

– комплект слесарного инструмента КИ-5920М для ремонта электрооборудования;

– прибор ПСК-ЛГ для контроля схождения передних колес автомобилей;

– вертикально-сверлильный станок «Корвет 41»;

– станок точильно-шлифовальный РВГ-150;

– домкрат гидравлический на 15т и таль на 2т.

В республике практически не налажено производство диагностического оборудования для нужд предприятий, эксплуатирующих технику и проводящих ее обслуживание. Поэтому приобретение подобных передвижных ремонтно-диагностических мастерских позволит технически обеспечить инженерно-техническую службу сельскохозяйственных предприятий и снизить простой техники по техническим причинам.

УДК 621.762

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ СВОЙСТВ ПОРОШКОВЫХ ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Капцевич В.М., д.т.н., проф.,

Корнеева В.К., инженер,

Кривальцевич Д.И., инженер,

Закревский И.В., инженер

(Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск)

Лисай Н.К., к.т.н., директор

(ДП «Мостовская сельхозтехника»

Гродненского УП «Облсельхозтехника», г. Мосты)

Витязь А.А., зав. лабораторией

(ОАО «Березовский МРЗ», г. Береза)

Кусин Р.А., к.т.н., зам. директора – главный инженер

(ГНУ ИПМ, г. Минск)

Современные интенсивные технологии, применяемые в сельском хозяйстве, предопределяют и интенсивное использование техники. Мобильная сельскохозяйственная техника представляет собой дорогостоящие высокотехнологичные изделия, производство и обслуживание которых требуют значительной технической культуры. Эффективность ее применения в большой мере определяется качеством вспомогательных систем, одной из которых являются системы фильтрации.

К современным фильтрующим материалам (ФМ) предъявляются весьма жесткие требования по всему комплексу свойств, к которому относятся тонкость фильтрования, проницаемость, гидравлическое сопротивление, коррозионная стойкость, низко- и высокотемпературная прочность и пластичность, возможность многократной регенерации.

К ФМ относят как естественные образования, так и искусственные, получаемые в результате агрегации дисперсных материалов (порошков, волокон) или другими способами (плетением, литьем, вспениванием, полимеризацией и др.), позволяющими образовывать совокупность большого числа взаимосвязанных поровых каналов, характеризующихся различными размерами, формой и распределением. В зависимости от строения твердого каркаса и типа структурообразующих элементов рассматриваемые ФМ можно разделить на 4 группы: порошковые фильтрующие материалы (ПФМ), волокнистые из дискретных волокон – волокнистые фильтрующие материалы (ВФМ), из непрерывных нитей – сетчатые фильтрующие материалы (СФМ) и высокопористые ячеистые материалы (ВПЯМ). Эта классификация представлена на рис. 1, где приведены микрофотографии пористых структур каждой группы ФМ.

Авторами [1] на основании анализа многочисленных литературных данных установлены диапазоны изменения основных структурных (пористость, размеры пор) и гидродинамических свойств (вязкостной коэффициент проницаемости) каждого типа материалов (рис. 2).



Рис. 1. Классификация фильтрующих материалов

Так, ПФМ характеризуются пористостью 20-50%, размерами пор 0,005-200 мкм, ВФМ – пористостью 30-80 %, размерами пор 20-300 мкм, СФМ – пористостью 20-80 %, размерами пор 50-200 мкм и ВПЯМ – пористостью 75-97%, размерами пор 200-5000 мкм.

Порошковые фильтрующие материалы (ПФМ) успешно применяются в, машиностроении и медицине, электронной и химической промышленности, атомной энергетике и приборостроении. ПФМ по сравнению с существующими на органической (войлок, бумага, ткани, полимеры) и неорганической (керамика, асбест, стекло) основах характеризуются большой проницаемостью, устойчивостью к тепловым ударам, а самое главное, возможностью управления их

свойствами в самых широких пределах. Они могут работать при высоких температурах, коррозионно-стойки и жаропрочны. Эти материалы выгодно отличаются простотой, экономичностью изготовления, возможностью многократного использования.

