

## ПОРИСТЫЕ ПРОНИЦАЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ И ОБЛАСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Кусин Р.А., Капцевич В.М., Корнеева В.К. НИИ ПМ с ОП, БАТУ

Пористые проницаемые материалы на металлической основе, получаемые методом порошковой металлургии, можно разделить на три группы: порошковые, волокновые и ячеистые, каждая из которых характеризуется своими диапазонами изменения пористости и размеров пор (рис. 1) и областями применения. Наиболее широкое распространение на практике получили пористые проницаемые материалы из порошков (в дальнейшем ППМ), которые состоят из твердых частиц, находящихся во взаимном контакте и образующих систему непрерывных каналов между частицами. Эти каналы (поры) обеспечивают такие свойства ППМ, как проницаемость для газов или жидкостей, способность к капиллярному транспорту жидкостей под действием капиллярных сил и фильтрующую способность.

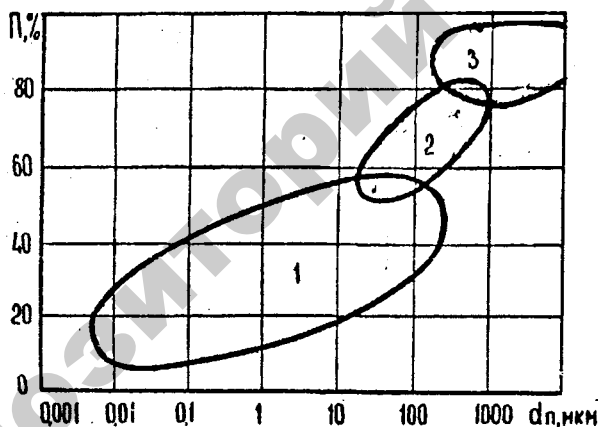


Рис. 1. Диапазон измерения пористости и размеров пор пористых материалов на металлической основе: 1 – порошковые материалы; 2 – волокновые; 3 – ячеистые.

ППМ обладают рядом достоинств по сравнению с бумажными, стеклянными, керамическими, тканевыми и другими проницаемыми материалами. Они более прочны и устойчивы против коррозии, могут работать в широком диапазоне температур, подвергаются механической обработке и сварке, обла-

дают высокой тепло- и электропроводностью, допускают многократную регенерацию.

Все ППМ по характеру применения можно разделить на три группы: фильтрующие, капиллярно-пористые и материалы со специальными свойствами [1–3].

Процесс эксплуатации фильтрующих ППМ характеризуется наличием избыточного давления, прикладываемого к газу или жидкости, в результате чего последние проходят по поровым каналам, очищаются, гомогенизируются, разделяются, смешиваются, распределяются (фильтры, смесители, глушители шума, аэраторы, огнепреградители и т.д.).

Процесс эксплуатации капиллярно-пористых ППМ характеризуется наличием капиллярного давления, возникающего на границе сред жидкость-газ-твердое тело, в результате чего жидкость перемещается по поровым каналам или удерживается в них (испарители, конденсаторы, капиллярные структуры тепловых труб, капиллярные насосы и т.д.).

К ППМ со специальными свойствами отнесены материалы, процесс эксплуатации которых связан с взаимодействием поверхности пор с фазой, заранее введенной или пропускаемой по поровым каналам, что интенсифицирует физические или химические процессы взаимодействия этих фаз (пористые аноды, пластины аккумуляторных батарей, заменители костной ткани и т.д.).

Предметом рассмотрения данной работы является первая группа – группа фильтрующих материалов (ФМ), которые условно можно разделить на фильтры и распределители газовых или жидкостных потоков.

Основным назначением фильтров является очистка жидкостей или газов от посторонних примесей. Отличительной их особенностью является осуществление фазоразделения в результате процесса фильтрования. Применение таких ФМ позволяет повысить качество выпускаемой продукции, надежность и долговечность пневмо- и гидросистем различного назначения, обеспечить защиту окружающей среды и т.д. Фильтры используются для очистки воды, щелочных, кислотных и солевых растворов, горючесмазочных материалов, молока, смол, основ для лаков, расплавов солей и полимеров, фильтрации сжиженных и сжатых газов при их производстве и практическом применении, отходящих газов в технологических циклах химического, металлургического, цементного и других производств. В ряде случаев ФМ позволяют улавливать дорогостоящие пылевидные катализаторы, используемые в технологических процессах химического и нефтехимического производства, что позволяет значительно удешевлять процесс.

