

620
3-88

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

УДК 620.22+677.494.674:621.319.2

**ЗОТОВ
СЕРГЕЙ ВАЛЕНТИНОВИЧ**

**ВОЛОКНИСТЫЕ ЭЛЕКТРЕТНЫЕ
ФИЛЬТРОМАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ
ПОЛИОЛЕФИНОВ ДЛЯ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ
ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ**

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук
по специальности 05.02.01 – «Материаловедение
(химическая промышленность)»**

Минск, 2006

Работа выполнена в Государственном научном учреждении «Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого Национальной академии наук Беларуси».

Научный руководитель

Кравцов Александр Геннадьевич,
кандидат технических наук,
заместитель Председателя Президиума,
Гомельский филиал
Национальной академии наук Беларуси

Официальные оппоненты:

Ставров Василий Петрович,
доктор технических наук,
профессор кафедры механики материалов и конструкций,
Белорусский государственный
технологический университет

Иванов Леонид Федорович,
кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник
отдела физики и технологии тонких пленок,
Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого
Национальной академии наук Беларуси

Оппонирующая организация

ОАО «Могилевхимволокно»

Защита состоится 28 декабря 2006 г. в 14⁰⁰ часов на заседании Совета по защите диссертаций Д 02.08.04 при УО «Белорусский государственный технологический университет» по адресу: 220050, г. Минск, ул. Свердлова 13а, зал заседаний Ученого совета, ауд. 240, корп. 4, тел.: 227-63-54 (уче-ный секретарь), факс: 227-6217; e-mail: root@bstu.unibel.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке УО «Белорусский государствен-ный технологический университет»

Автореферат разослан «27», ноября 2006 г.

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций, к.т.н.



Толкач О.Я.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами и темами.

Тема соответствует «Перечню приоритетных направлений создания и развития новых и высоких технологий, перспективных производств, основанных на таких технологиях, на 1997–2010 годы», определенному Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 139 от 27.02.1997 г.:

– раздел 2 «Новые материалы и новые источники энергии», приоритетная макротехнология «Производство химических волокон и полимеров»;

– раздел 3 «Медицина и фармация», приоритетная макротехнология «Профилактика заболеваний».

Работа выполнена в 1999–2005 гг. в соответствии с темами НИР:

– задание 74 ГПОФИ «Поверхность»: «Исследование процессов инъекции зарядов и массопереноса при контактном взаимодействии полимеров и металлов» на 1996–2000 гг., № ГР 1996978;

– задание 4.10 ГПОФИ «Материал»: «Исследование механизмов электрической поляризации волокон при пневмоэкструзионном распылении расплава полимера и разработка технологических методов повышения электретоного заряда волокон» на 2001–2005 гг., № ГР 20013479;

– грант БРФФИ № Т99М–016: «Разработка электретоных волокнистых фильтроматериалов для защиты органов дыхания» на 2000–2002 гг., № ГР 20011455;

– грант БРФФИ № Ф99Р–168: «Разработка физической модели релаксации электретоного заряда в волокнистых полимерных материалах» на 2000–2002 гг., № ГР 20011454;

– грант БРФФИ № Т04Р–058: «Исследование механизма трибоэлектризации волокон при пневмодиспергировании расплава полимера» на 2004–2006 гг., № ГР 20042317;

– контракт К–2/99 с НПО «ИНКО» (г. Ухта, Российская Федерация): «Разработка фильтр-полотна для респираторов “Лепесток”» на 1999–2002 гг., № ГР 2000504.

Цель исследования: разработка электретоных волокнистых материалов, получаемых методом аэродинамического формования волокон из расплавов полиолефинов и предназначенных для замены фильтроматериалов Петрянова в средствах индивидуальной защиты органов дыхания.

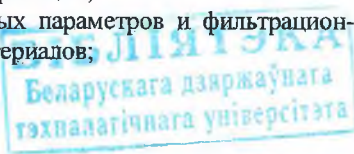
Для достижения цели определены задачи:

– сформулировать принципы, обосновывающие возможность замены фильтров Петрянова в средствах индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) на пневмоэкструзионные фильтроматериалы из полиолефинов;

– изучить физико-химические изменения, происходящие в волокнах при формировании в условиях принудительной электризации;

– исследовать совокупность структурных параметров и фильтрационных характеристик разработанных фильтроматериалов;

939 af



– провести опытно-промышленную апробацию разработанных фильтроматериалов в условиях производства СИЗОД.

Объект исследования – волокнистые нетканые материалы на основе полиолефинов, обладающие электретным зарядом и предназначенные для фильтрации воздуха в составе легких респираторов. Предмет исследования – совокупность структурных, электрофизических характеристик и эксплуатационных свойств волокнистых материалов, получаемых аэродинамическим формованием из расплавов. Выбор объекта исследования обусловлен химической инертностью и способностью полиолефинов к электризации, а также технологичностью их переработки в волокна методом аэродинамического формования из расплавов, что позволяет исключить применение растворных технологий.

Положения, выносимые на защиту.

1. Совокупность параметров структуры волокнистых материалов из полиолефинов, обеспечивающая показатели фильтрации, приемлемые для очистки воздуха от аэрозолей: диаметр волокон 10 мкм и плотность упаковки 0,25–0,40 для ПЭВД, 3–4 мкм и 0,33–0,34 для вторично переработанного ПЭВД, 0,5–4 мкм и 0,20–0,23 для ПП. Фильтроматериал из ПП с диаметром волокон 0,5 мкм, плотностью упаковки 0,20–0,23 и эффективной поверхностной плотностью электретного заряда 15 нКл/см² характеризуется коэффициентом проскока масляного аэрозоля 0,01 % и аэродинамическим сопротивлением 40 Па, что превосходит показатели фильтроматериалов Петрянова (ФМП) в СИЗОД.

2. Экспериментальное доказательство возможности достижения в волокнистых фильтроматериалах из полиолефинов эффективной поверхностной плотности электретного заряда 20 нКл/см² в результате принудительной электризации в отрицательном коронном разряде волокон, находящихся в вязкотекучем состоянии. Структурные ловушки в окисленном поверхностном слое волокон заполняются носителями заряда вследствие инжекционного и дипольно-ориентационного механизмов поляризации, что обуславливает повышение величины и стабильности электретного заряда (спад заряда менее чем на 10 % в течение 1 года).

3. Слоистый фильтроматериал, изготовленный аэродинамическим формованием из расплава ПП, предназначенный для очистки воздуха от аэрозолей. Он состоит из электретного слоя толщиной 1–2 мм с диаметром волокон 0,5–1,5 мкм и эффективной поверхностной плотностью электретного заряда 17–20 нКл/см², обеспечивающего электростатическое осаждение частиц загрязнителя, и незлектризованного слоя толщиной 1–2 мм с диаметром волокон 10–20 мкм, обеспечивающего механический захват частиц загрязнителя и защиту электретного слоя.

4. Фильтроэлемент, изготовленный аэродинамическим формованием из расплава ПП и предназначенный для замены ацетатных фильтров в сигаретах. Он образован волокнами диаметром 3–5 мкм, имеет плотность 0,19 г/см³, ха-

рактируется эффективной поверхностной плотностью электретоного заряда 5–12 нКл/см² и обладает соизмеримой с ацетатными фильтрами способностью улавливать компоненты табачного дыма.

5. Результаты опытно-промышленной проверки разработанных фильтроматериалов в условиях производства СИЗОД и рекомендации по их применению в воздушных фильтрах. Легкие респираторы «ЛР-200», укомплектованные разработанными фильтроматериалами, обладают технико-экономическими показателями, соизмеримыми или превосходящими показатели респираторов «Лепесток» с фильтрующим слоем из ФМП.

