

## ПОРИСТЫЕ ПОРОШКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И УСТРОЙСТВА НА ИХ ОСНОВЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ И ОСУШКИ ГАЗОВ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

*Белорусский национальный технический университет<sup>1</sup>, Государственное научное учреждение  
«Институт порошковой металлургии»<sup>2</sup>  
Минск, Беларусь*

**Введение.** Одним из перспективных направлений применения пористых порошковых материалов (ППМ), определяемых их высокими капиллярными и фильтрующими свойствами, является очистка сжатых газов, воздуха от влаги, капель воды и механических примесей. Особенно остро стоит вопрос очистки и осушки сжатых газов в условиях эксплуатации пневмосистем при отрицательных температурах. Это, в первую очередь, относится к системам привода шаровых кранов для очистки и осушки природного газа на приборах автоматики компрессорных станций и газопроводов, которые работают при температуре природного газа от минус 60 до плюс 60 °С, а также к системам пневмопривода тормозов автомобилей, эксплуатируемых в зимний период, в районах Крайнего Севера.

Наибольшее распространение для очистки и осушки газов при отрицательных температурах получили абсорбционные осушители [1], которые используют жидкие абсорбенты для поглощения влаги из потока газа. Жидкие абсорбенты, применяемые для осушки природных и попутных нефтяных газов, должны иметь высокую растворимость в воде, низкую стоимость, хорошую коррозионную стойкость, стабильность по отношению к газовым компонентам и при регенерации; простоту регенерации, малую вязкость и т.д. Большинству этих требований наилучшим образом отвечают диэтиленгликоль (ДЭГ) и триэтиленгликоль (ТЭГ) и в меньшей степени этиленгликоль (ЭГ), этиловый спирт [2-4].

Целью настоящей работы является разработка пористого материала и устройства на его основе для глубокой очистки и осушки газов при отрицательных температурах.

**Результаты работы и их обсуждение.** Основными характеристиками фильтрующих материалов, применяемых для очистки и осушки сжатых газов, являются: размер пор, который обеспечивает необходимую тонкость очистки; коэффициент проницаемости, который характеризует производительность, и капиллярные свойства (краевой угол смачивания  $\theta$ ), от которых зависит эффективность влагоотделения.

Для разработки высокоэффективных материалов фильтроэлементов для очистки и осушки газов необходимо изучить взаимосвязь структурных и капиллярных свойств этих материалов с их эксплуатационными свойствами.

В качестве материала для исследований были выбраны следующие металлические порошки: титан марки ПТХ-2-1, медь марки ПМС, никель марки ПНЭ, сталь марки 12Х18Н10Т, бронза марки БрОФ-10-1, а также полимерные порошки: полиамид ПА-6, полипропилен, полиэтилен ПЭВД 1083-020, 15803-020, фторопласт Ф 4.

Экспериментальные исследования показали, что ППМ на основе титана из всех металлов имеют наиболее высокую смачиваемость при отрицательных температурах (косинус краевого угла смачивания равен 1). Наименьшую смачиваемость спиртом имеют материалы из порошка фторопласта, или по-другому, политетрафторэтилена (ПТФЭ) ( $\cos \theta = 0,3$  на спирту и  $0,2$  на спирту с добавлением 60 % H<sub>2</sub>O), а среди металлических – ППМ из порошка бронзы марки БрОФ-10-1.

Проведены исследования влияния размеров пор пористого материала на степень очистки влаги из сжатого воздуха, выражаемую отношением разности концентрации влаги до и после фильтра. Степень очистки определяли по ГОСТ 17433-80 с помощью гигрометра «Байкал 5Ц», определяющего объемную долю влаги в сжатом воздухе до и после фильтра. Результаты исследований представлены на рис. 1.

