

1	2	3
Магнитные жидкости	Подверженность жидкости действию объемной силы, пропорциональной градиенту магнитного поля и вызывающей притяжение магнитной жидкости как целого в области с высокой напряженностью магнитного поля; суперпарамагнитная восприимчивость	Смазки, уплотняющие устройства

Список использованных источников

1. А.В. Клочков, А.Е. Маркевич, Ю.Н. Немировец. Инновации сельхозтехники на EIMA-2010 // Наше сельское хозяйство. – 2010. – № 12. – С. 6–12.
2. Д.А. Демченко, В.Б. Жанский, С.А. Третьяков. Новые технологии в управлении работой сельхозтехники // Автоматизация в промышленности № 1/2009. – С. 1–7.
3. Agritechnica. Ганновер, ноябрь 2011 // Аграрное обозрение. – 2012. – № 1.
4. С. Ильин. Что такое «умные машины»? // Аграрник. 2011. – № 6. – С. 28–31.
5. К. Уорден. Новые интеллектуальные материалы и конструкции. Свойства и применение. – М.: Техносфера, 2006. – 224 с.

УДК 66.067.12

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВЫХ ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ С ГРАДИЕНТНОЙ СТРУКТУРОЙ ПОР

*Капцевич В.М., д.т.н., профессор; Лисай Н.К., к.т.н., доцент;
Корнеева В.К., ст. преподаватель; Кусин Р.А., к.т.н., доцент;
Чугаев П.С., ст. преподаватель*

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск*

Известно, что создание эффективных порошковых фильтрующих материалов (ПФМ) методами порошковой металлургии ограничено, с одной стороны, технологическими возможностями традиционных методов и приемов [1–3], а с другой – противоположными зависимостями основных эксплуатационных характеристик ПФМ от технологических параметров [1, 4, 5]. Например, противоречивость предъявляемого к ПФМ требования обеспечить одновременно высокую проницаемость и тонкость фильтрования объясняется противоположной зависимостью этих характеристик от размеров частиц порошка. Так, для получения ПФМ с высокой проницаемостью их необходимо изготавливать из порошков с частицами большего размера, что, в свою очередь, приводит к снижению тонкости фильтрования. В настоящее время накоплен значительный опыт по расширению технологических возможностей с целью достижения оптимального соче-

тания этих свойств, которые если и не устраняют полностью существующие ограничения, то существенно «смягчают» приведенное противоречие. В связи с этим целесообразно проанализировать потенциальные возможности новых методов получения ПФМ, направленных на создание материалов с повышенным комплексом свойств (одновременно высокими коэффициентами проницаемости и 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 [6], 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 новых путей повышения свойств ПФМ является создание материалов с анизотропной структурой пор, обеспечивающих не поверхностное, а глубинное фильтрование. По данным различных исследований [7], 70...80% загрязнений, задерживаемых ПФМ с изотропной поровой структурой, удерживаются лишь поверхностным слоем, толщина которого составляет 2...4% от общей его толщины, что вызывает резкое возрастание сопротивления и быстрый выход его из строя.

Выполнение ПФМ 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 [8–11]. Тонкость фильтрования у такого материала соответствует слою с минимальными размерами пор, в то время как проницаемость является величиной интегральной и определяется структурой всего ПФМ [12].

Использование методов, основанных на пластическом деформировании спеченных заготовок, позволяет получать ПФМ, у которых размер пор и пористость изменяются в направлении фильтрования. Так, при изгибе пористой пластины по цилиндрической поверхности [13–16] в ее сечении возникают плавно изменяющиеся по толщине растягивающие и сжимающие окружные напряжения, обуславливающие соответствующее изменение пористости и размеров пор. Этот метод используется для получения ПФМ цилиндрических форм, в том числе и крупногабаритных. Дальнейшее развитие этот метод получил в предложенном способе [13–21] 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 газонеслого потока или газообразных металлических соединений, например, карбониллов [22], суспензий с мелкими частицами [23] или электролита [24]. В частности, предложены способы [25] 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 [26]: 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. Схема технологического процесса и микроструктура ПФМ, полученного этим методом, приведена на рисунке 1.