Ожидаемый экономический эффект от внедрения разработанных материалов обусловлен освоением более технологичного и экологически чистого, чем растворные, безотходного метода изготовления фильтров для СИЗОД. Социальный эффект определяется направленностью работы на охрану труда в условиях вредных производств.

Личный вклад соискателя.

Личный вклад соискателя состоит в изучении процессов формирования электретоных волокон из расплавов полиолефинов [1, 3, 4, 6–10], установлении закономерностей взаимосвязи структурных параметров и фильтрационных характеристик [1], подготовке публикаций [1–12], участии в патентовании разработок [13–18]. Основные положения и выводы диссертации принадлежат автору. Изготовление экспериментальных и опытных образцов проведены совместно с к.т.н. Кравцовым А.Г. [1–18] (ИММС НАН Беларуси), интерпретация экспериментальных данных и обсуждение результатов – совместно с к.т.н. Кравцовым А.Г. [1–18], д.т.н. Пинчуком Л.С. [1, 10, 11], д.т.н. Гольдаде В.А. [1, 5, 10–13] (ИММС НАН Беларуси), д.ф.-м.н. Гороховатским Ю.А. [5, 11] (Российский государственный педагогический университет, г. С.-Петербург, РФ), д-ром Брюнигом Х. (Институт исследования полимеров, г. Дрезден, Германия) [2, 3] и др., усовершенствование схемы термоактивационной токовой спектроскопии – совместно с к.т.н. Кравцовым А.Г. и Шаповаловым В.А. [4, 6, 7, 13, 14] (ИММС НАН Беларуси).

Апробация результатов диссертации.

Основные результаты исследований обсуждены на международных научно-технических конференциях: «Поликом» (Гомель, Беларусь, 2000), 9-ой Международной конференции «Физика диэлектриков» (С.-Петербург, Россия, 2000), «Механика композиционных материалов» (Рига, Латвия, 2000), «Advances in Processing, Testing and Application of Dielectric Materials» АРТADM (Вроцлав, Польша, 2001, 2004).

Опубликованность результатов.

По результатам исследований опубликовано 18 научных работ, в том числе 1 монография и 6 статей в научных журналах (всего 40 авторских листов), а также 5 тезисов докладов конференций, 3 патента Российской Федерации, 3 патента Республики Беларусь (всего 2 авторских листа).

Структура и объем диссертации.

Диссертационная работа состоит из общей характеристики работы, введения, пяти глав, заключения, библиографического списка и приложений. Содержание работы изложено на 122 страницах, из которых 24 страницы занимают 49 рисунков и 16 таблиц, 12 страниц – библиографический список из 110 наименований, включая 18 авторских работ. Диссертация сопровождается 10 приложениями на 31 странице.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** охарактеризована проблема защиты органов дыхания, показана роль материаловедения в ее решении. Отмечено, что удовлетворение совокупности жестких требований к СИЗОД возможно путем поиска новых технических решений в области формирования полимерных волокон. Обоснована актуальность разработки альтернативных ФМП фильтроматериалов для очистки воздуха от аэрозолей, определена цель исследований.

Первая глава посвящена обзору литературных данных о современных разработках в области защиты органов дыхания. Рассмотрены основные принципы и механизмы фильтрования воздушных сред с помощью волокнистых фильтроэлементов. Преобладание того или иного механизма улавливания загрязнений (ситовой эффект, инерционный и диффузионный захват) определяется свойствами фильтруемой среды и структурными параметрами фильтроэлемента. Интенсивность захвата загрязнений определяется взаимодействиями в системе «частица–волокно», которые целесообразно усилить за счет введения в систему дополнительного фактора – электростатического. В электрическом поле под действием кулоновских сил происходит захват заряженных и нейтральных частиц загрязнений (последние приобретают индуцированный заряд), что повышает эффективность фильтра при малых скоростях фильтрации, реализуемых в СИЗОД.

Исторический вклад в решение проблемы защиты органов дыхания внесли ФМП, созданные российскими учеными (Петрянов И.В., Филатов Ю.И., Шатский С.Н., Басманов П.И. и др., 1958–1963 гг.). ФМП формируют по технологиям с высокой степенью пожаро-, взрывоопасности и низкими санитарно-гигиеническими характеристиками из-за применения токсичных органических растворителей. Специфика метода электроформования ФМП обуславливает недостатки (неустойчивость электростатического заряда из-за высокой гидрофильности полимерного сырья, малая химическая стойкость, остаточные количества растворителей и т.д.), ограничивающие диапазон применения этих материалов.

Сделан вывод о необходимости замены ФМП в СИЗОД на волокнистые материалы, получаемые по безрастворным технологиям – в частности, основанным на переработке расплавов полимеров, из которых волокна вы-

тягиваются потоком воздуха (аэродинамическое формирование, или melt blowing) или механически (высокоскоростная вытяжка, или melt spinning). Белым В.А., Шустовым В.П., Ставровой Т.В. (1975–1983 гг.), Пинчуком Л.С., Гольдаде В.А., Кравцовым А.Г. и др. (1992–2002 гг.) теоретически и экспериментально изучен процесс аэродинамического формирования волокнисто-пористых материалов путем распыления расплавов полимеров; установлены основные зависимости между параметрами структуры волокнистых материалов и технологическими факторами аэродинамического формирования, в том числе в присутствии добавок и при воздействии физических полей; расширен ассортимент полимерных волокнистых фильтров и определены новые области их применения. Брюнигом Х., Байрэйтером Р. (Германия) и Кравцовым А.Г. (1998–2001 гг.) изучен процесс высокоскоростной вытяжки волокон из расплава полипропилена, в том числе в электрическом поле. Однако эти работы не содержат данных об оптимальных для СИЗОД сочетаниях структурных параметров волокнистых фильтров.

Описаны основные типы, конструкции, назначение и эксплуатационные характеристики СИЗОД, принцип работы которых основан на прохождении фильтруемого воздуха через один или несколько слоев волокнисто-пористого материала.

По результатам обзора определены задачи исследования.

Во второй главе охарактеризованы материалы и методы исследования.

Волокнисто-пористые материалы изготавливали из гранул полиолефинов – ПЭВД марки 15803-020 (Россия), ПП марок «Каплен» (Россия, ТУ 2211-015-00203521-99) и НН420J «Borealis» (Финляндия). Эти полиолефины отличаются высокой способностью к волокнообразованию (показатель текучести расплава при температурах более 350 °С, характерных для аэродинамического формирования волокон, не менее 20 г / 10 мин). Волокнистые материалы получали с помощью лабораторной и серийной пневмоэкструзионных установок, оснащенных одно- и многосопловыми экструзионными головками. Формование совмещали с принудительной электризацией волокон, находящихся в вязкотекучем состоянии, в поле отрицательного коронного разряда. Варьировали температурные режимы пневмоэкструзии, частоту вращения шнека, температуру и давление распыливающего воздуха, расстояние от сопла до формообразующего устройства и до зоны электризации, напряженность поля коронного разряда. Получали волокнистые материалы с диаметром волокон 0,5–60 мкм и плотностью упаковки 0,20–0,40.

Структурные параметры материалов (средний диаметр волокон, плотность упаковки и пористость) определяли методами электронной и оптической микроскопии с помощью компьютеризированного анализатора изображений. Вязкость расплавов в зависимости от скорости сдвига определяли согласно стандарту ISO 1133 на приборе ИИРТ-АМ. ИК-спектры полу-

чали на спектрофотометре UR-20, дифференциально-термический анализ проводили с помощью дериватографа Q-1000. Эффективную поверхностную плотность заряда волокнистых материалов определяли по ГОСТ 25209-82. Вклад разных механизмов поляризации оценивали методами термоактивационной токовой спектроскопии (ГОСТ 25209-82), изотермической и термостимулированной люминесценции, термостимулированной релаксации потенциала.

