

Применение новых пористых материалов в различных отраслях промышленности



В статье рассказывается о свойствах, преимуществах и широчайшем спектре областей применения инновационных пористых материалов – поропластов на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ марки Ф-4) и сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ). Технология изготовления данных материалов – собственная разработка группы компаний «Обнинские Фильтры».

ГК «Обнинские Фильтры», г. Обнинск, Калужская обл.

Группа компаний «Обнинские Фильтры» (далее – ГК «Обнинские Фильтры») в течение 30 лет разрабатывает и производит новые проницаемые (фильтрующие) материалы, осваивает современные методы очистки жидкостей и газов, занимается инжинирингом, консалтингом, ведет научные изыскания в области материаловедения и технологий для микрофильтрации. За последние несколько лет ГК «Обнинские Фильтры» существенно расширила спектр заказчиков и в настоящее время сотрудничает с предприятиями микроэлектронной, приборостроительной, химической, атомной, машиностроительной, космической, нефтегазовой, металлургической, фармацевтической, пищевой и других отраслей промышленности [1]. Сегодня нашим предприятием на основе собственных НИОКР осуществляется выпуск инновационных открыто-пористых материалов – поропластов на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ) и сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ). Об их свойствах, преимуществах и областях применения рассказывается в статье «Характеристики пористых пленок политетрафторэтилена, полученных из суспензий порошков в спирте» [2].

Поропласты могут производиться в виде цилиндров различной геометрии,

пленок и пластин толщиной от 0,3 до 5 мм и более. Возможно изготовление поропластов в виде композитов с различными наполнителями, например, активированным углем, цеолитами искусственного и природного происхождения и др. Использование поропластов, выпускаемых нашей группой компаний, для фильтрации жидких и газообразных сред описано в статье «Применение термохимически стойких фильтрующих материалов в микроэлектронной промышленности» [3].

Выпускаемые поропласты, имеющие открытую пористость, могут быть использованы в процессах массопереноса жидких и газообразных сред под действием перепада давления, температуры, концентрации, изменения потенциала электромагнитного поля и др. Наиболее распространенным процессом является фильтрация, однако существует еще целый ряд применений: вентилирование, абсорбция, капиллярный перенос, диффузия и т.п. Кроме того, поропласты могут выполнять конструктивную функцию, в частности, для нанесения полимерных мембран.

ПТФЭ – наиболее термохимически стойкий полимер. Он выдерживает воздействие любых растворителей даже при повышенных температурах. Диапазон рабочих температур изделий из пористого ПТФЭ находится

в пределах от температуры жидкого азота ($-193\text{ }^{\circ}\text{C}$) до $+160\text{ }^{\circ}\text{C}$, ограничено – до $+250\text{ }^{\circ}\text{C}$. Данный материал обладает уникальной для известных полимеров химической инертностью, не разрушается и не выделяет никаких примесей при взаимодействии даже с высокоагрессивными веществами, что делает его незаменимым в микроэлектронной промышленности при работе с особо чистыми жидкостями и газами [4]. Политетрафторэтилен характеризуется наиболее высокой степенью гидрофобности (краевой угол смачивания – около 110° [4, 5]).

СВМПЭ по химической стойкости приближен к фторопласту-4 (рабочий диапазон pH 1-14), однако рабочая температура материала лежит в диапазоне от -60 до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ [6]. Полимер лишь немного уступает ПТФЭ по степени гидрофобности (краевой угол смачивания – около 95° [7, 8]).

Свойства выпускаемых ГК «Обнинские Фильтры» изделий из поропластов представлены в табл. 1 и 2. Структуры материалов показаны в виде фотографий, полученных с использованием электронного микроскопа марки Inspect S производства компании FEI (рис. 1 и 2).