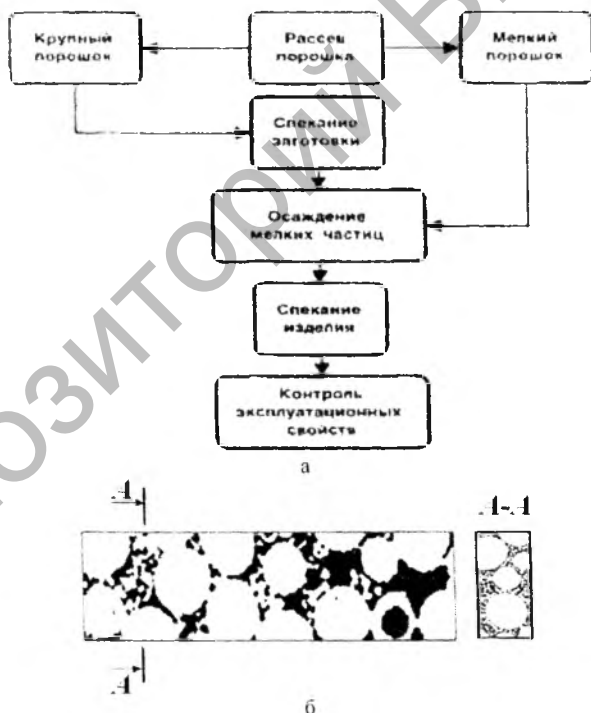


Рис. 1. Схема технологического процесса (а) и микроструктура ПФМ (б), полученного методом осаждения

Одним из наиболее распространенных ПФМ с неоднородной поровой структурой являются многослойные материалы, у которых каждый слой выполнен из порошков различного гранулометрического состава. Такие материалы имеют проницаемость, грязеемкость и срок службы намного выше по сравнению с однослойными [8–10]. Существует 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 рисунке 2.

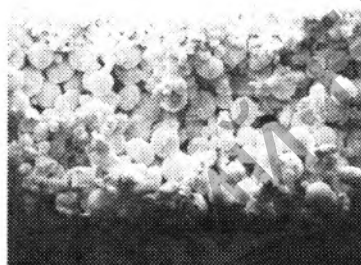


Рис. 2. Двухслойная структура ПФМ из сферического порошка оловянисто-фосфористой бронзы

На рисунке 3 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. Исследования изготовленных таким образом двухслойных материалов показали, что более тонкий слой из мелкого порошка, занимающий около 20% общей толщины ПФМ, гарантирует высокую тонкость фильтрования; при этом проницаемость фильтрующего элемента возрастает более чем на 20% по сравнению с проницаемостью ПФМ с такой же тонкостью фильтрования, но изготовленного из одного слоя порошка [27].

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 м/с² и частот продольных колеба-

ний 10...50 Гц [27]. 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 рисунке 4.

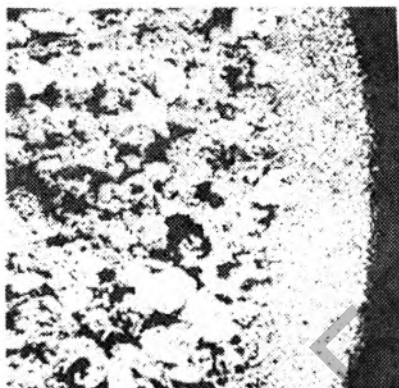


Рис. 3. Микроструктура двухслойных титановых ФЭ, полученных методом сухого изостатического прессования

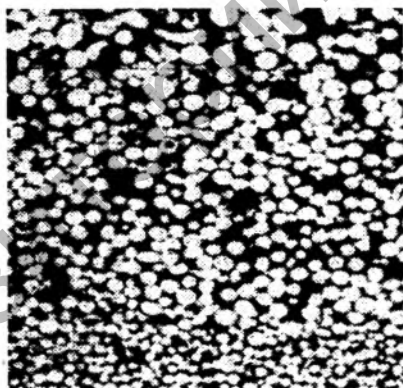


Рис. 4. Микроструктура ПФМ, полученного из полидисперсного порошка методом вибрационного формования

Рассмотренные методы изготовления ПФМ с градиентной структурой пор позволяют изготавливать ФЭ в виде дисков, пластин, листов и труб, элементов цилиндрической и сферической формы (табл. 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.

Таблица 1 – Форма фильтрующих элементов 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 развальной поверхностью