Охарактеризованы стандартные методы оценки эксплуатационных свойств воздушных фильтров, применяемые в отечественной и зарубежной практике. Сделан вывод, что требования отечественных стандартов по технической диагностике фильтров более жестки, чем зарубежных. Фильтрационные испытания проводили в Федеральном центре двойных технологий «Союз» (г. Москва, Россия) на усовершенствованном стенде, позволяющем реализовать требования ГОСТ 12.4.041-2001. Определяли коэффициент проскока через фильтроэлементы масляного аэрозоля (диаметр капель масла турбинного Т-30 0,17–0,30 мкм, концентрация 250 ± 50 мг/м³) при скорости фильтрации 1,0±0,05 см/с, а также аэродинамическое сопротивление фильтроэлементов по перепаду давления при скорости фильтрации 10 см/с.

Экспериментальные данные обрабатывали методами математической статистики с помощью программных пакетов, которыми оснащены исследовательские приборы (анализатор изображений, стенд фильтрационных испытаний, компьютеризованный измерительный комплекс для термоактивационной токовой спектроскопии и т.д.).

В третьей главе рассмотрены подходы, позволяющие применить метод аэродинамического формования для получения электретенных фильтроматериалов из расплавов полиолефинов.

Сформулированы материаловедческие, электрофизические и технико-экономические принципы, обосновывающие возможность замены фильтров Петрянова в СИЗОД на пневмоэкструзионные фильтроматериалы из полиолефинов. Условием такой замены является достижение фильтроэлементом (ФЭ) совокупности определенных эксплуатационных характеристик при наименьших затратах производства (рисунок 1), которые не должны превосходить затраты на реализацию растворных методов формирования волокон.

На примере ФМП известно, что низкое аэродинамическое сопротивление в сочетании с малым коэффициентом проскока демонстрируют волокнистые материалы с диаметром волокон порядка микрометров и плотностью упаковки 0,2–0,4. По литературным данным, основные зависимости между параметрами структуры волокнистых материалов и технологическими факторами аэродинамического формования получены для полиолефиновых волокон диаметром выше 10 мкм. Управление процессом формования более тонких волокон затруднено вследствие нелинейности зависимостей структурных параметров от технологических режимов и отсутствия

соответствующего технологического опыта. Причиной нелинейности является специфика процесса аэродинамического формирования, состоящего из нескольких основных стадий. На стадии истечения расплава из фильеры с формированием волокон сдвиговые деформации в перерабатываемом материале и его термодеструкция способствуют образованию в волокнах поверхностных дефектов. На стадии транспортирования и вытягивания сформированных волокон потоком воздуха происходит интенсивное окисление поверхностного слоя с образованием структурных дефектов. Представляется, что получение пневмоэкструзионных материалов из волокон диаметром порядка микрометра должно предполагать регулируемое технологическое воздействие на полимер на тех стадиях процесса, где в перерабатываемых полиолефинах протекают физико-химические превращения (в том числе образование структурных дефектов).

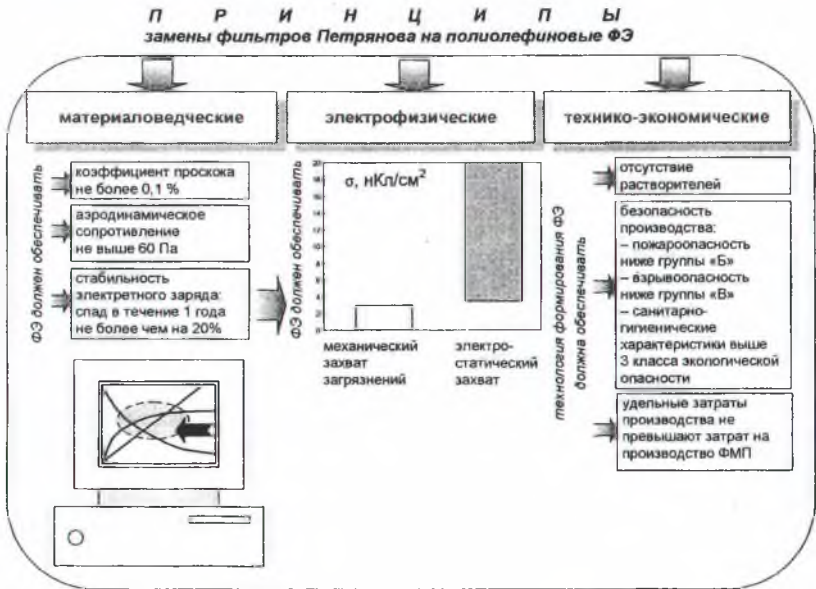


Рисунок 1 – Принципы замены фильтров Петрянова в СИЗОД на пневмоэкструзионные фильтроматериалы из полиолефинов

Экспериментально доказана возможность получения волокон из ПЭВД с диаметром менее 10 мкм и из ПП – менее 1 мкм при использовании многослойной распылительной головки (120 выходных отверстий диаметром 0,4 мм, расположенных в одну линию) при частоте вращения шнека (диаметр 41 мм) 10 мин⁻¹, температуре распыляющего воздуха 200 °С, давлении распыляющего воздуха 20 кПа, температуре в третьей зоне экструдера 390 °С и в распыли-

тельной головке 380 °С. На рисунке 2 приведена электронная микрофотография структуры полученных материалов.

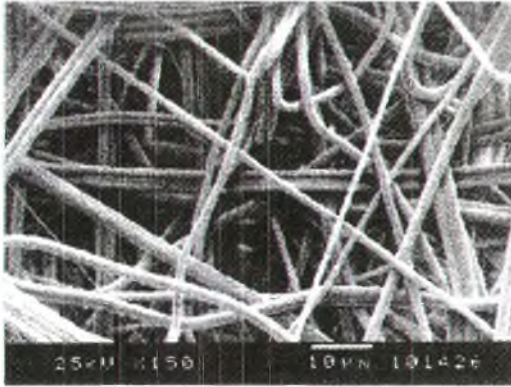
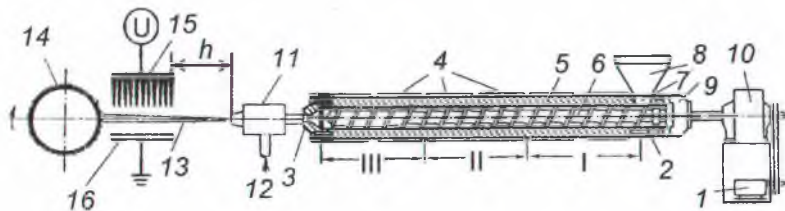


Рисунок 2 – Электронно-микроскопический снимок среза волокнистого материала из ПП

Образование в полимерных материалах, полученных аэродинамическим формованием, спонтанного электростатического заряда вызвано тем, что в поверхностном слое волокон, который в значительной степени окислен, появляются ловушки носителей заряда. Концентрация ловушек и степень их заполнения собственными носителями заряда, образовавшимися при термодеструкции полимера, определяют параметры спонтанного электростатического состояния материала. Среди структурных ловушек – функциональные группы с неперекрывающимися связями (нейтральные центры захвата носителей заряда) и кислородсодержащие группы (обладающие дипольным моментом). Был проведен модельный эксперимент с повторной пневмоэкструзионной переработкой волокнистого материала. На спектрах термостимулированных токов (ТСТ) «вторичных» материалов из ПП при увеличении поверхностной плотности заряда примерно вдвое возрастает интенсивность пика ТСТ при 40–60 °С, соответствующего высвобождению носителей заряда из неглубоких ловушек поверхностного слоя волокон. Характерный для полиолефинов пик ТСТ в температурном интервале фазового перехода при плавлении, смещается на несколько градусов в сторону более низких температур, а интенсивность его также повышается. Следовательно, что при повторном воздействии факторов аэродинамического формования в материале образуется дополнительное количество собственных носителей заряда. Одновременно наблюдается снижение в 1,5–2 раза среднего диаметра волокон и уменьшение вязкости расплава.