Выпускаемые ГК «Обнинские Фильтры» поропласты проявили себя не только в промышленной микрофильтрации, но и в новом, порой уникальном, качестве. Например,

Таблица 1. Свойства поропластов из фторопласта-4 производства ГК «Обнинские Фильтры»

Наименование характеристики	Поропласты (техническая марка / торговая марка)	
	ФМ-100 / «ЭКОПЛАСТ-Ф»	ФМ-400 / «ЭКОПЛЕН-Ф»
Вид материала	Пористые цилиндры	Пленки или пластины
Геометрия материала	Наружный диаметр цилиндров от 10 до 150 мм, высота от 40 до 250 мм	Пленка в виде рулонов шириной до 260 мм
Толщина, мм	2–40	0,25–0,5
Пористость, %	35–55	40–60
Диапазон средних размеров пор, мкм	0,5–50	0,5–5
Удельная воздухопроницаемость, м ³ /(м ² ·ч·кПа·мм)	0,5–100	50–300
Давление продавливания воды, мбар	20–1000	200–1000
Прочность на разрыв, МПа	2–4	3–6
Разрывное удлинение, %	40–90	50–120

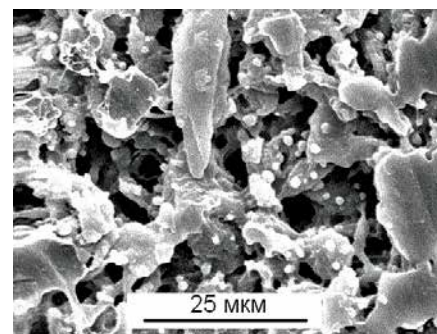


Рис. 1. Электронно-микроскопическая фотография пористой пленки на основе фторопласта-4

► при электрохимических измерениях, в электрохимических ячейках и других подобных устройствах в качестве гермовыводов, для изготовления полупроницаемых электродов, в качестве носителей катализаторов, а также возможно использование поропластов с различным рейтингом фильтрации в качестве компенсаторов давления;

► в химических источниках тока, в том числе в аккумуляторах, для создания полупроницаемой перегородки и защиты электродов от разрушения;

► в высокочастотной технике из-за низкого уровня поглощения энергии пористые материалы на основе фторопласта-4 могут быть использованы, например, при изготовлении антенных и телекоммуникационных устройств. Благодаря особым свойствам поверх-

Таблица 2. Свойства поропластов из СВМПЭ производства ГК «Обнинские Фильтры»

Наименование характеристики	Поропласты (техническая марка / торговая марка)	
	ФМ-101 / «ЭКОПЛАСТ-РЕ»	ФМ-401 / «ЭКОПЛЕН-РЕ»
Вид материала	Пористые цилиндры	Пленки или пластины
Геометрия материала	Наружный диаметр цилиндров от 10 до 150 мм, высота от 40 до 250 мм	Пленки или пластины шириной до 280 мм
Пористость, %	35–50	35–50
Диапазон средних размеров пор, мкм	1–100	2–50
Удельная воздухопроницаемость, м ³ /(м ² ·ч·кПа·мм)	2–50	100–1500
Прочность на разрыв, МПа	3–7	2–8
Разрывное удлинение, %	20–50	20–60

в качестве аэраторов, компенсаторов давления в автомобильной и аэрокосмической промышленности, дыхательных перегородок, пористых носителей и других устройств, для которых требуется проницаемость материалов.

Пористая структура и свойства данных поропластов открывают новые возможности для использования в других технических областях:

► в приборостроении для защиты датчиков от пыли и аэрозолей, при этом обеспечивается быстрая диффузия газов;

► в качестве сепараторов для разделения различных жидких и газообразных сред, в том числе высокоагрессивных;

► как вентиляционные пористые перегородки — для выравнивания давления и обеспечения быстрой диффузии газа при одновременном отталкивании пыли, масла или водного аэрозоля;

