

УДК 62-1/-9

ЗАВИСИМОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК ФИЛЬТРАЦИИ ОТ ФОРМЫ НАПОЛНИТЕЛЯ ФИЛЬТРОЭЛЕМЕНТА

Бутолин С.В., студент гр. ТМОм-21, II курс магистратуры,
Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола,
Чернова Г.А., студентка гр. 35164-ТД-2, V курс,
ННГУ им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород,
Научный руководитель: Полянин И.А., профессор, доктор технических наук,
Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола.

Фильтрация – это один из физических методов очистки жидкости, заключающийся в прохождении суспензии через фильтрующее устройство (фильтр), где и происходит очистка путем улавливания фильтрующим элементом твердых частиц. Проблема фильтрации жидкости становится все более актуальной, потому что, например, нефть, только что добытая из скважины, имеет массу примесей. К ним относятся минеральные компоненты, продукты окисления углеводородов, механические частицы, возникшие в процессе добычи и транспортировки, продукты коррозии, а также растворённая в нефти вода и другие элементы.

На процесс фильтрации оказывают влияние различные характеристики, начиная от типа очищаемой жидкости и вида примесей в ней, заканчивая строением самого фильтра, материалом, используемым в качестве фильтрующей перегородки и т.п. Кроме того, существует зависимость характеристик фильтрации от формы и размера частиц, из которых состоит фильтрующий элемент (речь идет о фильтрах, где фильтрующая перегородка состоит из порошка, гранул). Данная работа посвящена исключительно формам наполнителя фильтроэлемента.

Относительно материала порошков, следует сказать, что могут быть использованы самые различные материалы, например, пользующаяся в последние годы большой популярностью металлокерамика. Несмотря на высокую стоимость такого материала, обусловленную сложностью изготовления (прессовка и спекание металлических порошков), преимущества использования (прочность, коррозионная стойкость, экономичность использования) делают металлокерамические материалы незаменимыми в процессах очистки топлив, масел и т.п. [1].

В работе [2] говорится, что фильтрующие элементы из несферических порошков значительно уступают по производительности фильтрам из сферических гранул (рис. 1), но значительно превосходят по степени очистки. Однако, практически ничего не говорится о ресурсе работоспособности фильтров и о возможной регенерации засорённых фильтров.

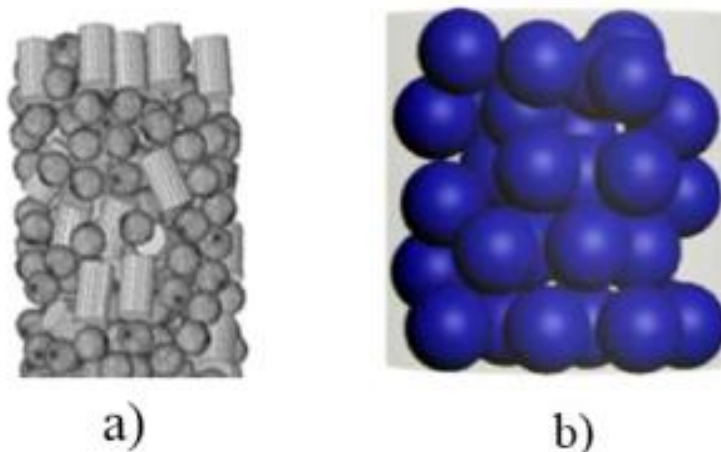


Рис. 1. Виды гранул: а) несферические; б) сферические.

Очевидно, что фильтрующие элементы, изготовленные из сферического порошка, имеют ряд положительных свойств. Главное достоинство таких элементов в том, что благодаря контакту частичек неправильной формы с разветвленной поверхностью достигается повышенная механическая прочность, чего нельзя достичь при точечном контакте сферических порошков. А высокая механическая прочность фильтров, изготовленных из несферических порошков, в свою очередь, позволяет использовать их в виде тонкостенных фильтрующих перегородок с высокой тонкостью очистки. Более того, если принять проницаемость фильтрующих перегородок из сферического и несферического порошка за равную величину, выясняется, что толщина фильтрующей перегородки из сферического порошка будет значительно толще, чем аналогичная из несферического.