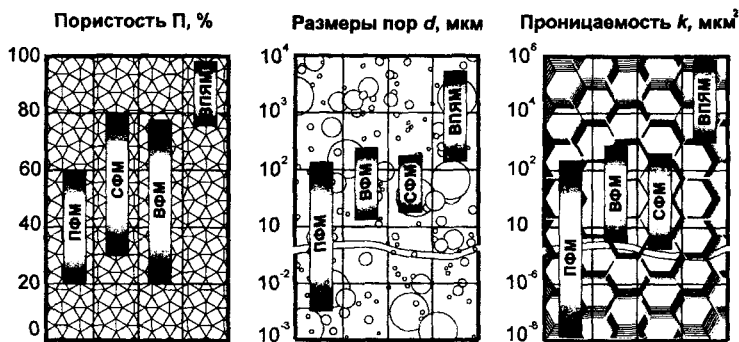


Рис. 2. Структурные свойства различных классов ФМ

Современный этап развития порошковой металлургии характеризуется процессом непрерывного обогащения ее новыми идеями получения ПФМ, удовлетворяющих требованиям, предъявляемым к ФМ. Однако решения этих задач методами порошковой металлургии ограничены, с одной стороны, технологическими возможностями известных приемов и методов получения ПФМ, а с другой – противоположной зависимостью ряда их свойств от параметров изготовления.

Противоречивость предъявляемого к ПФМ требования иметь одновременно высокую проницаемость и тонкость фильтрования объясняется противоположной зависимостью этих характеристик от многих параметров, но в большей степени от размеров частиц порошка и пористости. Так, для получения ПФМ с высокой проницаемостью их необходимо изготавливать из порошков с частицами большего размера, а это, в свою очередь, приводит к снижению других эксплуатационных характеристик, например, тонкости фильтрования. Поэтому в каждом конкретном случае останавливают выбор на таком способе, который позволяет получать требуемое сочетание этих свойств. В связи с этим целесообразно проводить исследования потенциальных возможностей различных методов получения ПФМ, удовлетворяющих этому требованию, в разрешении противоречия между рассматриваемыми свойствами высокой проницаемости и достижения высокой тонкости фильтрования.

Анализ известных способов получения ПФМ показывает, что имеется ряд технологических процессов и приемов, которые способствуют устранению в определенной степени указанного выше противоречия. В качестве примера приведем данные работы [2], согласно которым тонкость фильтрования 12 мкм может быть обеспечена, с одной стороны, ПФМ из порошка с размером частиц 280-360 мкм и пористостью 0,36, а с другой – из порошка 100-160 мкм с пористостью 0,55. Однако у последнего ПФМ проницаемость в 5 раз выше.

Одним из путей повышения свойств ПФМ является создание материалов с анизотропной структурой пор, обеспечивающих не поверхностное, а глубинное фильтрование. По данным различных исследований [3], 70-80% загрязнений, задерживаемых фильтрующими элементами (ФЭ) с изотропной поровой структурой, удерживаются лишь поверхностным слоем, толщина которого составляет 2-4% от общей его толщины, что вызывает резкое возрастание его сопротивления, а, следовательно, и всего ФЭ в целом. Это, в свою очередь, приводит к быстрому выходу его из строя.

Путем создания градиентной структуры пор можно получить ПФМ, обладающие повышенной проницаемостью при сохранении тонкости очистки, при этом параметр эффективности возрастает почти в 2 раза. Такие ПФМ находят широкое применение для реализации процессов глубинной фильтрации и тангенциальной очистки. Для их получения разработано много способов, основанных на послойном формовании, виброформовании, осаждении, псевдооживлении и пластичном деформировании и др.

Выполнение ФЭ с переменным порораспределением, у которого размеры пор уменьшаются в направлении фильтрации, приводит к более равномерному распределению загрязнителя по его объему, что увеличивает грязеемкость и срок его службы. Тонкость фильтрования у такого ПФМ соответствует слою с минимальными размерами пор, в то время как проницаемость является величиной интегральной и определяется структурой всего материала.

Использование методов, основанных на пластическом деформировании спеченных заготовок, позволяет получать ПФМ, у которых размер пор и пористость изменяются в направлении фильтрации. Так, при изгибе пористой пластины по цилиндрической поверхности [4] в ее сечении возникают плавно изменяющиеся растягивающие и сжимающие окружные напряжения, обуславливающие изменение пористости и размеров пор по толщине образца. Этот метод используется для получения ФЭ цилиндрической форм, в том числе и крупногабаритных. Дальнейшее развитие этот метод получил в предложенном способе [5] изгиба пористой пластины по поверхности двойной кривизны, в частности, по сферической поверхности. В этом случае, в отличие от описанного выше изгиба по цилиндрической поверхности, обеспечивается возможность регулирования порораспределения в более широких пределах.