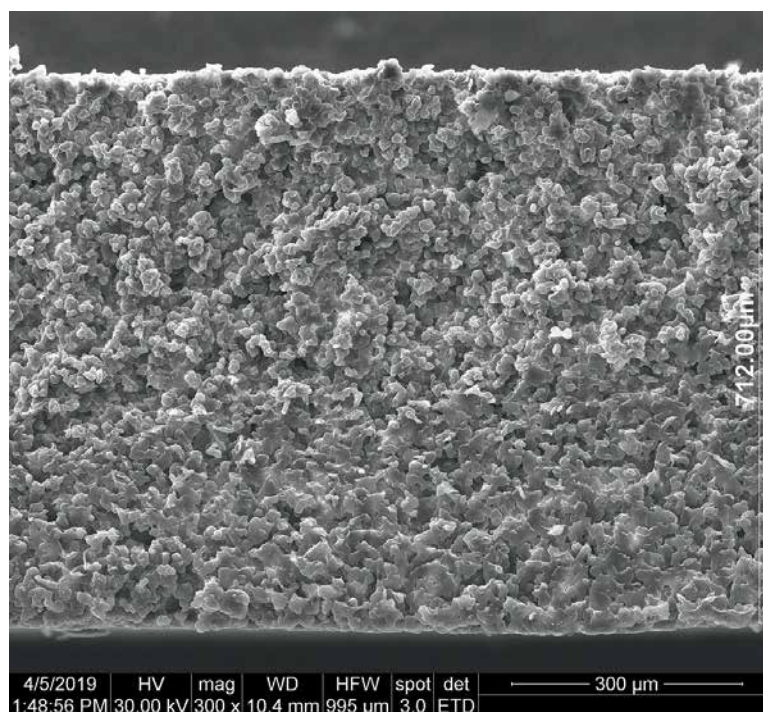


Рис. 2. Электронно-микроскопическая фотография пористой пленки из СВМПЭ

ности на нее можно наносить металлы или печатать изображения. Данные термостойкие поропласты могут быть изготовлены с жесткой или гибкой структурой;

- ▶ в пневматических системах для повышения надежности, эффективности и долговечности. Поропласты на основе СВМПЭ могут применяться в качестве пневматических глушителей для эффективного уменьшения шума оборудования;

- ▶ вследствие высокой отражающей способности могут использоваться в качестве отражателей при производстве УФ-ламп, фар автомобилей и других осветительных приборов;

- ▶ в ламинированных листовых материалах для уплотнений. Пористые пленки могут быть использованы как индивидуально, так и в виде прочного слоистого материала;

- ▶ в фольгированных диэлектриках в качестве диэлектрической подложки вместо монолитной пленки из ПТФЭ. Новые свойства пористых пленок, такие как гибкость, проницаемость, а также улучшенные по сравнению с монолитным ПТФЭ диэлектрические свойства, дают основания полагать, что можно получить более качественный продукт;

- ▶ в электронике в качестве материалов с минимальной диэлектрической проницаемостью и электропроводностью. Удельная электропроводность может регулироваться благодаря варьированию пористости, размеров пор и толщины (геометрических размеров);

- ▶ для фильтрации сжатого воздуха до степени очистки 0,2 мкм во всех отраслях промышленности.

Существует мировой опыт применения поропластов в различных технических областях. К сожалению, этот опыт недостаточно используется отечественными производителями. Новые уникальные свойства получаемых материалов позволят существенно расширить сферы их применения. Ниже представлен перечень направлений, в которых поропласты наиболее востребованы в мировой практике.

Пористые пленки из чистого ПТФЭ используются в качестве:

- ▶ вентиляционных пористых перегородок в резервуарах для чернил, которые позволяют вентилировать системы подачи в принтерах, в то же время препятствуя проливанью чернил из емкости;

- ▶ носителей твердой фазы в хроматографических колонках в жидкостной и гель-хроматографии;

- ▶ акустических вентиляционных диафрагм для мобильных электронных устройств.

Поропласты из СВМПЭ могут применяться:

- ▶ в качестве подложек для хрупких мембран;

- ▶ в системах порошкового покрытия в качестве подложек для псевдооживленного слоя. Благодаря постоянному размеру пор и контролируемому режиму изготовления обеспечивается равномерное распределение порошка вследствие равномерного распределения потока воздуха.

Поропласты используются в аналитических целях, при диагностике *in vitro*, при молекулярных диагностических процедурах. Они находят применение в качестве наконечников для

пипеток и деталей пробоотборников с целью защиты от пыли и аэрозолей, носителей при экстракции и концентрировании.