Плотность технологического электретного заряда не превышает 1 нКл/см^2 , поскольку пневмоэкструзионная переработка расплавов полиолефинов сопровождается образованием ограниченного количества собственных носителей заряда, и ими заполняются не все структурные ловушки окисленного поверхностного слоя. Для более эффективного заполнения структурных ловушек применена легко совместимая с пневмоэкструзией электризация в коронном разряде волокон, находящихся в вязкотекучем состоянии (в соответствии с рисунком 3).



1 – двигатель; 2 – канал для охлаждения бункера; 3 – канал для выхода расплава в головку; 4 – нагреватели; 5 – цилиндр; 6 – червяк; 7 – загрузочная воронка; 8 – бункер; 9 – упорный подшипник; 10 – редуктор; 11 – распылительная головка; 12 – патрубок подачи сжатого воздуха; 13 – газополимерный поток; 14 – формообразующее устройство. Зоны экструдера: I – питания (загрузки); II – сжатия (пластикации); III – выдавливания (дозирования). Зона электризации: 15 – высоковольтный электрод; 16 – заземляющий электрод

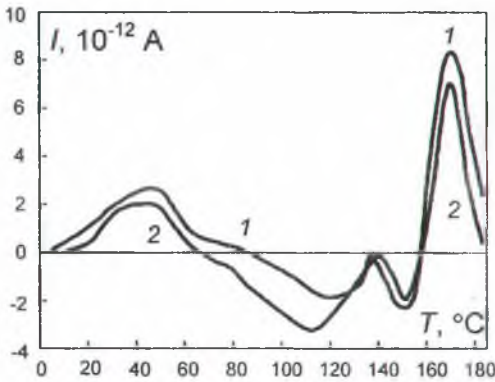
Рисунок 3 – Схема формирования электретных волокон

Установлено, что, в отличие от известных способов повышения технологического заряда волокон путем подачи электрического напряжения на готовый материал, на приемное устройство или на фильеру экструдера, более эффективна электризация волокон в газо-полимерном потоке после его выхода из фильеры. На этой стадии процесса в поверхностном слое вытягиваемых волокон формируются структурные ловушки, на которых захватываются носители заряда, инжектируемые в поле коронного разряда. Экспериментально доказано, что при электризации волокон ПП при напряженности поля отрицательного коронного разряда в пределах $5\text{--}12 \text{ кВ/см}$ достигается плотность заряда $7\text{--}20 \text{ нКл/см}^2$.

В четвертой главе исследована совокупность электретных свойств, структурных параметров и фильтрационных характеристик волокнистых фильтроматериалов из полиолефинов.

Оценен вклад поляризационных механизмов в формирование электретного заряда в полиолефиновых волокнах. Заполнение структурных ловушек инжектируемыми в коронном разряде носителями заряда определяет степень завершенности процесса формирования электретного состояния. На спектрах ТСТ волокон из ПП, в соответствии с рисунком 4, наблюдаются

ся три максимума тока. Физико-химические закономерности ионизации воздуха в поле коронного разряда и физические закономерности электризации полимерных диэлектриков позволяют сделать вывод о трех механизмах образования электретного заряда в исследуемой системе. Низкотемпературный пик (40–50 °С) соответствует релаксации зарядов, локализованных в поверхностном слое волокон по механизму Максвелла–Вагнера. Второй пик (100–120 °С) связан с релаксацией гетерозаряда, образовавшегося в поверхностном слое волокон по дипольно-ориентационному механизму. Третий пик (160–175 °С) обусловлен релаксацией инжектированных зарядов при плавлении ПП, и его величина существенно возрастает после принудительной электризации.



1 – $E = 5$ кВ/см, $\sigma_{\text{эф}} = 9,1$ нКл/см²; 2 – $E = 12$ кВ/см, $\sigma_{\text{эф}} = 8,6$ нКл/см²

Рисунок 4 – Спектры ТСТ волоконистых образцов из ПП, электризованных на стадии вытягивания волокон ($h = 5$ см), которые приобрели в поле коронного разряда напряженностью (E) поверхностную плотность заряда ($\sigma_{\text{эф}}$)

Исследование электретного состояния в волоконистых материалах из ПП, полученных по технологии высокоскоростной вытяжки из расплава, показало, что при скорости вытяжки 2000 м/мин достигается поверхностная плотность заряда $\sigma_{\text{эф}} = 0,09$ нКл/см², при 3000 м/мин – 0,12 нКл/см². Характерно, что интенсивность пиков ТСТ, отвечающих высвобождению носителей зарядов из ловушек при плавлении материала, в обоих случаях сравнима. Установлено, что наиболее высокий поляризационный заряд (до $\sigma_{\text{эф}} \sim 11$ нКл/см²) формируется на волокнах, электризуемых в вязкотекучем состоянии. Обнаружено, что melt-spin материалы демонстрируют более слабые и менее стабильные электретные свойства, чем пневмоэкструзионные материалы. Это можно объяснить определяющей ролью потока возду-

ха в окислении поверхностного слоя волокон и образовании в материале собственных носителей заряда в процессе аэродинамического формирования волокон из расплава.

Данные о механизмах формирования электретного состояния подтверждены взаимодополняющими методами токовой спектроскопии. Экспериментально доказано наличие в пневмоэкструзионных волокнистых материалах электрически активных дефектов и протекание релаксационных процессов, связанных с опустошением структурных ловушек. Электретные свойства волокнистых материалов в значительной мере определяются наличием в структуре макромолекул кислородсодержащих нестехиометрических дефектов. Подтверждено, что в процессе принудительной электризации ведущая роль в формировании электретного состояния принадлежит инжекционному механизму при дополнительном стимулировании дипольно-ориентационного механизма.

Изучена взаимосвязь структурных параметров и фильтрационных характеристик волокнистых фильтроматериалов при очистке воздуха от аэрозолей. Для неэлектризованного материала из ПЭВД, в соответствии с рисунком 5, установлено, что при малой плотности упаковки K с увеличением среднего диаметра волокон d_{cp} коэффициент проскока K повышается от 20 до 55 %, а аэродинамическое сопротивление R изменяется незначительно. При $\eta_{уп} = 0,40$ в исследуемом диапазоне d_{cp} коэффициент проскока растет от 10 до 57 %. Иной характер имеет зависимость R (d_{cp}): при увеличении d_{cp} с 10 до 30 мкм наблюдается снижение R , при $d_{cp} = 35-37$ мкм R достигает значений 13–15 Па, характерных для материалов с низкими значениями $\eta_{уп}$, а затем плавно увеличивается до 30 Па. В соответствии с рисунком 6, фильтрационные характеристики «вторичных» материалов с тонкими волокнами и более рыхлой волокнистой структурой несколько выше: $K < 10$ %, $R < 60$ Па, причем значения $K = 1-2$ % и $R = 45$ Па достигнуты для материала с $d_{cp} = 3-4$ мкм и $\eta_{уп} = 0,33-0,34$.