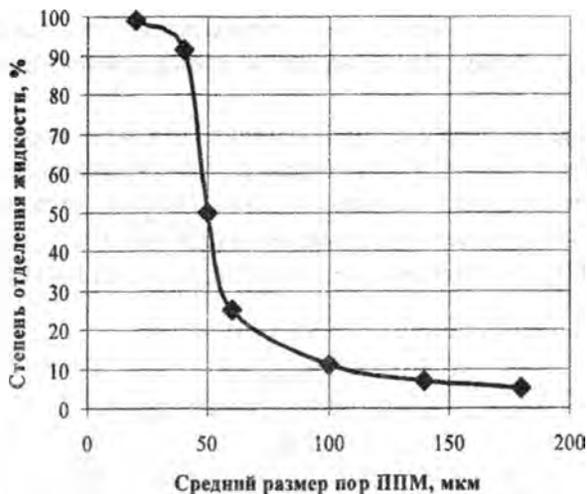


Рис. 1. Влияние размеров пор ППМ из порошка бронзы марки БрОФ-10-1 на степень отделения влаги из сжатого воздуха

Видно, что для очистки сжатых газов от механических примесей и одновременного отделения влаги из жидкого абсорбента, наиболее эффективным является ППМ с размером пор 20-30 мкм. Среди металлических пористых материалов наиболее эффективным является ППМ из порошка бронзы, а среди полимерных – пористый материал из волокон ПТФЭ. Поэтому, в качестве фильтроэлемента для отделения рекомендован композиционный ППМ из порошка бронзы с нанесенным слоем пористого ПТФЭ. Внешний вид фильтрующего материала показан на рис. 2.

Пористый материал из волокон ПТФЭ обладает достаточно высокой проницаемостью (коэффициент проницаемости  $>100 \cdot 10^{-13}$  м<sup>2</sup>). Размер пор материала 20–100 мкм, пористость 75–85 %. Плотность волокнутого материала составляет 300–400 кг/м<sup>3</sup>, удельная поверхность – около 4,9 м<sup>2</sup>/г. Толщину материала можно варьировать в пределах от 1,5 до 20 мм. По химическим и термическим свойствам он полностью соответствует компактному ПТФЭ. Пористый материал из ПТФЭ отличается гидрофобностью, лиофильностью, стойкостью к агрессивным жидкостям и газам, растворителям, высокой теплостойкостью.

Технологический процесс нанесения слоя ПТФЭ на пористую подложку из ППМ был разработан совместно со специалистами Института механики металлополимерных систем им. В.А. Белого (г. Гомель) и включает следующие стадии: подготовка сырья, размещение заготовки в вакуумной камере, ее вращение и нагрев, облучение сфокусированным излучением СО<sub>2</sub>-лазера, откачка летучих продуктов разложения и их нейтрализация, сбор и извлечение волокнутого материала. При этом, попадая на подложку, расположенную нормально к газовому потоку, волокна, сплавляясь между собой, образуют волокнутовый слой с пористостью 75–85 %. Слой волокна может быть сформирован на изделиях относительно сложной конфигурации и имеет прочное сцепление с подложкой с сохранением заданной формы [7–9].