Одним из возможных путей создания ПФМ с неоднородным порораспределением являются методы, основанные на осаждении мелких частиц в пористых средах путем пропускания газопылевого потока или газообразных металлических соединений, например, карбониллов, суспензий с мелкими частицами или электролита. В частности, предложены способы получения ПФМ с переменной по сечению пористостью методом осаждения мелких частиц в предварительно сформованную заготовку путем нанесения на ее поверхность мелкого порошка, пропускания потока газа со стороны насыпанного порошка и последующего спекания. Для получения более эффективных материалов операцию осаждения мелких частиц необходимо осуществлять многократно: предварительно с размером 0,15-0,25 размера частиц материала заготовки и каждого последующего заполнения с размерами 0,45-0,55 размера частиц предыдущего заполнения.

Одним из наиболее распространенных ФЭ с неоднородной поровой структурой являются многослойные ПФМ, у которых каждый слой выполнен из порошков различного гранулометрического состава. Такие материалы имеют проницаемость, грязеемкость и срок службы намного выше по сравнению с однослойными [6]. Имеется много способов изготовления многослойных материалов. Они различаются методом приложения давления, количеством прессуемых слоев, расположением слоев по отношению к оси прессования. Широко распространен способ послойной засыпки и последующего спекания. Микроструктура двухслойного ПФМ, полученного этим методом из сферического порошка оловянисто-фосфористой бронзы, представлена на рис. 3.



Рис. 3. Двухслойная структура ПФМ из сферического порошка оловянисто-фосфористой бронзы

На рис. 4 приведены внешний вид и микроструктура двухслойных фильтрующих элементов, полученных методом сухого изостатического прессования. Данная технология позволяет получать многослойные ПФМ: прессование первого слоя порошка на оправку, затем напрессовка второго слоя на первый совместно с оправкой и т.д. Более тонкий слой из мелкого порошка, занимающий около 20% общей толщины ПФМ, гарантирует высокую тонкость фильтрования. При этом проницаемость фильтрующего элемента уменьшается примерно на 20% по сравнению с проницаемостью ПФМ с такой же толщиной стенки, но изготовленного из крупного порошка [7].

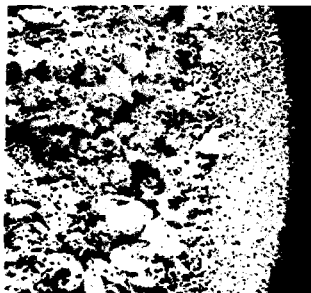


Рис. 4. Микроструктура двухслойных титановых ФЭ, полученных методом сухого изостатического прессования

Одним из наиболее перспективных способов получения ПФМ с плавно изменяющимися размерами пор в направлении фильтрации являются методы, основанные на достигаемом на этапе формования эффекте сегрегации частиц порошка по размерам в направлении действия силы тяжести.

Эффективным и простым способом, реализующим этот эффект, является вибрационное формование при приложении к порошковым частицам вибрационных колебаний с ускорением $9,8-19,6 \text{ м/с}^2$ и частот продольных колебаний $10-50 \text{ Гц}$ [7]. В результате этого в полидисперсной порошковой засыпке наблюдается эффект разделения частиц порошка по размерам: крупные частицы поднимаются вверх, а мелкие опускаются вниз. Микроструктура ПФМ, полученного методом виброформования, представлена на рис. 5.

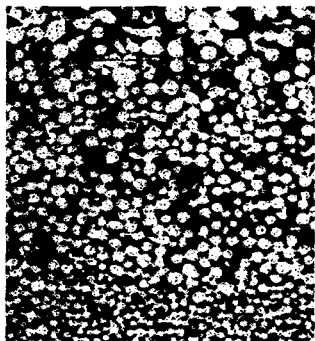


Рис. 5. Микроструктура ПФМ, полученного из полидисперсного порошка методом вибрационного формования

Рассмотренные методы изготовления ПФМ с градиентной структурой пор позволяют изготавливать ФЭ в виде дисков, пластин, листов и труб, элементов цилиндрической и сферической формы (таблица 1), которые могут быть непосредственно размещены в различных типах фильтрующих устройств. Кроме того, несколько таких элементов могут быть использованы одновременно в одной конструкции фильтра, повышая его производительность и грязеемкость и продляя срок службы [8].

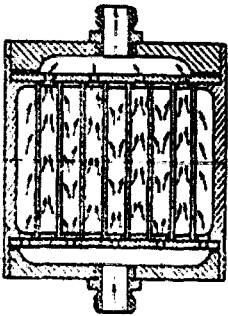
В таблице 2 представлены новые конструкции фильтров с использованием этих ФЭ.