Поропласты из СВМПЭ могут применяться в качестве вакуумных прижимных листов для разделочных столов.

В настоящий момент нашим предприятием проводится комплекс научно-технологических и опытно-конструкторских работ по выпуску пористых материалов из композитных материалов на основе СВМПЭ. В табл. 3 показаны свойства поропластов из композитных материалов на основе СВМПЭ с различными наполнителями.

Поропласты из композитных материалов имеют двойной механизм очистки жидких и газообразных сред: они очищают фильтруемые среды от твердых и коллоидных частиц (глубинный механизм удержания частиц) и от растворенных веществ (сорбционный механизм удержания). Данные свойства материалов могут быть использованы в различных отраслях промышленности, в том числе приборостроении.

Возможно изготовление композиционных поропластов с порошковыми или волокнистыми наполнителями, придающими новые товарные свойства, например электропроводность. На рис. 3 показана фотография структуры пористой пленки из композита СВМПЭ с активированным углем.

Уникальность материалов на основе смеси полимеров (СВМПЭ) и цеолитов связана с твердой пористой структурой полученных пленок, с раз-

Таблица 3. Свойства поропластов из композитных материалов на основе СВМПЭ производства ГК «Обнинские Фильтры»

Наименование характеристики	Наполнители				
	Активированный уголь (50%)	Активированный уголь (30%)	Природный цеолит (30%)	Искусственный цеолит марки NaA (30%)	Искусственный цеолит марки NaX (30%)
Геометрия материала	Полый цилиндр диаметром 65 мм и высотой 250 мм	Пленка толщиной 1–1,5 мм	Пленка толщиной 1–1,5 мм	Пленка толщиной 1–1,5 мм	Пленка толщиной 1–1,5 мм
Общая пористость, %	60 ± 5	50 ± 4	42 ± 3	38 ± 2	47 ± 2
Размер пор: максимальный / средний, мкм	10/3	8/2	7/1	4/1	5/1
Удельная производительность по воздуху	250 ± 20 л/(ч·кПа)	45 ± 15 м ³ /(м ² ·ч·кПа)	10 ± 3 м ³ /(м ² ·ч·кПа)	17 ± 1 м ³ /(м ² ·ч·кПа)	10 ± 1 м ³ /(м ² ·ч·кПа)
Прочность на разрыв, МПа	–	5,4	5,6	5,3	2,2
Разрывное удлинение, %	–	28	63	106	12
Рабочий диапазон рН	1–14	1–14	2–11	3–11	2–11

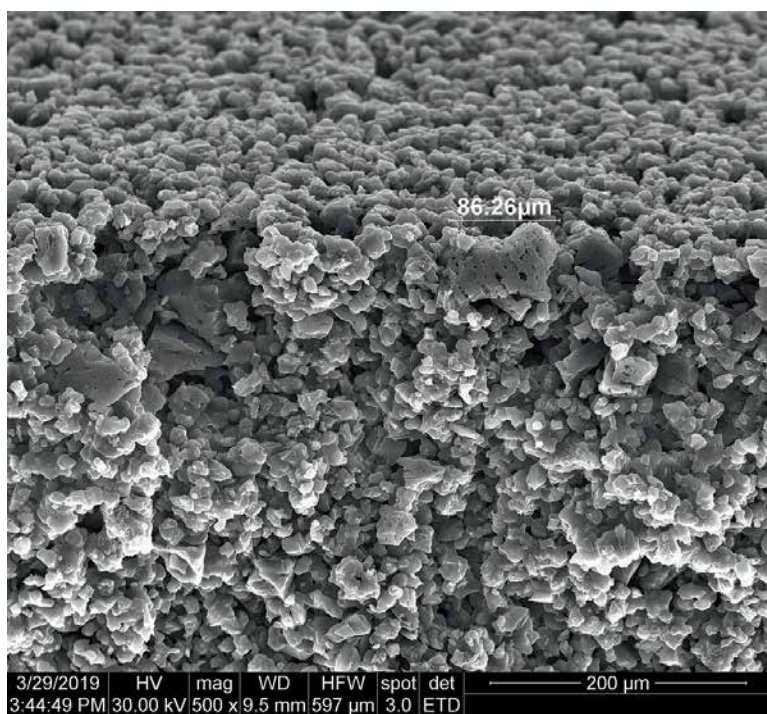


Рис. 3. Электронно-микроскопическая фотография пористой пленки на основе композита из 70 % СВМПЭ и 30 % активированного угля