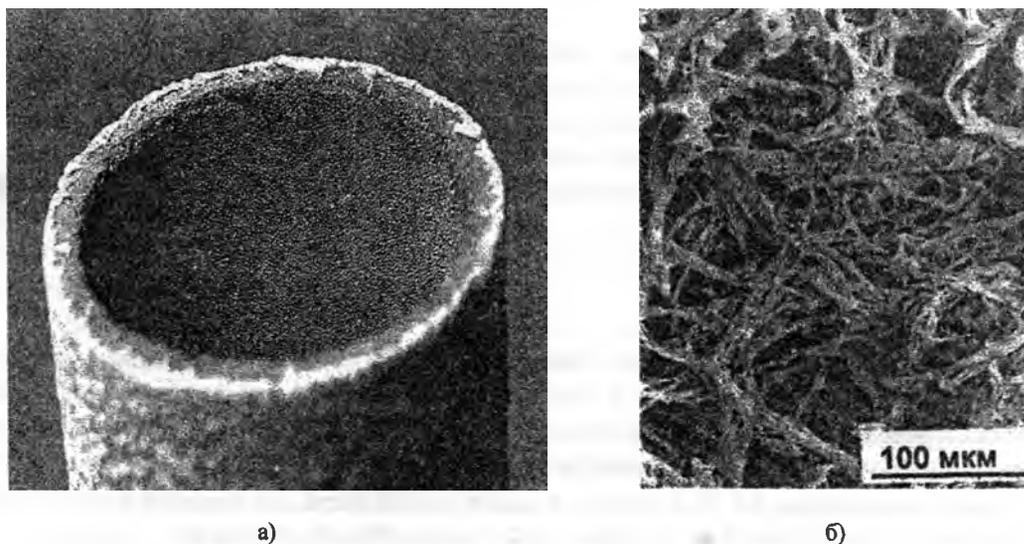


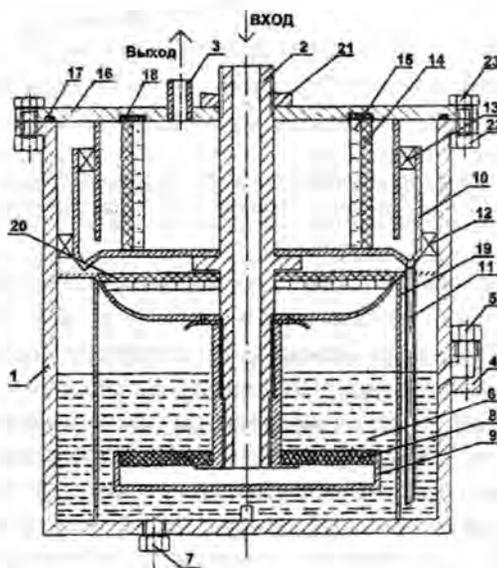
Рис. 2. Внешний вид (а) и фрактограмма поверхности пористого материала на основе ПТФЭ при увеличении  $\times 300$  (б)

На основании проведенных исследований разработана конструкция устройства для очистки и осушки газов при отрицательных температурах. Внешний вид и схема разработанного устройства показаны на рис. 3.

Принцип работы устройства – отделение влаги за счет пропускания газа через фильтроэлемент из ППМ, помещенный в жидкий сорбент (ЭГ, ДЭГ), температура замерзания которого ниже минус 60 °С и который имеет способность поглощения влаги из газа. Второй композиционный металлополимерный фильтроэлемент обеспечивает конденсацию паров жидкости на его поверхности и, при образовании капель влаги, их отделение от газа и возврат назад в камеру с жидким абсорбентом.



а)



б)

Рис. 3. Внешний вид (а) и схема устройства (б) для осушки газов при отрицательных температурах:  
 1 – корпус; 2 и 3 – штуцера выхода входа газа, 4 – штуцер залива жидкого сорбента 5 – пробка; 6 – жидкий сорбент; 7 – пробка для слива сорбента, 8 – пористый элемента; 9 – корпус распределителя газа; 10 – кожух; 11 – патрубок для возврата сорбента; 12 и 13 – лопатки-завихрители; 14 – фильтрующий элемент; 15 – армирующая втулка с отверстиями; 16 – крышка корпуса; 17, 18 – уплотнительные кольца; 19 – камера; 20 – пористый элемент; 21 – прижимная гайка; 23 – гайка

Разработанное устройство испытано в лаборатории процессов и оборудования фильтрации и сепарации ГНУ ИПМ и может применяться в системах управления шаровыми кранами для очистки и сушки импульсного газа приборов автоматики на компрессорных станциях и газопроводах, а также для обеспечения работ пневмосистем автотранспорта при отрицательных температурах. Конструкция устройства защищена двумя патентами Республики Беларусь (№№ 8273, 9389).

### Выводы

На основании проведенных исследований разработан пористый композиционный металло-полимерный материал и устройство на его основе для очистки и осушки газов при отрицательных температурах. Принцип работы устройства – отделение влаги за счет пропускания газа через фильтроэлемент из ППМ, помещенный в жидкий абсорбент (ЭГ, ДЭГ), температура замерзания которого ниже минус 60 °С и который имеет способность поглощения влаги из газа. Второй фильтроэлемент обеспечивает конденсацию паров абсорбента на его поверхности и, при образовании капель жидкости, их отделение от газа и возврат назад в камеру с жидким абсорбентом. Разработанное устройство может применяться в системах управления шаровыми кранами для очистки и сушки импульсного газа приборов автоматики на компрессорных стан-