Однако, необходимо понимать, что форма порошков влияет и на характеристику фильтрации. Д.М. Минц, исходя из этого, предложил следующую формулу скорости фильтрации, в которую входит коэффициент формы частиц:

$$v = \frac{d^2 m^3 p}{184 a^2 \mu (1-m)^3 L},$$

где d – средний диаметр частиц; m – пористость; p – гидродинамическое давление; a – коэффициент формы зерна; μ – вязкость жидкости; $\frac{p}{L}$ – перепад давления; L – толщина слоя.

Существует таблица, содержащая коэффициенты формы зерна (табл. 1). Коэффициент формы оказывает существенное влияние на скорость фильтрации, как видно из формулы. Механическая скорость фильтрации при прочих равных факторах наблюдается тогда, когда в качестве фильтрующего элемента используется слой из частиц сферической формы.

Таблица 1. Значения коэффициент формы для различных веществ

Материал	Коэффициент формы a
Шары	1
Песок окатанный, речной	1,17
Песок кварцевый, остроугольный	1,5 – 1,67
Песок с неоднородными частицами	1,7 – 1,87
Антрацит	1,64 – 2,52
Сланец	3,17 – 3,50

Фильтры, изготовленные из порошка сферической формы, обладают целым рядом преимуществ по сравнению с фильтрами, где используются несферические частицы: лучшими показателями проницаемости, высоким ресурсом работы, способностью к регенерации, низким гидравлическим сопротивлением (рис. 2) и т.п [3].

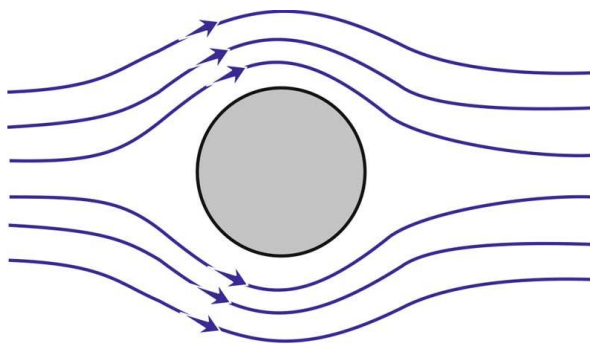


Рис. 2. Сопротивление текущей среде

Оптимальное отношение продольного размера гранулы к ее поперечному размеру не должно превышать значения 1,6. Если данное отношение превышает оптимальное значение, наблюдается повышенная склонность гранул к агломерации, а затем и к разрушению. Кроме того, существенными недостатками фильтроэлементов, состоящих преимущественно из подобных гранул, являются следующие недостатки: ухудшение гидро- и аэродинамических свойств, низкая пропускная способность, низкая скорость очистки, относительно низкое качество очистки гранул вследствие их малоподвижности.

Гранулы, имеющие почти идеальную или стремящуюся к форме шара конфигурацию, имеют так же следующие преимущества по сравнению с гранулами несферической формы: лучшая сыпучесть, легкость поверхностной обработки и стабильность гранулометрического состава продукта по высоте при засыпке в больших объемах, низкое гидравлическое сопротивление фильтра, легкость очистки поверхности, меньшее время регенерации [4].

В процессе изготовления формы фильтра сферические частицы способны располагаться относительно друг друга самыми различными способами (рис. 3).