личной степенью смачивания водой: у СВМПЭ поверхность гидрофобная, а у цеолитов – гидрофильная. Соответственно в зависимости от степени сродства к различным жидкостям данные материалы будут проявлять либо олеофильные, либо олеофобные свойства, либо оба свойства одновременно. Химическая стойкость данных материалов к кислотам и щелочам определяется стойкостью цеолитов, а по отношению к маслам и углеводородам – стойкостью СВМПЭ.

Пористые материалы на основе фторопласта-4 и сверхвысокомолекулярного полиэтилена, изготавливаемые в виде блоков и пленок, в силу своих особых свойств (высокая химическая и термическая стойкость, низкая диэлектрическая проницаемость, гидрофобность) могут применяться

в микро- и радиоэлектронной промышленности в качестве сепараторов и фильтров для очистки и разделения любых жидких и газообразных сред с температурами от -60 до 160 °С, вентиляционных пористых перегородок и диафрагм, для защиты датчиков, в качестве носителей и подложек для различных материалов, в электрохимических источниках тока.

Литература

1. Котова А. Ю. Четверть века фильтрам «Экспресс-Эко!» // Фармацевтические технологии и упаковка. 2016. Т. 272. № 6.
2. Астахов Е. Ю., Большит Н. М., Клишипонт Э. Р. Характеристики пористых пленок политетрафторэтилена, полученных из суспензий порошков в спирте // Высокомолекулярные соединения. Серия А. 2007. Т. 49. № 2.

3. Астахов Е., Астахова А., Царин П., Колганов И., Горобец С. Применение термохимически стойких фильтрующих материалов в микроэлектронной промышленности // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2019. № 7.

4. Пашнин Ю. А., Малкевич С. Г., Дунаевская Ц. С. Фторопласты. Л., 1978.

5. Chaudhuri R. G., Paria S. Dynamic contact angles on PTFE surface by aqueous surfactant solution in the absence and presence of electrolytes // Journal of Colloid and Interface Science. 2009. V. 337. Is. 2.

6. Андреева И. Н., Веселовская Е. В., Наливайко Е. И. и др. Сверхвысокомолекулярный полиэтилен высокой плотности. Л., 1982.

7. Du Z., Wang J., Wen S., Wang P., Zhang D., Yin C. Study on the Properties of UHMW-PE Film // Advances in Materials Physics and Chemistry. 2015. V. 5. No. 8.

8. Kinnari T. J., Esteban J., Zamora N., Fernandez R., López-Santos C., Yubero F., Mariscal D., Puertolas J. A., Gomez-Barrena E. Effect of surface roughness and sterilization on bacterial adherence to ultra-high molecular weight polyethylene // Clinical Microbiology and Infection. 2010. V. 16. Is. 7.

Е. Ю. Астахов, к. х. н.,
генеральный директор,
И. М. Колганов, к. т. н., заведующий
лабораторией, ООО «Обнинские Фильтры»;
А. Ю. Астахова, к. б. н.,
генеральный директор,
С. В. Горобец, заместитель генерального
директора по науке и технологиям,
ООО «Экспресс-Эко-Фильтр»;
П. Г. Царин, генеральный директор
ООО «НПП Эко-Фильтр»;
А. А. Дымова, старший научный
сотрудник ФГУП ГНЦ РФ Институт
медико-биологических проблем РАН;

ГК «Обнинские Фильтры», г. Обнинск,
Калужская обл.,
тел.: 8 (800) 234-3073,
e-mail: filter@express-eco.ru,
сайт: www.express-eco.ru



vk.com/journal_isup
ВКонтакте



<https://t.me/isupmagaz>
Телеграм



<https://dzen.ru/isup>
Дзен

Все новости и статьи в свободном доступе