Распределители потоков, представляющие вторую группу ФМ, используются при пневмотранспорте сыпучих сред, аэрации жидкостей для их перемешивания или насыщения газами, в качестве элементов пористого охлажде-

ния или нагрева, газораспределительных решеток для создания кипящего или псевдооживленного слоя, аэростатических или гидростатических подшипников, в которых отсутствует соприкосновение трущихся поверхностей, огнепреградителей для локализации распространения пламени, активных глушителей шума, катализаторов и т.д. Как правило, в процессе эксплуатации таких ФМ не ставится задача разделения фаз.

Выбор химического состава ФМ как для фильтров, так и для распределителей потоков определяется требуемой коррозионной стойкостью. Наиболее часто на практике для изготовления ФМ используются порошки оловянно-фосфористой бронзы марки БрОФ 10-1, железа, коррозионно стойкой стали, никеля, титана.

ФМ из бронзы могут выдерживать нагрев на воздухе до 200°C и до 400°C в неокислительной среде. Они коррозионностойки на воздухе, в морской воде и растворах КОН. ФМ из порошков железа коррозионностойки в масле, керосине, бензине, дизельном топливе. Алитированные ФМ имеют высокую окислительную стойкость и коррозионностойкость на воздухе и в морской воде. Хромированные ФМ стойки при нагреве до 750°C.

ФМ из порошков коррозионностойких сталей обладают высокой коррозионной стойкостью в кислотах, щелочах и агрессивных средах. Они выдерживают нагрев на воздухе до 500°C, а некоторые и до более высокой температуры. Так, ФМ из восстановленных порошков коррозионностойких сталей ПХ17Н2, ПХ30, ПХ18Н15, ПХ18Н9, ПХ23Н18 обладают стойкостью в азотной кислоте, щелочах, в окислительных газах при температуре до 800°C. В таблице приведен срок службы ФМ из порошков коррозионностойких сталей в некоторых растворах кислот и щелочей [4].

*Таблица*

*Срок службы ППМ из порошков коррозионностойкой стали в растворах кислот и щелочей.*

Среда	Концентрация, %	Срок службы
HNO <sub>3</sub>	68	20 лет
HNO <sub>3</sub>	10	30 лет
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	96	30 лет
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	10	3 недели
HCL	37	5 часов
HCL	1	4 недели
NaOH	40	10 лет
HPO <sub>3</sub>	85	20 лет
HPO <sub>3</sub>	10	40 недель

Сплавы хрома с 30–40% никеля выдерживают нагрев на воздухе до 1200°C, обладают высокой коррозионной стойкостью в соляной кислоте и галогеносодержащих средах. Никельмолибденовые сплавы (Ni-15Cr-15Mo) обладают коррозионной стойкостью одновременно в соляной и азотной кислотах. Монель-металл стоек в среде галогенидов, а нихром – на воздухе при температуре до 800°C.

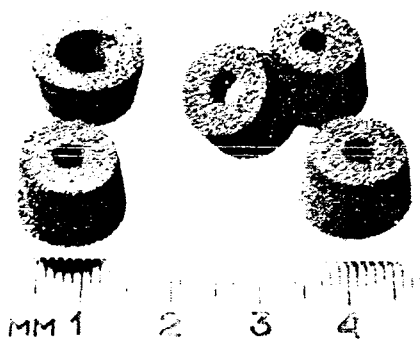
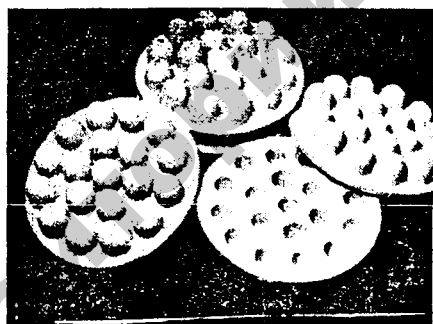
ФМ из титана имеют преимущества перед материалами из бронзы, коррозионностойких сталей и никеля. Титан коррозионностоек в присутствии хлора (хлоридов, солей хлористой кислоты), морской, соленой воды, азотной кислоты, органических кислот. Имеются данные о стойкости пористого титана в следующих средах: полная устойчивость в 30%-ном растворе едкого натра, удовлетворительная устойчивость в 25%-ном растворе хлористого алюминия при температуре раствора до 100°C, стойкость ФМ из титана, содержащих 0,2–2% палладия в 20%-ном растворе соляной и 40%-ном растворе серной кислоты при комнатной температуре. Лучшей коррозионной стойкостью в горячих растворах серной и соляной кислот (концентрация 40 и 20% соответственно) обладают сплавы, содержащие 30–35% Мо. Порошковый сплав Ti20Mo5Cr0,2Pd имеет высокую стойкость в горячих и концентрированных растворах соляной и азотной кислот [5].