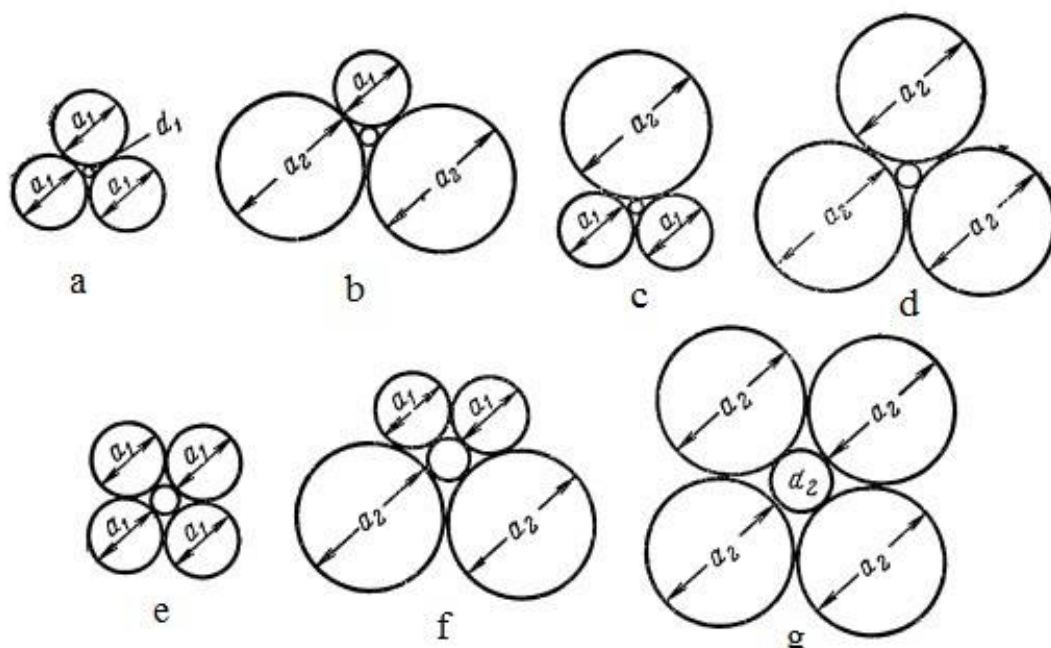


Рис. 3. Случаи взаимного расположения сферических частиц порошка

На данном рисунке крайние случаи а и г иллюстрируют случаи взаимного расположения частиц с минимальным (d_1) и максимальным (d_2) размером проходной поры соответственно: в случае а сферические частицы диаметром a_1 образуют треугольник с углами 60° между линиями, соединяющими центры частиц, а в случае г – квадрат с углами 90° . Промежуточные значения поры d изображены на рис. b, c, d, e, f [5].

Таким образом, форма гранул фильтроэлемента оказывает существенное влияние на строение фильтра, процесс фильтрации и качество очистки. В ходе работы было выяснено, что сферическая форма порошка во многом превосходит гранулы несферической формы, но несферическая форма позволяет получить фильтрующую перегородку меньшей толщины с аналогичной пропускной способностью, поэтому гранулы фильтроэлемента целесообразнее выбирать исходя из конкретных задач, стоящих перед фильтром.

Список литературы:

- 1) Шибряев Б.Ф., Павловская Е.И. Металлокерамические фильтрующие элементы: Учебное пособие/ Б.Ф. Шибряев, Е.И. Павловская. – М., «Машиностроение», 1972. – 120с.
- 2) Федорченко И.М, Андриевский Н.А. Исследование технологии изготовления и свойств металлокерамических фильтров: Учебное пособие/ И.М. Федорченко, Н.А. Андриевский. – Порошковая металлургия, 1963 г.
- 3) Шибряев Б.Ф., Павловская Е.И. Металлокерамические фильтры: Учебное пособие/ Б.Ф. Шибряев, Е.И. Павловская. – М., «Недра», 1967. – 162
- 4) Гранулированный фильтрующий и/или сорбирующий материал: пат. Рос. Федерация : МПК RU 7 2 640 548 C1.

5)Соловьева О. В., Хусаинов Р. Р. Сравнение гранулированных фильтров с разными по форме частицами //Научно-технический вестник Поволжья. – 2019. – №. 12. – С. 214-217.