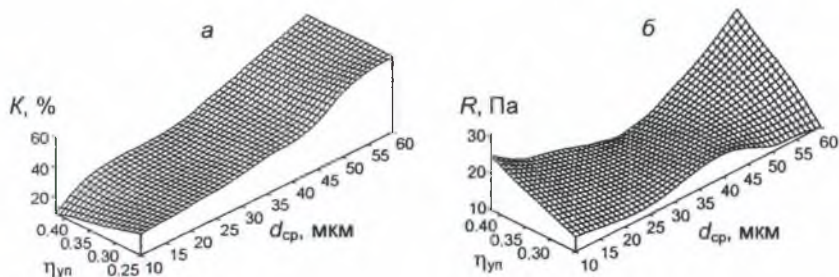


Рисунок 5 – Зависимость характеристик K (а) и R (б) волокнистых материалов из ПЭВД ($\sigma_{\text{эф}} = 0,12$ нКл/см²) от среднего диаметра волокон d_{cp} и плотности упаковки $\eta_{уп}$

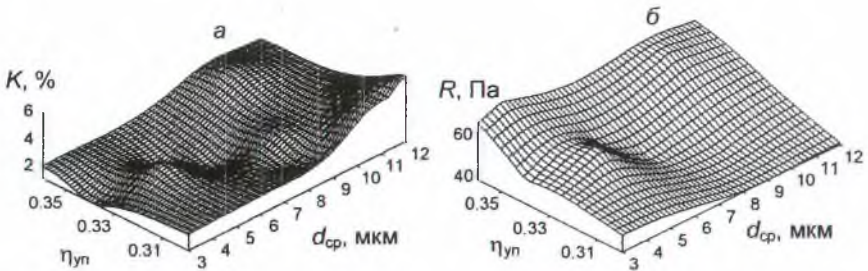


Рисунок 6 – Зависимости характеристик K (а) и R (б) «вторичных» ФМ из ПЭВД ($\sigma_{эф} = 0,4$ нКл/см²) от среднего диаметра волокон d_{cp} и плотности упаковки η_{yn}

Зависимости $K(d_{cp}, \eta_{yn})$ и $R(d_{cp}, \eta_{yn})$ для материалов из ПП с $d_{cp} = 0,5$ – 4 мкм, в соответствии с рисунком 7, характеризуются общей закономерностью – с ростом d_{cp} увеличивается K и уменьшается R . При $d_{cp} = 0,5$ мкм и $\eta_{yn} = 0,20$ – $0,24$ зафиксирован минимальный проскок аэрозоля ($K \approx 0,1$ %). Значение R увеличивается и достигает 65 Па при $\eta_{yn} = 0,23$. В то же время для материалов из ПП, подвергнутых принудительной электризации, в соответствии с рисунком 8, с ростом d_{cp} снижается R , а K хотя и увеличивается, но остается в 5–10 раз меньшим по сравнению с незаряженными материалами ($\sim 0,01$ %).

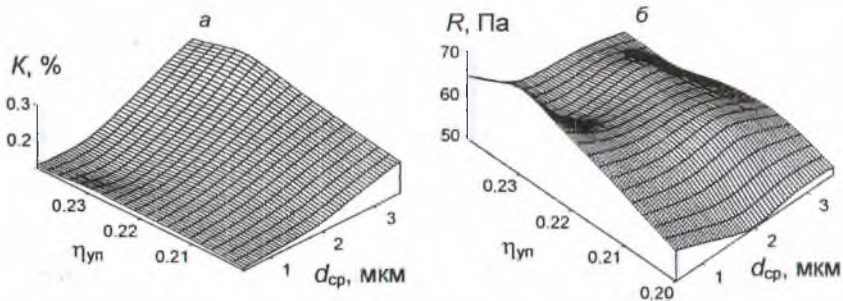


Рисунок 7 – Зависимость характеристик K (а) и R (б) волокнистых материалов из ПП ($\sigma_{эф} = 0,1$ нКл/см²) от среднего диаметра волокон d_{cp} и плотности упаковки η_{yn}

Вклад в нелинейный характер полученных зависимостей вносит как неоднородность волокнистого материала, так и механизм образования их структуры в условиях технологической и принудительной электризации, включающий электростатическое притяжение разнополярно заряженных участков волокон. Это оказывает влияние на их контактирование и формирование межволоконного пространства.

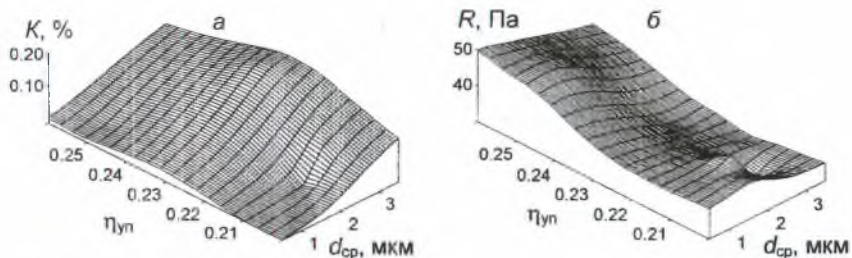


Рисунок 8 – Зависимость характеристик K (а) и R (б) волокнистых материалов из ПП ($\sigma_{эф} = 15 \text{ нКл/см}^2$), сформированных при электризации в поле коронного разряда ($E = 10 \text{ кВ/см}$), от среднего диаметра волокон d_{cp} и плотности упаковки $\eta_{уп}$

Сформулированы рекомендации по применению пневмоэструзионных волокнистых материалов для очистки воздуха. Материалы из ПЭВД с $d_{cp} \geq 10 \text{ мкм}$ при $\eta_{уп} = 0,25\text{--}0,40$ характеризуются высоким для СИЗОД коэффициентом проскока аэрозоля (10–57 %). Однако благодаря низкому аэродинамическому сопротивлению их целесообразно использовать как предфильтры в респираторах, защищающие электретный фильтрующий слой. «Вторичные» материалы из ПЭВД с $d_{cp} = 3\text{--}4 \text{ мкм}$ и $\eta_{уп} = 0,33\text{--}0,34$ по фильтрационным характеристикам пригодны для применения в СИЗОД. Материалы из ПП, полученные аэродинамическим формованием из расплава, совмещенным с принудительной электризацией, обладают параметрами структуры и электретным зарядом, в совокупности обеспечивающими наивысшие фильтрационные характеристики ($K = 0,01\%$, $R \approx 40 \text{ Па}$ при $d_{cp} = 0,5\text{--}1,5 \text{ мкм}$, $\eta_{уп} = 0,20\text{--}0,23$ и $\sigma_{эф} = 15 \text{ нКл/см}^2$). Это позволяет успешно использовать их как основной фильтрующий слой в легких респираторах вместо ФМП.

В пятой главе приведены результаты освоения промышленного производства новых СИЗОД. В НПО «Инкар» (г. Ухта, Россия) освоено производство электретных фильтроматериалов мощностью 100 тыс. $\text{м}^2/\text{мес}$ и серийный выпуск легких противоаэрозольных респираторов «Л-200», в которых новый материал служит фильтрующим слоем. Государственной санитарно-эпидемиологической службой РФ выданы Санитарно-эпидемиологические заключения на фильтроматериал и респиратор, Госстандартом РФ – Сертификат соответствия. Стоимость новых респираторов на 15–20 % ниже, а фильтрационные характеристики соизмеримы или выше, чем у респираторов «Лепесток» с фильтрующим слоем из ФМП.

Разработанные электретные волокнистые фильтроматериалы могут быть успешно использованы не только в СИЗОД, но и в других изделиях, предназначенных для очистки загрязненного воздуха.