НИИ порошковой металлургии с опытным производством (НИИ ПМ с ОП) и Белорусский аграрный технический университет проводят совместные работы по разработке, изготовлению, внедрению и поиску новых областей применения ППМ. В настоящее время на опытном производстве НИИ ПМ с ОП могут изготавливаться листы 1400 x 350 мм и трубы на их основе диаметром до 500 мм и длиной до 1000 мм и более, диски диаметром от 52 мм до 305 мм и "чечевицы" на их основе, изделия в виде стаканов, таблеток, пробок и более сложной формы по согласованным чертежам. Из порошков коррозионностойких сталей, никеля и титана изготавливаются диски диаметром до 200 мм, трубы диаметром до 80 мм и длиной до 500 мм, а также втулки и стаканчики диаметром до 80 мм.

Изготовленные в НИИ ПМ с ОП изделия внедрены в качестве фильтров для очистки воздуха и агрессивных газов – на Борисовском заводе медпрепаратов, Обольском заводе кормовых добавок, Винницком заводе тракторных агрегатов, Полоцком ПО "Стекловолокно", Гродненском ПО "Химволокно", Симферопольском ПО "Пневматика", Черкесском заводе пневмоаппаратуры, Смоленском заводе "Измеритель" и Минском ПО "Интеграл"; очистки промышленных масел – на Могилевском ПО "Стромавтолиния", Госпредприятии "Белтрансгаз" (г. Минск), СКТЬ "Сектор" (г. Калуга), заводе "Альмагор", ПО "Горизонт" (г. Минск), заводе запальных свечей (г. Энгельс) и Витебском телезаводе; фильтрации и гомогенизации расплавов полимеров (по-

лиэтилентерефталат, полипропилен, капролактам) – на Могилевском ПО "Химволокно", Казанском ПО "Тасма", ИПО "Полимер" (г. Орджоникидзе), Владимирском ПО "Химволокно", Киевском заводе "Большевик", Энгельском ПО "Химволокно" и АО "Пинема" (г. Пинск); очистки воды – на Юргинском машиностроительном заводе; а в качестве распределителей потоков для глушения шума – на заводе "Могилевлифтмаш" (г. Могилев), заводе "Калибр" (г. Минск), объединении "Промшвеймаш" (г. Орша), Заднепровском экспериментальном заводе по производству спецкомбикормов и регенерированного молока (г. Орша), АО Мичуринский завод "Прогресс", Черкесском заводе пневмоаппаратуры, Симферопольском ПО "Пневматика" и Оршанском инструментальном заводе; охлаждения синтетических нитей – на Пинском АО "Пинема" и Могилевском ПО "Химволокно"; насыщения жидкости воздухом и озоносодержащей смесью – на Обольском заводе кормовых добавок и в совхозе "Несвижский"; пневмотранспорта цемента – в компании "Akmenes cementas" (Литва); огнепреграждения – в НИИ сварки и покрытий (г. Минск) и на заводе "Оргтехника" (г. Лермонтов).

Фотографии некоторых из внедренных изделий приведены на рис. 2.





*Рис.2. Фотографии некоторых из внедренных изделий из ППМ: а – пористые вставки для фильтрации и гомогенизации прядильных расплавов; б – фильтроэлементы для очистки дизельного топлива; в – глушители шума для пневмораспределителей.*

Фильтрующие материалы в процессе эксплуатации загрязняются оседающими в порах частицами, что с течением времени приводит к уменьшению их фильтрующей способности. Существуют различные способы регенерации фильтров:

- пропуская газ или жидкость в направлении, противоположном фильтрации (механическая очистка);
- применением химических растворителей;
- прокаливанием ФМ.

Кроме перечисленных выше, используются и другие способы регенерации, например, снятием осадка с фильтрующего элемента скребком, импульсной обдувкой, обработкой ультразвуком и т.д. Из этих способов наиболее эффективным является обработка ультразвуком.

Выбор способа регенерации определяется условиями работы фильтра, а также химической природы материала ФМ и осадка.

При регенерации фильтра обратной продувкой (промывкой) рабочая среда (газ или жидкость) пропускается в направлении, противоположном фильтрации. Очистка производится при давлении, на 0,05-0,1 МПа большем давления фильтрации. В непрерывном технологическом процессе обычно устанавливаются параллельно два фильтра, один из которых работает, а другой подвергается регенерации. Наиболее эффективно метод используется в соче-

тании с дополнительными способами очистки фильтров (вибрацией, промывкой в растворителях, ультразвуковой очисткой и т.д.).