циях и газопроводах, а также для обеспечения работ пневмосистем автотранспорта при отрицательных температурах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Синайский, Э.Г. Сепарация многофазных многокомпонентных систем/ Э.Г. Синайский, Е.Я. Лапига, Ю.В. Зайцев. – Москва: Недра. – 2002. – 226 с. 2. Байков, Н.М. Гликоли и опыт их применения в нефтяной и газовой промышленности / Н.М. Байков, И.И. Тойгузин, Т.А. Сайфеев, А.Г. Зарипов. – М.: ВНИИОНГ, 1970. – 152 с. 3. Кельцев, Н. В. Основы адсорбционной техники/ Н.В. Кельцев. – Москва: Химия, 1984. – 592 с. 4. Совершенствование процессов сепарации и сепарационного оборудования/Г.К. Зиберт [и др.] //Наука и техника в газовой промышленности. – 2004. –№3/4. –С.48–53. 5. Адамсон, А. Физическая химия поверхностей: пер. с англ. А. Адамсон. – Москва: Мир. – 1979. –378 с. 6. Абрамзон, А.А. Поверхностно-активные вещества/ А.А. Абрамзон. –Ленинград: Химия. – 1981. –366 с. 7. Ilyuschenko, A.Ph. Porous Powder Materials for Effective Cleaning Gases and Liquids / A.Ph. Ilyuschenko, L.P. Pilinevich, M.V. Tumilovich, A.G. Kravtsov // Powder Metallurgy: Proceedings of World Congress & Exhibition, Nice, France, 22–24 Oct., 2001 / EPMA. – Nice, 2001. –Vol. 1. – P. 354–358. 8. Ilyuschenko, A.Ph. Composite metal-polymer porous materials for gases dehumanization and fuel dewatering / A.Ph. Ilyuschenko, L.P. Pilinevich, M.V. Tumilovich, V.V. Savich, A.G. Kravtsov, I.A. Ryabchenko // Science for Materials in the Frontier of Centuries: Advantages and Challenges: Proceedings of Conf. – Kyiv, Ukraine, 4–8 Nov., 2002 / Ин-т проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАН Украины; редкол.: В.В. Скороход [и др.]. – Киев, 2002. – Vol. 2. – P. 791-792. 9. Толстопятов, Е.М. Комплексная модель абляции политетрафторэтилена излучением CO<sub>2</sub> лазера в вакууме/Е.М. Тостопятов, П.Н. Гракович / Полимерные композиты и трибология «Поликоптриб – 2005». Тез. докл. международной научно-практической конференции, Гомель, 18-21 июля 2005 г./ ИММС НАН Беларуси; редкол.: П.А. Витязь [и др.]. – Гомель: ИММС, 2005. – С. 47–48.

УДК 621.9.011:517.962.1

*Туромша В.И, Довнар С.С, Туми Эль-Мабрук Абуджафер Али*

### **ОЦЕНКА ЖЕСТКОСТИ ОПОР СТОЛА ПРОДОЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Было проведено конечно-элементное моделирование [1,2] стандартной винтовой регулируемой станочной опоры конструкции МЗОР. Она поддерживает неподвижный стол продольно-фрезерного станка с ЧПУ типа «Гентри». На рис.1 показан секционный стол А, несущий нагрузку от модельной детали В. Между столом и бетонным основанием С размещаются опоры, являющиеся темой данной работы.

Каждая опора воспринимает вертикальные сжимающие нагрузки, в основном от веса стола и обрабатываемой детали, и горизонтальные сдвигающие нагрузки от силы резания. Под одной секцией стола длиной 4000 мм, шириной 2500 мм и весом 10 т находится 15 опор. Полная высота опоры 210 мм, характерный наружный диаметр 110 мм. Опорная пятая опоры имеет диаметр 200 мм при толщине 30 мм. Данную конструкцию опоры будем называть далее цилиндрической.

Модель несущих частей опоры показана на рис.2,а в четвертном разрезе. Здесь объект А – бетонное основание, стилизованное под усеченный конус (высота 665 мм). На него опирается стальная втулка В, в которую входит стальной винт С. На буртиках винта лежит нижняя поверхность чугунового стола D (представлен своим опорным гнездом). В районе Е втулка и винт