.12., published 2010.10.21.
5. Pat. US 9498932 B2. Multi-layered meltblown composite and methods for making same / A. D. Westwood, G. C. Richeson. Appl. 12/894955, filed 2010.09.30, published 2016.11.22.
6. Патент 2198718 РФ. МКИ7 B01D39/16, A62B23/02. Способ получения электретенного тонковолокнистого фильтрующего материала для респираторов / А. Г. Кравцов, А. В. Воробьев, Л. С. Пинчук, В. А. Гольдаде, Ю. В. Громыко. Заявка 2001126627/12, заявлено 2001.10.01, опубликовано 2003.02.20.
7. Патент 2262376 РФ. МКИ7 B01D39/16. Слоистый полимерный волокнистый фильтрующий материал для очистки потока воздуха / А. Г. Кравцов, С. В. Зотов. Заявка 2004127597/15, заявлено 2004.09.14, опубликовано 2005.10.20.
8. Гракович П. Н. Лазерная абляция политетрафторэтилена [Текст] / П. Н. Гракович, Л. Ф. Иванов, Л. А. Калинин, И. Л. Рябченко,

Е. М. Толстомятов, А. М. Красовский // Российский химический журнал (Журнал российского химического общества им. Д. И. Менделеева), 2008. – т. 52, № 3. – с. 97–105.

9. Патент 13192 РБ. МКИ7 D 01D 5/00, D 01F 6/02. Способ получения волокнистого материала из фторопласта / П. Н. Гракович, Е. М. Толстомятов, Л. А. Калинин, М. М. Покаташкин, Л. Ф. Иванов. Заявка а 20060982, заявлено 2008.12.30, опубликовано 2010.06.30.

Я. А. Эйсмонт

(ГрГУ имени Я. Купалы, Гродно)

Науч. рук. **Т. А. Ситкевич**, канд. техн. наук, доцент

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Получение электроэнергии из возобновляемых источников энергии очень важно в современном мире. Солнечные электростанции, позволяющие получать электрическую энергию из солнечной энергии, являются, пожалуй, одной из самых перспективных отраслей выработки экологически чистой энергии. Однако, у солнечных электростанций есть весьма существенный недостаток – в пасмурную погоду их коэффициент полезного действия значительно снижается.

Современный мир активно идёт вперёд, создаются и внедряются новые нанотехнологии, изучаются материалы, которые могут использоваться для усовершенствования каких-либо уже существующих систем.

Относительно недавно австралийскими специалистами был разработан новый тип термальной батареи. Такой прототип термальной батареи способен хранить и выделять солнечную энергию в любое время суток, а значит, такая электростанция будет способна работать на полную мощность даже в случае отсутствия солнца.

Термальная батарея способна запасать и хранить энергию. В случае пасмурной погоды, когда энергии, вырабатываемой солнечными модулями, недостаточно для обеспечения потребителей, используется энергия, накопленная термальными батареями. В солнечную погоду солнечные модули вырабатывают энергию и обеспечивают потребителей, а термальные батареи накапливают заряд.

Термальная батарея имеет сходства с уже используемыми литиевыми батареями. Литиевые батареи способны хранить электроэнер-