Регенерация химическими растворителями заключается в растворении частиц, застрявших в порах ФМ, и производится в том случае, если обратная продувка малоэффективна. В качестве растворителей можно использовать кислоты, щелочи, ацетон, бензин, спирт и др. При этом растворитель не должен взаимодействовать с материалом фильтра. Например, фильтры из коррозионностойкой стали регенерируют азотной кислотой (большая часть осадков из частиц металла растворяется). Аналогично регенерируются фильтры, забитые органическими примесями. Для удаления труднорастворимых частиц химическую регенерацию сочетают с дополнительной обработкой, например, ультразвуком.

Главными недостатками регенерации химическими растворителями являются необходимость демонтажа фильтра, длительность процесса растворения примесей, непосредственный контакт материала фильтра с агрессивными жидкостями. Поэтому его применение возможно лишь для коррозионностойких ФМ.

Термическая очистка фильтров применяется относительно редко, что связано с необходимостью демонтажа фильтрующих устройств, применения специального термического оборудования и защитной среды, трудностью последующего удаления продуктов реакции термического разложения. Так, для очистки фильтра, изготовленного из порошка бронзы марки БрОФ-10-1 [6], поры которого заполнены застывшей полиэфирной смолой, его предварительно нагревают на воздухе до 600–850°С и выдерживают при этой температуре до полного сгорания полимера, а затем помещают в среду диссоциированного аммиака и выдерживают при той же температуре до полной очистки.

Качество регенерации фильтрующих элементов можно оценивать по изменению ряда эксплуатационных показателей элемента: по приращению его массы, увеличению его начального гидравлического сопротивления, уменьшению ресурса работы до снижения скорости фильтрования на заданную величину или до достижения максимально допустимого перепада давлений и т.д. В условиях фильтрования при постоянном давлении лучше всего оценивать регенерацию по изменению пропускной способности аппарата во времени, а в условиях фильтрования при постоянной скорости – по изменению перепада давлений во времени. Эти показатели позволяют учитывать не только начальные послерегенерационные изменения фильтрующих свойств, связанные с остаточным загрязнением фильтрующей перегородки, но и интенсивность ее закупоривания после регенерации [7].

Полученный опыт эксплуатации изделий из ФМ показывает, что, несмотря на высокую стоимость, они могут успешно использоваться и конкурировать

вать с другими, более дешевыми материалами за счет высокой надежности в работе и способности выдерживать многократные регенерации. В тех же случаях, когда в процессе эксплуатации необходимо реализовать свойства материала основы ФМ, ППМ из металлических порошков являются незаменимыми.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Витязь П.А., Капцевич В.М., Шелег В.К. Пористые порошковые материалы и изделия из них. – Минск: Вышэйшая школа, 1987. – 161 с.
2. Пористые проницаемые материалы: Справочник / Под ред. С.В. Белова; С.В. Белов, П.А. Витязь, В.К. Шелег, В.М. Капцевич и др. – М.: Металлургия, 1987. – 333 с.
3. Витязь П.А., Капцевич В.М., Косторнов А.Г. и др. Формирование структуры и свойств пористых порошковых материалов. – М.: Металлургия. 1993. – 240 с.
4. Андриевский Р.А. Пористые металлокерамические материалы. – М.: Металлургия, 1964. – 188 с.
5. Витязь П.А., Капцевич В.М., Кусин Р.А. Фильтрующие материалы: свойства, области применения, технология изготовления. – Минск: НИИ ПМ с ОП, 1999. – 304 с.
6. А.с. 668695 СССР, МКИЗВ01Д41/00. Способ регенерации металлических пористых фильтров от полимерных загрязнений.
7. Коваленко В.П., Ильинский А.А. Основы техники очистки жидкостей от механических загрязнений. – М.: Химия, 1982. – 272 с.

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ**

*Ракомсин А.П., Митрофанова А.Б., Хейфец М.Л.  
ГП "МАЗ", Белорусский государственный аграрный технический  
университет, Полоцкий государственный университет*

В настоящее время очень актуальна проблема повышения эксплуатационных свойств (износостойкости и усталостной прочности и др.) деталей автомобилей. Она требует создания новых технологических процессов и применения материалов, обеспечивающих их эксплуатацию до списания без замены и с минимальным количеством текущих ремонтов.

Известно, что износостойкость и усталостная прочность деталей являются основными эксплуатационными свойствами, повышение которых обеспечивается нанесением покрытий различными технологическими методами. Одним из перспективных способов упрочнения и восстановления деталей является электромагнитная наплавка (ЭМН),