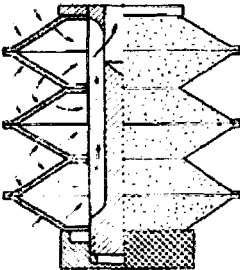
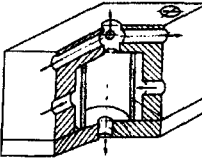
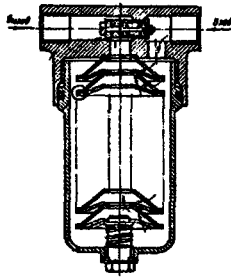
В настоящее время использование фильтрующих элементов из ПФМ на основе порошков металлов для очистки моторного масла и рабочих жидкостей гидравлических систем сельскохозяйственной техники является перспективным направлением. Они могут применяться в разрабатываемых и уже разработанных системах и установках очистки для поддержания требуемого уровня эксплуатационных свойств смазочных материалов на станциях технического обслуживания, ремонтно-обслуживающих предприятиях, непосредственно в тракторных и машинных парках сельскохозяйственных организаций.

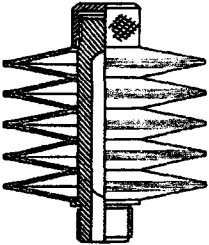
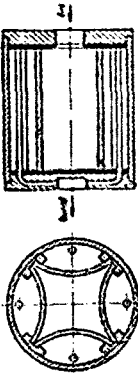
Вид фильтрующих элементов (ФЭ) с анизотропной структурой пор, получаемых различными методами

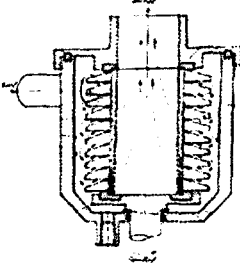
Методы изготовления ПФМ	Методы получения ПФМ С анизотропной структурой пор	Форма ФЭ
Спекание в состоянии свободной насыпки	Виброформование	Плоские элементы (пластины, диски)
	Пластическое деформирование	Трубы, цилиндрические и сферические элементы
Прессование и спекание	Послойное прессование в стальных пресс-формах	Плоские элементы (пластины, диски)
Сухое изостатическое прессование	Послойное прессование методом СИП	Трубы, в т.ч. с развитой поверхностью

Перспективные конструкции фильтров

Вид ФЭ и метод получения	Конструкция фильтров	Конструкционные особенности фильтра
1	2	3
<p>Многослойные пластины, диски</p> <p>Прессование в стальной пресс-форме, виброформование</p>		<p>Фильтр содержит корпус с патрубками для подвода и отвода фильтруемой среды, фильтрующий элемент, набранный из чередующихся опорных колец и фильтрующих дисков, установленных параллельно друг другу и направлению тока фильтруемой среды в полем цилиндре, входные и выходные отверстия которого выполнены чередующимися на противоположных стенках в диаметральной плоскости, при этом цилиндр установлен в корпусе с зазором, меньшим, чем средний размер пор в дисках. Расстояние между дисками равно $1/12-1/18$ диаметра дисков. Диски могут быть выполненными гофрированными, из металлического порошка. Отверстия в трубе и кольцах могут быть выполнены в виде пазов, длина которых в 2-6 раз больше ширины. Соотношение размеров отверстий в кольцах и трубе находится в пределах $(1,2-1,4):1$.</p>

1	2	3
<p>Сферические элементы</p> <p>Пластическое деформирование</p>		<p>Фильтр, включающий фильтрующие элементы тарельчатой формы с опорными поверхностями из пористого порошкового материала, закрепленного на центральном стержне при помощи регулируемого прижима. С целью упрощения конструкции блока, процессов его сборки и регенерации, опорные поверхности выполнены шероховатыми шириной в 1,5-2 раза большей толщины стенки фильтрующего элемента, при этом величина шероховатости не превышает половины среднего размера пор фильтрующего элемента.</p>
<p>Трубчатые элементы</p> <p>СИП, пластическое деформирование</p>		<p>Блочный фильтр состоит из секций, имеющих корпус, в полости которого установлен фильтрующий элемент цилиндрической формы. В корпусе выполнены подводящие и отводящие каналы, в которых установлены клапаны. Секции можно подключать в любом количестве, не прерывая работу фильтра.</p>
<p>Сферические изогнутые элементы</p> <p>Пластическое деформирование</p>		<p>Фильтр состоит из фильтрующих элементов тарельчатой формы, отношение высот которых составляет 0,3-0,5, установленных в корпусе с крышкой. Фильтрующие элементы выполнены с одинаковым наружным диаметром и диаметром центрального отверстия в днище, установлены днищами вверх и соединены попарно шероховатыми опорными поверхностями по наружному диаметру и днищами в чередующемся порядке.</p>