Список использованных источников

- Капцевич, В.М. Создание эффективных методов регулирования порораспределения порошковых материалов для фильтрации жидкостей и газов / В.М. Капцевич. – Минск: БелНИИТИ, 1989. – 68 с.
- Витязь, П.А. Равномерность свойств спеченных порищаемых материалов и методы ее оценки / П.А. Витязь, В.К. Шелег, В.М. Капцевич, С.В. Попко // Порошковая металлургия. – 1978. – Вып. 2. – С. 108–113.
- Витязь, П.А. Влияние структурных свойств пористых порошковых материалов на равномерность локальной проницаемости / П.А. Витязь, В.М. Капцевич, В.К. Шелег и др. // Порошковая металлургия (Киев). – 1988. – № 9. – С. 44–45.
- Порошковая металлургия. Спеченные и композиционные материалы [пер. с нем.] / Под ред. В. Шатта. – М.: Металлургия, 1983. – 520 с.
- Шибряев, Б.Ф. Пористые проницаемые спеченные материалы / Б.Ф. Шибряев. – М.: Металлургия, 1982. – 168 с.
- Гатушкин, А.А. Исследование фильтрующих свойств пористых материалов из несферических порошков / А.А. Гатушкин // Порошковая металлургия (Киев). – 1988. – № 9. – С. 49–54.
- Башта, Г.М. Машиностроительная гидравлика: справочное пособие / Г.М. Башта. – М.: Машгиз, 1963. – 696 с.
- Клячко, В.А. Очистка природных вод / В.А. Клячко, И.Э. Апелцин. – М.: Стройиздат, 1971. – 550 с.
- Кастальский, А.А. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения / А.А. Кастальский, Д.М. Минц. – М.: Высшая школа, 1962. – 559 с.
- 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.
- Проскураков, В.А. Очистка сточных вод в химической промышленности / В.А. Проскураков, Л.И. Шмидт. – Ленинград: Химия, 1977. – 463 с.
- К вопросу регулирования поровой структуры спеченных проницаемых материалов / Современное развитие порошковой металлургии. – Нью-Йорк, Пристон, 1981. – Т. 12. – С. 871–877.
- Капцевич, В.М. Создание эффективных пористых порошковых материалов методом пластического деформирования: обзорная информация / В.М. Капцевич, Р.А. Кусин, А.А. Гуревич. – Минск: БЕЛНИИТИ и ГЭИ Госплана БССР, 1985. – 32 с.
- А.с. 772718 СССР. Способ изготовления спеченных пористых изделий / П.А. Витязь, В.К. Шелег, В.М. Капцевич [и др.] // Открытия. Изобретения – 1980. – №39.
- Витязь, П.А. Изменение порораспределения пористой пластины при пластическом изгибе / П.А. Витязь, В.К. Шелег, В.М. Капцевич [и др.] // Порошковая металлургия. – Минск: Высшая школа, 1982. – Вып. 6. – С. 44–46.
- Витязь, П.А. Расчет изменения свойств при пластическом деформировании / П.А. Витязь, В.М. Капцевич, Р.А. Кусин, А.А. Гуревич // Исследования и разработка теоретических

проблем в области порошковой металлургии и защитных покрытий: материалы Всес. конф. – Минск, 1983. – Ч. 2. – С. 107–110.

17. Скороход, В.В. Физико-металлургические основы спекания порошков / В.В. Скороход, С.М. Солонин. – М.: Металлургия, 1984. – 154 с.

18. А.с. 1184607 СССР. Способ получения пористых спеченных изделий / П.А. Витязь, В.М. Капцевич, В.К. Шелег [и др.] // Открытия. Изобретения. – 1985. – № 38.

19. 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.

20. А.с. 1175527 СССР. Фильтрующий блок для жидкости / П.А. Витязь, В.М. Капцевич, В.К. Шелег [и др.] // Открытия. Изобретения. – 1985. – № 32.

21. А.с. 1457960 СССР. Фильтр / В.М. Капцевич, А.П. Сорокина, А.Е. Галкин [и др.] // Открытия. Изобретения. – 1989. – №6.

22. Заявка № 54-116305 Января. Пористый материал. Оpubл. 1979 г.

23. А.с. 624722 СССР. Способ изготовления спеченных пористых изделий / П.А. Витязь, В.К. Шелег, С.В. Попко, В.М. Капцевич // Открытия. Изобретения. – 1978. – №35.

24. А.с. 1082565 СССР. Способ изготовления спеченных пористых изделий / П.А. Витязь, В.К. Шелег, В.М. Капцевич [и др.] // Открытия. Изобретения. – 1984. – №12.

25. А.с. 674317 СССР. Способ изготовления спеченных пористых изделий / П.А. Витязь, В.К. Шелег, С.В. Попко, В.М. Капцевич // Не подлежит опубликованию в открытой печати.

26. А.с. 1014657 СССР. Способ изготовления спеченных пористых изделий / П.А. Витязь, В.К. Шелег, В.М. Капцевич [и др.] // Открытия. Изобретения. – 1983. – №16.

27. Валькович, И.В. Исследование свойств двухслойных пористых материалов из порошков сферической бронзы / И.В. Валькович, Р.А. Куценн, А.Н. Сорокина // Порошковая металлургия. – 1996. – №19. – С. 41–43.

УДК 631.3

ПОВЫШЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ И МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ СЕЛЬХОЗОБОРУДОВАНИЯ

*Константинов В.М., д.т.н., зав. кафедрой; Астрейко Л.А., к.т.н.;
Булойчик И.А., аспирант*

УО «Белорусский национальный технический университет», г. Минск

Защита и сохранение в рабочем состоянии металлического фонда предприятий является важной проблемой, т.к. позволяет провести снижение всех видов затрат: трудовых, материальных и временных на обновление и восстановление различных металлических конструкций и изделий. Покрытия являются одним из самых доступных видов такой защиты. Цинк-содержащие покрытия являются наиболее дешевыми. Каждый метод цинкования в связи с определенным комплексом свойств получаемых покрытий, а также с конфигурацией обрабатываемых изделий имеет свою область применения. Однако в связи с возрастанием значения экологического фактора используемых процессов, а также их энергоемкостью в по-