Запатентован слоистый фильгроэлемент для очистки воздуха, который состоит из неэлектретного предфилтра из ПП с d_{cp} до 10 мкм и $\eta_{уп} = 0,25-0,30$, реализующего механический захват крупных частиц аэрозолей, и электретного фильтрующего слоя из ПП с $d_{cp} = 0,5-1,5$ мкм, $\eta_{уп} = 0,25-0,30$, $\sigma_{эф} = 17-20$ нКл/см², обеспечивающего электростатическое осаждение мелких частиц. При фильтрации аэрозоля его частицы осаждаются в порах предфилтра, в результате чего снимается избыточная нагрузка на электретный фильтрующий слой. К нему проникают более мелкие фракции аэрозоля, улавливание которых происходит с большей эффективностью и не вызывает существенного забивания пор и экранирования электретного заряда. Тем самым повышается эффективность очистки и увеличивается технический ресурс филтра. В течение 120 сут хранения при температуре 20 °С и относительной влажности 80 % зафиксировано снижение электретного заряда ФЭ на 0,8 %.

Запатентован электретный волокнистый сигаретный филтр из ПП, который образован волокнами толщиной 3–5 мкм и несет электретный заряд с $\sigma_{эф} = 5-12$ нКл/см². ФЭ, полученный аэродинамическим формованием, химически инертен, более устойчив к расслаиванию, чем традиционных ацетатных филтры, изготовленные по растворным технологиям, и способен адсорбировать вредные компоненты табачного дыма за счет действия электростатических сил. По основным показателям, применяемым при оценке качества сигарет, экспериментальные образцы нового электретного сигаретного филтра из ПП не уступают и иногда превосходят ацетатный филтр, не обладая его недостатками.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

Сформулированы материаловедческие, электрофизические и технико-экономические принципы, обосновывающие возможность замены филтров Петрянова в СИЗОД на пневмоэкструзионные филтроматериалы из полиолефинов. Условием замены ФМП являются следующие характеристики ФЭ: коэффициент проскока не более 0,1 %, аэродинамическое сопротивление не более 60 Па и стабильность электретного заряда, характеризующая снижением поверхностной плотности заряда не более 10 % в год, при удельных затратах на производство ФЭ методом аэродинамического формования волокон из расплавов, не превышающих затраты на реализацию растворных методов получения ФМП.

Развиты представления о физико-химических процессах, протекающих в полиолефинах при аэродинамическом формовании волокон из расплавов. Экспериментально доказана возможность получения волокон из ПЭВД с диаметром менее 10 мкм и из ПП – менее 1 мкм [1]. Это достигается при использовании многосопловой распылительной головки (120 выходных

отверстий диаметром 0,4 мм, расположенных в одну линию) при частоте вращения шнека (диаметр 41 мм) 10 мин^{-1} , температуре распыляющего воздуха $200 \text{ }^\circ\text{C}$, давлении распыляющего воздуха 20 кПа, температуре в третьей зоне экструдера $390 \text{ }^\circ\text{C}$ и в распылительной головке $380 \text{ }^\circ\text{C}$.

Экспериментально доказано, что в волокнистых материалах из полиолефинов можно сформировать электретный заряд с эффективной поверхностной плотностью 20 нКл/см^2 . Это обусловлено заполнением структурных ловушек в окисленном поверхностном слое волокон носителями заряда, инжектируемыми в материал в поле коронного разряда отрицательной полярности [16, 17]. По сравнению со спонтанной технологической поляризацией, происходящей вследствие образования в пневмоэкструзионных материалах собственных носителей заряда и обеспечивающей плотность заряда до 1 нКл/см^2 , принудительная электризация волокон, находящихся в вязкотекучем состоянии, позволяет реализовать инжекционный и дипольно-ориентационный механизмы поляризации. С помощью термоактивационной токовой спектроскопии и дополняющих ее методов [4, 6, 7, 13, 14] установлено, что электретные свойства волокнистых материалов в значительной мере определяются наличием в их структуре кислородсодержащих нестехиометрических дефектов [1, 5].

В волокнистых материалах из ПП, полученных по технологии высокоскоростной вытяжки из расплава, достигается эффективная поверхностная плотность технологического электретного заряда до $0,12 \text{ нКл/см}^2$, которая повышается вследствие принудительной электризации до 11 нКл/см^2 [1, 2, 3, 9]. Стабильность такого заряда ниже, чем у пневмоэкструзионных материалов, при формировании которых значительную роль в окислении поверхностного слоя волокон и образовании в материале собственных носителей заряда играет поток распыляющего воздуха.

Исследована взаимосвязь структурных и фильтрационных характеристик волокнистых фильтроматериалов. Методы определения фильтрационных параметров, разработанные для ФМП, впервые применены к электретным фильтроматериалам из полиолефинов [1]. Впервые получены волокнистые фильтроматериалы из полиолефинов, которые имеют диаметр волокон 10 мкм и плотностью упаковки 0,25–0,40 для ПЭВД, 3–4 мкм и 0,33–0,34 для вторично переработанного ПЭВД, 0,5–4 мкм и 0,20–0,23 для ПП. Фильтроматериал из ПП с диаметром волокон 0,5 мкм, плотностью упаковки 0,20–0,23 и эффективной поверхностной плотностью электретного заряда 15 нКл/см^2 обладают коэффициентом проскока аэрозоля 0,01 % и аэродинамическим сопротивлением 40 Па [1], что превосходит показатели ФМП в СИЗОД.

Рекомендации по практическому использованию результатов

Метод аэродинамического формования волокон из расплавов полиолефинов применен для получения волокнистых материалов, обеспечиваю-

щих очистку воздуха от аэрозолей в составе СИЗОД. Фильтроматериалы из ПЭВД с диаметром волокон 10 мкм и плотностью упаковки 0,25–0,40 рекомендуются для использования в качестве предфильтров в многослойных респираторах, с диаметром волокон 3–4 мкм и плотностью упаковки 0,33–0,34 – в системах субмикронной очистки газов, а электретенные материалы из ПП с диаметром волокон 0,5–1,5 мкм, плотностью упаковки 0,20–0,23 и эффективной поверхностной плотностью электретенного заряда $\sigma_{эф} = 15$ нКл/см² – в качестве основного фильтрующего слоя легких респираторов [1, 16–18]. Электретенные фильтроматериалы на основе полиолефинов использованы для замены фильтров Петрянова в легких респираторах «Л-200», серийно выпускаемых в России НПО «ИНКАР». По технико-экономическим показателям новые фильтроматериалы могут конкурировать с аналогичной продукцией отечественных и зарубежных фирм.

Запатентованный слоистый фильтроэлемент для очистки воздуха [16, 17] рекомендован для комплектации многослойных респираторов. Он состоит из неэлектретенного предфильтра из ПП с $d_{ср}$ до 10 мкм и $\eta_{уп} = 0,25–0,30$, реализующего механический захват частиц аэрозолей, и электретенного фильтрующего слоя из ПП с $d_{ср} = 0,5–1,5$ мкм, $\eta_{уп} = 0,25–0,30$, $\sigma_{эф} = 17–20$ нКл/см², обеспечивающего электростатическое осаждение частиц аэрозолей. ООО «Полимер» (г. Гомель) выпущена опытная партия электретенных и слоистых фильтроэлементов. Совместно с Министерством по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь начата разработка фильтроэлементов для тонкой доочистки воздуха в фильтр-патронах противогазов, применяемых при тушении лесных пожаров в радиационно-загрязненных районах. Запатентованный электретенный волокнистый фильтр из ПП [15, 18] рекомендован для замены ацетатных фильтров в сигаретах. Он образован волокнами толщиной 3–5 мкм, несет электретенный заряд с $\sigma_{эф} = 5–12$ нКл/см² и имеет фильтрационные параметры, не уступающие ацетатным фильтрам, изготавливаемым по растворным технологиям.