1	2	3
<p>Сферические изогнутые элементы</p> <p>Пластическое деформирование</p>		<p>Фильтр содержит фильтрующие элементы тарельчатой формы из пористого порошкового материала и центральный стержень, на котором они закреплены при помощи регулируемого прижима. Фильтрующие элементы включают корпус с фланцами, на которых выполнены внутренние и наружные опорные поверхности, причем ширина этих поверхностей в 1,5–2 раза больше толщины корпуса фильтрующего элемента, а величина шероховатости не превышает среднего размера пор фильтрующего элемента. Наружные опорные поверхности выполнены наклонными, причем угол наклона φ находится в пределах</p> $1 - \frac{\epsilon_{упр} R}{l} \leq \cos \varphi \leq 1 - \frac{0,7 \epsilon_{упр} R}{l},$ <p>где $\epsilon_{упр}$ — максимальная упругая деформация пористого материала; R — внутренний радиус опорной поверхности; l — ширина опорной поверхности. Фланцы фильтрующих элементов выполнены в виде профиля равного сопротивления.</p>
<p>Цилиндрические изогнутые элементы</p> <p>Пластическое деформирование</p>		<p>Фильтр состоит из корпуса, верхней и нижней крышек с отверстиями подвода исходной и отвода очищенной среды, фильтрующего элемента, выполненного в виде призмы, боковые стороны которой выполнены из пористых изогнутых пластин, верхнего и нижнего уплотнения пластин, зафиксированных силами упругого последствия изгиба пластин в проточках, выполненных на внутренней поверхности корпуса образующей. Прогиб пластины определяется из соотношения $0,25\delta \leq h/R < 2\delta$, где h — толщина пластины, R — радиус изгиба пластины; δ — максимальное удлинение при разрыве пористого материала, из которого изготовлены пластины.</p>

1	2	3
<p>Многослойные, включающие цилиндрический элемент</p> <p>Пластическое деформирование, СИП</p>		<p>Фильтр содержит вертикальный корпус с днищем и крышкой, пакет горизонтально установленных фильтрующих элементов, привод, патрубки подвода исходной жидкости, вывода шлама и отвода фильтра. С целью повышения производительности и увеличения ресурса работоспособности фильтра он снабжен дополнительным размещенным по оси корпуса фильтрующим элементом, выполненным в виде полого цилиндра с изменяющейся по высоте проницаемостью, а основные фильтрующие элементы выполнены в виде усеченного конуса и укреплены на наружной поверхности полого цилиндра.</p>

ЛИТЕРАТУРА

1. Витязь, П.А. Фильтрующие материалы: свойства, области применения, технология изготовления / П.А. Витязь, В.М. Капцевич, Р.А. Кусин. – Минск: НИИ ПМ с ОП, 1999. – 304 с.
2. Гатушкин, А.А. Исследование фильтрующих свойств пористых материалов из несферических порошков / А.А. Гатушкин // Порошковая металлургия (Киев). – 1988. – №9. – С. 49-54.
3. Башта, Г.М. Машиностроительная гидравлика: справочное пособие / Г.М. Башта. – Москва: Машгиз, 1963. – 696 с.
4. Витязь, П.А. Расчет изменения свойств при пластическом деформировании / П.А. Витязь, В.М. Капцевич, Р.А. Кусин, А.А. Гуревич // Исследование и разработка теоретических проблем в области порошковой металлургии и защитных покрытий. Мат. Всес. конф. – Минск. – 1983. – Ч.2. – С. 107-110.
5. Витязь, П.А. Изменение свойств фильтрующих материалов в результате деформации изгибом спеченных заготовок / П.А. Витязь, В.М. Капцевич, В.К. Шелег и др. // Порошковая металлургия (Киев). – 1989. – №4. – С. 54-57.
6. Горбачев, Е.А. Многослойный фильтр для безотстойного осветления воды / Е.А. Горбачев, А.В. Дворецкий, Н.Ф. Санкин // Водоснабжение и санитарная техника. – 1972. – №8. – С. 6-9.
7. Валькович, И.В. Исследование свойств двухслойных пористых материалов из порошков сферической бронзы / И.В. Валькович, Р.А. Кусин, А.Н. Сорокина // Порошковая металлургия. – 1996. – №19. – С. 41-43.
8. Очистка и регенерация смазочных материалов в условиях сельскохозяйственного производства / В. М. Капцевич [и др.]. – Минск, БГАТУ, 2007. – 232 с.