Ожидаемый экономический эффект от внедрения разработанных материалов обусловлен вытеснением растворных технологий формирования волокон и расширением ассортимента волокнистых фильтроматериалов для СИЗОД.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Монография

1. Кравцов, А.Г. Полимерные электретенные фильтроматериалы для защиты органов дыхания / А.Г. Кравцов, В.А. Гольдаде, С.В. Зотов; под науч. ред. Л.С. Пинчука. – Гомель, ИММС НАНБ, 2003. – 204 с.

Статьи

2. Кравцов, А.Г. Анализ поляризационного состояния melt-spun волокон из полипропилена / А.Г. Кравцов, Х. Брүниг, С.В. Зотов. // *Материалы, технологии, инструменты*. – 1999. – № 3. – С. 55–59.

3. Кравцов, А.Г. Особенности электретенного состояния melt-spun и melt-blown волокнитов из полипропилена / А.Г. Кравцов, С.В. Зотов, Х. Брүниг. // *Механика композитных материалов*. – 2000. – Т. 36, № 6. – С. 819–830.

Kravtsov, A.G. Peculiarities of the melt-spun and melt-blown fibrous polypropylene materials // A.G. Kravtsov, S.V. Zotov, H. Brünig. // *Mechanics of Composite Materials*. – 2001. – Vol. 36, N 6. – P. 421–426.

4. Кравцов, А.Г. Измерительный комплекс и программное обеспечение для визуализации и обработки данных электретенно-термического анализа. Часть 1 / А.Г. Кравцов, В.А. Шаповалов, С.В. Зотов. // *Материалы, технологии, инструменты*. – 2001. – Т. 6, № 2. – С. 91–96.

5. Исследование электретенного состояния волокнитов на основе полиэтилена методами термоактивационной спектроскопии / В.А. Гольдаде, А.Г. Кравцов, Ю.А. Гороховатский, Д.Э. Темнов, О.В. Кувшинова, С.В. Зотов. // *Материалы, технологии, инструменты*. – 2001. – Т. 6, № 1. – С. 99–102.

6. Кравцов, А.Г. О повышении адекватности результатов термо-стимулированной токовой спектроскопии / А.Г. Кравцов, В.А. Шаповалов, С.В. Зотов. // *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*. – 2001. – Т. 67, № 12. – С. 24–28.

7. Кравцов, А.Г. Установка для проведения термоактивационной токовой спектроскопии / А.Г. Кравцов, В.А. Шаповалов, С.В. Зотов. // *Приборы и техника эксперимента*. – 2002. – № 3. – С. 161–163.

Тезисы докладов и материалы конференций

8. Кравцов, А.Г. Полимерные электретенные волокниты для субмикронной очистки воздуха // А.Г. Кравцов, С.В. Зотов. / *Междунар. науч.-техн. конф. «Поликом–2000»: тезисы докладов / Гомель (Беларусь), 12–13 сентября 2000 г. / ИММС НАН Беларуси. – Гомель (Беларусь), 2000. – С. 131–132.*

9. Kravtsov, A.G. Peculiarities of the electret state of “melt-spun” and “melt-blown” fibrous polypropylene materials // A.G. Kravtsov, S.V. Zotov. / *Intern. Conf. “Mechanics of Composite Materials” (MCM-2000): abstr., Riga (Latvia), June 11–15, 2000. / Inst. of Polym. Mech. – Riga (Latvia), 2000. – P. 111–112.*

10. Электретенные полимерные волокнитые материалы для систем защиты органов дыхания / А.Г. Кравцов, В.А. Гольдаде, Л.С. Пинчук, С.В. Зотов. // *9-ая Междунар.*

939 ар

конф. «Физика диэлектриков – 2000»: тезисы докладов, С.-Петербург (Россия), 17–22 сентября 2000 г. / РГТУ им. А.И. Герцена. – С.-Петербург, 2000. – Т. 2. – С. 80–81.

11. Electro-physical properties of polymer fibrous materials / V.A. Goldade, A.G. Kravtsov, L.S. Pinchuk, S.V. Zotov, Yu.A. Gorokhovatsky, D.E. Temnov. // Intern. Conf. “Advances in Processing, Testing and Application of Dielectric Materials” (APTADM–2001): proceedings, Wroclaw (Poland), Sept. 17–19, 2001. / Oficyna Wydawnicza Politechniki Wroclawskiej. – Wroclaw, 2001. – P. 76–79.

12. Kravtsov, A.G. Electret properties peculiar to fibrous polymer materials / A.G. Kravtsov, V.A. Goldade, S.V. Zotov. // Intern. Conf. “Advances in Processing, Testing and Application of Dielectric Materials” (APTADM–2004): proceedings, Wroclaw (Poland), Sept. 15–17, 2004. / Oficyna Wydawnicza Politechniki Wroclawskiej. – Wroclaw, 2004. – P. 9–15.

Патенты и патентные заявки

13. Способ проведения термостимулированной токовой спектроскопии диэлектрических материалов: пат. 2210071 РФ, МПК7 G 01 N 25/18 / А.Г. Кравцов, В.А. Шаповалов, С.В. Зотов, В.А. Гольдаде; заявитель ИММС НАН Беларуси. – № 2001115134; заявл. 04.06.01; опубл. 10.08.03 // Официальный бюллетень «Изобретения». / Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам РФ. – 2003. – № 22.

14. Способ проведения термостимулированной токовой спектроскопии диэлектрических материалов: пат. 6171 Респ. Беларусь, МПК7 G 01 N 25/00 / А.Г. Кравцов, В.А. Шаповалов, С.В. Зотов; заявитель ИММС НАН Беларуси. – № 20010214; заявл. 06.03.01; опубл. 30.06.04 // Афіцыйны бюлетэнь. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці Рэспублікі Беларусь. – 2004. – № 2.

15. Фильтр для сигарет: пат. 2235488 РФ, МПК7 А 24 D 3/06 / А.Г. Кравцов, С.В. Зотов; заявитель ИММС НАН Беларуси. – № 2003132177; заявл. 03.11.03; опубл. 10.09.04 // Официальный бюллетень «Изобретения». / Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам РФ. – 2004. – № 25.

16. Слоистый полимерный волокнистый фильтрующий материал для очистки потока воздуха: пат. 2262376 РФ, МПК7 В 01 D 39/16. / А.Г. Кравцов, С.В. Зотов; заявитель ИММС НАН Беларуси. – № 2004127597; заявл. 14.09.04; опубл. 20.10.05 // Официальный бюллетень «Изобретения». / Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам РФ. – 2005. – № 29.

17. Слоистый полимерный волокнистый фильтрующий материал для очистки потока воздуха: пат. заявка 20040774 Респ. Беларусь, МПК7 В 01 D 39/16 / А.Г. Кравцов, С.В. Зотов; заявитель ИММС НАН Беларуси. – № 20040774; заявл. 16.08.04; опубл. 28.02.06 // Афіцыйны бюлетэнь. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці Рэспублікі Беларусь. – 2006. – № 1.

18. Фильтр для сигарет: пат. 8430 Респ. Беларусь, МПК7 А 24 D 3/00 / А.Г. Кравцов, С.В. Зотов; заявитель ИММС НАН Беларуси. – № 20030917; заявл. 02.10.03; опубл. 30.08.06 // Афіцыйны бюлетэнь. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці Рэспублікі Беларусь. – 2006. – № 4.

РЭЗЬЮМЭ

Зотаў Сяргей Валянцаінавіч

Валакністыя электрэтныя фільтраматэрыялы на аснове поліалефінаў для сродкаў індывідуальнай аховы органаў дыхання

Ключавыя словы: поліалефіны, валакністыя фільтраматэрыялы, аэрадынамічнае фармаванне валокан з расплаваў, электрэтны зарад, ахова органаў дыхання.

Мэта даследавання: распрацоўка электрэтных валакністых матэрыялаў, якія атрыманы метадам аэрадынамічнага фармавання валокан з расплаваў поліалефінаў і прызначаны для замены фільтраматэрыялаў Пятранава ў сродках індывідуальнай аховы органаў дыхання.

У рабоце выкарыстаны: тэхналогія аэрадынамічнага фармавання валокан з расплаваў поліалефінаў; прымусовая электрызацыя вязкацякучых валокан у каронным разрадзе; метады тэрмаактывацыйнай токавай спектраскапіі; ІК-спектраскапія; мікраскапія; метады вызначэння фільтрацыйных характарыстык.

Работа прысвечана вырашэнню актуальнай праблемы матэрыялазнаўства – замене фільтраматэрыялаў Пятранава ў сродках індывідуальнай аховы органаў дыхання на поліалефінавыя валакністыя матэрыялы, якія зроблены па безрастворнай тэхналогіі аэрадынамічнага фармавання валокан з расплаваў. Атрыманы новыя навуковыя і практычныя вынікі: вызначана сукупнасць параметраў, пры якіх поліалефінавыя валакністыя фільтраматэрыялы валодаюць характэрнымі характэрнымі фільтравання аэразоляў, прыдатнымі для лёгкіх рэспіратараў; ацэнена роля прымусовай электрызацыі ў павышэнні электрэтнага зараду ў валакністых матэрыялах. Эксперыментальна даказана магчымасць атрымання з поліэтылену высокага ціску валокан з дыяметрам менш за 10 мкм і з поліпрапілену – менш за 1 мкм. Таксама даказана магчымасць фарміравання ў валокнах электрэтнага зараду з эфектыўнай паверхневай шчыльнасцю 20 нКл/см². Гэты эфект абумоўлены запаненнем структурных лавушак у акісленым паверхневым слое валокан носьбітамі зараду, якія інжэктуюцца ў матэрыял у полі кароннага разраду адмоўнай палярнасці, і рэалізацыяй інжэкцыйнага і дыпольнаарыентацыйнага механізмаў палярызацыі. Для электрэтных валакністых фільтраматэрыялаў з поліпрапілену (дыяметр валокан 0,5 мкм, шчыльнасць упакоўкі 0,20–0,23, паверхневая шчыльнасць электрэтнага зараду да 15 нКл/см²) дасягнуты каэфіцыент праскоку 0,01 % і аэрадынамічнае супраціўленне 40 Па. Вынікі работы рэалізаваны пры стварэнні электрэтных поліалефінавых фільтраматэрыялаў для лёгкіх рэспіратараў.

РЕЗЮМЕ

Зотов Сергей Валентинович

Волокнистые электретные фильтроматериалы на основе полиолефинов для средств индивидуальной защиты органов дыхания

Ключевые слова: полиолефины, волокнистые фильтроматериалы, аэродинамическое формирование волокон из расплавов, электретный заряд, защита органов дыхания.

Цель исследования: разработка электретных волокнистых материалов, получаемых методом аэродинамического формирования волокон из расплавов полиолефинов и предназначенных для замены фильтроматериалов Петрянова в средствах индивидуальной защиты органов дыхания.

В работе использованы: технология аэродинамического формирования волокон из расплавов полиолефинов; принудительная электризация вязкотекучих волокон в коронном разряде; методы термоактивационной токовой спектроскопии; ИК-спектроскопия; микроскопия; методы определения фильтрационных характеристик.

Работа посвящена решению актуальной проблемы материаловедения – замены фильтроматериалов Петрянова в средствах индивидуальной защиты органов дыхания на полиолефиновые волокнистые материалы, изготовленные по безрастворной технологии аэродинамического формирования волокон из расплавов. Получены новые научные и практические результаты: определена совокупность параметров, при которых полиолефиновые волокнистые материалы обладают характеристиками фильтрации аэрозоль, пригодными для легких респираторов; оценена роль принудительной электризации в повышении электретного заряда в волокнистых материалах. Экспериментально доказана возможность получения из полиэтилена высокого давления волокон с диаметром менее 10 мкм и из полипропилена – менее 1 мкм. Также доказана возможность формирования в волокнах электретного заряда с эффективной поверхностной плотностью 20 нКл/см². Этот эффект обусловлен заполнением структурных ловушек в окисленном поверхностном слое волокон носителями заряда, инжектируемыми в материал в поле коронного разряда отрицательной полярности, и реализацией инжекционного и дипольно-ориентационного механизмов поляризации. Для электретных волокнистых фильтроматериалов из полипропилена (диаметр волокон 0,5 мкм, плотность упаковки 0,20–0,23, поверхностная плотность электретного заряда до 15 нКл/см²) достигнут коэффициент проскока 0,01 % и аэродинамическое сопротивление 40 Па. Результаты работы реализованы при создании электретных полиолефиновых фильтроматериалов для легких респираторов.

SUMMARY

Zotau Siarhei Valjantsinavich

Fibrous electret filtering materials based on polyolefines
for individual means of protecting breathing organs

Key words: polyolefines, fibrous filtering materials, melt blowing, electret charge, protection breathing organs.

The purpose of work: investigation of electret fibrous materials, produced from polyolefine melts by the melt blowing technique, in order to substitute of Petryanov's filters in the individual means of protecting breathing organs.

The work has employed melt blowing technique of fibers formation from polyolefine melts; forced electrization of viscous-flow fibers in corona discharge; methods of thermoactivation current spectroscopy; IR-spectroscopy; microscopy; methods of determining filtering characteristics.

The work deals with solving actual problem in materials science, i.e. the substitution of Petryanov's filtering materials in the individual means of protection breathing organs for polyolefine fibrous materials, produced by a solute-free melt blowing technology. New scientific and practical data have been obtained: a combination of parameters has been determined, under which polyolefine fibrous materials acquire characteristics for filtration of aerosols, acceptable for light respirators; the role of forced electrization in arising of electret charge in fibrous materials has been estimated. The possibility of production fibers less than 10 μm in diameter from low-density polyethylene and less than 1 μm – from polypropylene have been experimentally proved. Also, the possibility of forming electret charge in the fibers with the effective surface density 20 nC/cm^2 has been proved. This effect occurs due to filling of structural traps in the oxidized surface layer of fibers by charge carriers, injected into the material in the field of negative corona discharge, and realization of both injection and dipolar-orientation mechanisms of polarization. The penetration coefficient 0.01 % and aerodynamic resistance 40 Pa have been achieved for the electret fibrous filtering materials from polypropylene (fiber diameter 0.5 μm , packing density 0.20–0.23, electret charge density about 15 nC/cm^2). Results of work have been realized in production of electret polyolefine filtering materials for light respirators.



Научное издание

ЗОТОВ Сергей Валентинович

**Волокнистые электретенные фильтроматериалы на основе
полиолефинов для средств индивидуальной защиты
органов дыхания**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано в печать 24.11.2006 г. Формат бумаги 60×84 1/16.
Бумага офсетная № 1. Гарнитура Таймс. Напечатано на ризографе.
Усл. печ. Л. 1,4. Тираж 60 экз. Зак. № 18-06.

ИММС НАНБ, 246050, г. Гомель, ул. Кирова 32А
Лицензия №02330/0133007 от 01.04.04